



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ESDRAS DE LIMA ANDRADE**

**ÁREAS DE RISCO AMBIENTAL AOS ACIDENTES COM TRANSPORTE  
RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS NO TRECHO ALAGOANO DA  
RODOVIA BR-101. UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

**Maceió**  
**2016**

ESDRAS DE LIMA ANDRADE

**ÁREAS DE RISCO AMBIENTAL AOS ACIDENTES COM TRANSPORTE  
RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS NO TRECHO ALAGOANO DA  
RODOVIA BR-101. UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Silvana Quintella  
Cavalcanti Calheiros

Maceió  
2016

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**

Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

A553a Andrade, Esdras de Lima.  
Áreas de risco ambiental aos acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos no trecho alagoano da rodovia BR-101. Uma proposta metodológica / Esdras de Lima Andrade. – 2016.  
192 f.: il.

Orientadora: Silvana Quintella Cavalcanti Calheiros.  
Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente. Curso de Geografia. Maceió, 2016.

Bibliografia: f. 182-192.

1. Geoprocessamento. 2. Produtos perigosos – Transporte rodoviário – Alagoas. 3. . Risco ambiental. I. Título.

CDU: 911:656.1(813.5)

ESDRAS DE LIMA ANDRADE

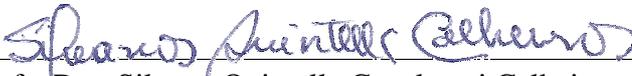
**Áreas de Risco Ambiental aos Acidentes com Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Trecho Alagoano da Rodovia BR-101. Uma proposta metodológica.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, aprovada em 07 de outubro de 2016.

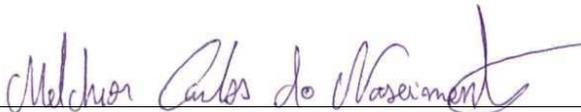
**BANCA EXAMINADORA**

Dissertação defendida e APROVADA pelos seguintes examinadores:

Orientadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Silvana Quintella Cavalcanti Calheiros

Examinador Externo:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Melchior Carlos do Nascimento

Examinadora Interna:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Nivaneide Alves de Melo Falcão

Dedico,

A Deus, provedor de tudo o que sei, de tudo o que sou e de tudo o que tenho.

Aos meus pais, Eliel Pedro de Andrade e Anaías de Lima Andrade (in memoriam), pelo exemplo de vida.

A minha amada esposa, Daniele Batista Andrade, razão de toda minha inspiração.

## AGRADECIMENTOS

Pela ajuda, suporte, colaboração e consentimento de várias pessoas que, de forma direta ou indireta, fizeram parte da construção deste trabalho, agradeço eternamente, em especial:

A Deus, pelas providências e livramentos ao longo desta jornada, os quais promoveram a serenidade e o equilíbrio necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu pai, Eliel Pedro de Andrade e a minha saudosa mãe, Anaías de Lima Andrade, pelo incomensurável esforço que sempre fizeram para oferecer e proporcionar a mim a melhor educação e formação, abrindo mão de suas vontades, necessidades e possibilidades.

A minha esposa, Daniele Batista Andrade, pelo carinho, apoio, paciência, compreensão e companheirismo no desenrolar deste trabalho.

Aos meus irmãos, Ariel de Lima Andrade e Éder de Lima Andrade, pelo companheirismo, incentivo e por assumirem minhas responsabilidades familiares durante o período em que precisei me afastar para realizar a pesquisa.

A minha madrastra, Selma Brito de Farias Andrade, pelo carinho e apoio nos momentos mais necessários nesta jornada acadêmica.

A minha orientadora, Profa. Dra. Silvana Quintella Cavalcanti Calheiros, pelos ensinamentos e confiança no meu potencial, fundamentais no desenrolar da pesquisa.

Aos amigos-irmãos, Geógrafos Alex Nazário Silva Oliveira e Sinval Autran Mendes Guimarães Junior, por estarem sempre me apoiando com seus ensinamentos baseados em suas experiências profissionais e de vida.

Aos amigos e companheiros de labuta, Geógrafos Daniel Nivaldo da Conceição e Marco Antônio Diniz do Nascimento, pelo espírito de companheirismo e de equipe, além do suporte empregado nas atividades laborais enquanto precisei estar ausente.

Aos meus estagiários, Elizângela Lima de Oliveira e Whendel Cezar Silva de Couto, pelo apoio prestado na execução das rotinas laborais durante o meu período de afastamento das atividades profissionais.

Ao Instituto do Meio Ambiente, nas pessoas do diretor presidente, Gustavo Lopes, e dos gerentes Ludgero Lima e Epitácio Correia, pela compreensão e dispensa da jornada de trabalho nos dias de aula e pelo apoio logístico nas atividades de campo, essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia, que ministraram aulas nas quais estive matriculado, por terem compartilhado seus conhecimentos, tão importantes

para a elaboração deste estudo.

Ao secretário do IGDEMA, Washington Gaia, pela sua presteza e competência na organização das atividades burocráticas do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Ao estimado Prof. José Vicente Ferreira Neto, pela sabedoria e habilidosa condução do IGDEMA.

Ao colega Geógrafo Lionaldo dos Santos pela inestimável ajuda na composição deste trabalho.

Aos colegas Lígia Toledo e Cristiano Soares pelos seus valiosos préstimos na organização normativa e tradução desta dissertação.

Existe o risco que você não pode jamais correr, e existe o risco que você não pode deixar de correr.

Peter Drucker

## RESUMO

A malha rodoviária do Brasil possui uma extensão de aproximadamente 1,72 milhão de quilômetros, sendo, portanto, considerada a quarta maior do mundo, ficando atrás apenas dos EUA, Índia e China. Ela concentra cerca de 67% do volume de cargas transportadas no território brasileiro, tornando-se assim no principal sistema de escoamento da produção agropecuária e industrial, incluindo os produtos perigosos. Em virtude dessa expressiva realidade, os acidentes envolvendo veículos transportadores de produtos químicos tem representado a maior parte dos atendimentos às emergências por parte dos órgãos ambientais. Por este motivo, o tema em questão se propõe servir como um instrumento de diagnóstico das áreas críticas sujeitas a esse tipo de evento em faixa de cinco quilômetros no entorno do trecho alagoano da rodovia BR-101, que abrange 27 municípios e abrange uma área de 237.066,70 hectares, identificando a combinação dos fatores físicos, humanos e ambientais que causam e sofrem, respectivamente, com a ocorrência de sinistros com cargas perigosas rodotransportadas. O estudo trata de um tema inédito a partir da ótica geográfica, dada a exiguidade de trabalhos científicos no Estado de Alagoas. Neste contexto, o objetivo principal da pesquisa foi elaborar um modelo conceitual de avaliação e análise espaciais dos graus de risco ambiental aos eventos relacionados com sinistros envolvendo produtos químicos perigosos, auxiliado por técnicas de geoprocessamento, avaliando o método investigativo de diferenciação de áreas difundido por Richard Hartshorne e Alfred Hettner, que tem por premissa a visão corográfica do meio, integrando os seus elementos constituintes, chegando a uma visão sinótica da realidade. Para isto, utilizou-se como técnica de integração de dados a álgebra de mapas, baseada no algoritmo da média ponderada, o qual se expressa através da atribuição de pesos e notas aos planos de informação e suas categorias, respectivamente. Os dados elaborados para a integração foram organizados de acordo com as suas correlações temáticas, de forma que fossem moldados aos três componentes das áreas de risco: fatores de periculosidade, fatores de vulnerabilidade e elementos expostos. Como resultado final, obteve-se três classes de risco: Baixo Risco (notas 3 e 4); Médio Risco (notas 5 e 6) e Alto Risco (notas 7 e 8). A primeira, ocupa 13,24% da área estudada, enquanto que a segunda categoria abrange 76,28% e a terceira classe, apenas 10,45% da área total analisada. Com esses números associados as suas localizações, este estudo oferece subsídio com informações básicas para o desenvolvimento de políticas que visem a prevenção e a mitigação de prejuízos à saúde ambiental.

**Palavras-Chave:** Geoprocessamento. Risco ambiental. Produtos perigosos. Transporte rodoviário.

## ABSTRACT

Brazil's highway network holds an extension of approximately 1.72 million kilometers, being regarded, thus, as the fourth longest one in the world, only behind the USA, India and China. It holds around 67% of the volume of transported loads in the Brazilian territory, which comes to be the main agricultural and industrial outflow system found yet - hazardous products and materials here included. Due to this expressive reality, accidents involving vehicles transporting chemical products have represented the greatest part of emergency services conducted by environmental agencies. For this reason, the subject here approached may serve as an instrument for the diagnosis of critical areas, which are subject to such kind of event in the range of five kilometers in the surroundings of BR 101 (highway) of Alagoas, which comprises 27 counties along a 237.066,70 hectares area where the combination of human, physical and environmental factors are present, which are causes for accidents involving dangerous loads being transported along this stretch and that also suffer because of them. From a geographical perspective, the present research deals with an unprecedented issue, once considered the shortage of scientific researches in the State of Alagoas. Before such context, aided by geoprocessing techniques and through the study of the investigative method of differentiation of areas, diffused by Richard Hartshorne and Alfred Hettner, whose premise is based on the chorographic perspective of the environment, integrating their constituent elements and getting to a synoptic view of reality, the main aim of this research revolved around creating a conceptual model of assessment and spatial analysis for the level of environmental risks to events that establish relation with accidents involving hazardous chemical products. For such, the algebra of maps, as a technique of integration of data, was used, based on the weighted average algorithm, which can be expressed by assigning weights and numerical grades to the information plans and their respective categories. The maps formulated for the integration were organized according to their thematic correlations in such a way that they would be molded unto the three components of the risk areas: hazard factors, vulnerability factors and exposed elements. As a final result, three risk classes were obtained: Low Risk (grades 3 and 4); Moderate Risk (grades 5 and 6) and High Risk (grades 7 and 8). The first one takes 13.24% of the analyzed area, whereas the second one claims a 76.28% portion of it, while the third one holds 10.45% of the whole analyzed area. By having these numbers linked to their locations, this research offers basic information support for the development of politics which aim at preventing and lightening damage to the environment.

**Keywords:** Geoprocessing. Environmental risk. Hazardous substances. Road transportation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Venn: componentes do conceito de risco .....	24
Figura 2 - Distribuição das rodovias de acordo com o Plano Catrambi de 1926. ....	31
Figura 3 - Localização da área de estudo: buffer de 5 km no trecho da rodovia BR-101. Estado de Alagoas, Brasil. ....	51
Figura 4 - Fluxograma simplificado das principais etapas da pesquisa. ....	58
Figura 5 - Cobertura das cartas topográficas utilizadas.....	59
Figura 6 - Mosaico das cenas do satélite RapidEye na área estudada. ....	60
Figura 7 - Intensidade pluviométrica.....	81
Figura 8 - Declividade .....	84
Figura 9 - Índice de sinuosidade da rodovia.....	86
Figura 10 - Ocorrência de sinistros .....	88
Figura 11 - Densidade da rede de drenagem .....	90
Figura 12 - Uso da terra e cobertura vegetal .....	93
Figura 13 - Neblina potencial .....	95
Figura 14 - Concentração dos focos de queimadas .....	97
Figura 15 - Permeabilidade dos solos.....	99
Figura 16 - Orientação de vertentes.....	101
Figura 17 - Proximidades para assentamentos humanos .....	103
Figura 18 - Proximidades para pontos de captação de água.....	105
Figura 19 - Proximidades para unidades de conservação .....	107
Figura 20 - Proximidades para corpos d'água.....	109
Figura 21 - Árvore de decisão da metodologia de mapeamento de áreas de risco.....	112
Figura 22 - Áreas potenciais a periculosidade de acidentes com produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101. ....	131
Figura 23 - Áreas potencialmente suscetíveis aos impactos ambientais decorrentes de acidentes com produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101. ....	138
Figura 24 - Áreas críticas sujeitas aos danos socioambientais provenientes de acidentes com produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101. ....	146

Figura 25 - Áreas vulneráveis aos danos e efeitos dos produtos químicos perigosos decorrentes de acidentes rodoviários contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101. ....	155
Figura 26 - Áreas de risco ambiental aos acidentes com transporte rodoviário produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101... ..	158
Figura 27 - Participação percentual das classes de uso da terra e cobertura vegetal [A] e declividade [B] nas áreas de baixo risco.....	157
Figura 28 - Fotografias aéreas oblíquas das paisagens das áreas de baixo risco na porção central da área de estudo. [A] Platôs Tabuliformes. [B] Interflúvios Tabuliformes. ....	159
Figura 29 - Localização das áreas de baixo risco na porção central da área de estudo.....	159
Figura 30 - Participação percentual das classes de densidade da rede de drenagem [A] e intensidade pluviométrica [B] nas áreas de baixo risco.....	160
Figura 31 - Participação percentual das classes de orientação de vertentes [A] e permeabilidade dos solos [B] nas áreas de baixo risco.....	160
Figura 32 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de baixo risco.....	161
Figura 33 - Participação percentual das classes de concentração dos focos de queimadas [A] e neblina potencial [B] nas áreas de baixo risco. ....	162
Figura 34 - Participação percentual das classes proximidades para pontos de captação de água [A], unidades de conservação [B], corpos d'água [C] e assentamentos humanos [D] nas áreas de baixo risco. ....	162
Figura 35 - Participação percentual das classes de periculosidade potencial [A] e áreas vulneráveis [B] nas áreas de baixo risco.....	163
Figura 36 - Localização das áreas de médio risco na área de estudo. ....	164
Figura 37 - Participação percentual das classes de uso da terra e cobertura vegetal [A] e declividade [B] nas áreas de médio risco. ....	165
Figura 38 - Fotografias aéreas oblíquas das diferentes paisagens das áreas de médio risco na área de estudo. [A] São Miguel dos Campos. [B] São Brás. [C] Murici. [D] Rio Largo. ....	166
Figura 39 - Participação percentual das classes da densidade da rede de drenagem [A] e intensidade pluviométrica [B] nas áreas de médio risco. ....	167
Figura 40 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de médio risco.....	167
Figura 41 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de médio risco.....	168
Figura 42 - Participação percentual das classes de concentração dos focos de queimadas [A] e neblina potencial [B] nas áreas de médio risco. ....	169
Figura 43 - Participação percentual das classes proximidades para pontos de captação de água [A], unidades de conservação [B], assentamentos humanos [C] e corpos d'água [D] nas áreas de médio risco. ....	169

Figura 44 - Participação percentual das classes de periculosidade potencial [A] e áreas vulneráveis [B] nas áreas de médio risco. ....	170
Figura 45 - Localização das áreas de alto risco na porção norte da área de estudo. ....	171
Figura 46 - Paisagens das áreas de alto risco na área de estudo. [1] Campo Higrófilo em Novo Lino. [2] Rio Camaragibe em Joaquim Gomes. [3] Joaquim Gomes. [4] Estação Ecológica de Murici em Flexeiras. ....	171
Figura 47 - Localização das áreas de alto risco na porção centro da área de estudo. ....	172
Figura 48 - Paisagens das áreas de alto risco na área de estudo. [1] Área urbana de Rio Largo e entorno. [2] Área urbana de Pilar e entorno. ....	172
Figura 49 - Paisagens das áreas de alto risco na área de estudo. [2] Ladeira da usina Terra Nova em Pilar. [3] Planície de inundação do rio São Miguel em São Miguel dos Campos. [4] Vale do rio Jequiá em Jequiá da Praia. [5] Vale do rio Coruripe em Teotônio Vilela. ....	173
Figura 50 - Localização das áreas de alto risco na porção sul da área de estudo. ....	173
Figura 51 - Participação percentual das classes de uso da terra e cobertura vegetal [A] e declividade [B] nas áreas de alto risco. ....	174
Figura 52 - Participação percentual das classes da densidade da rede de drenagem [A] e intensidade pluviométrica [B] nas áreas de alto risco. ....	175
Figura 53 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de alto risco. ....	175
Figura 54 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de alto risco. ....	176
Figura 55 - Participação percentual das classes de concentração dos focos de queimadas [A] e neblina potencial [B] nas áreas de alto risco. ....	177
Figura 56 - Participação percentual das classes proximidades para pontos de captação de água [A], unidades de conservação [B], assentamentos humanos [C] e corpos d'água [D] nas áreas de alto risco. ....	178
Figura 57 - Participação percentual das classes de periculosidade potencial [A] e áreas vulneráveis [B] nas áreas de alto risco. ....	178

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição percentual das áreas abrangidas pelas orientações de vertentes...	100
Gráfico 2 - Relação acidentes vs. traçado da rodovia.....	114
Gráfico 3 - Relação acidentes vs. condições meteorológicas.....	115
Gráfico 4 - Distribuição percentual da declividade na área de estudo. ....	118
Gráfico 5 - Distribuição percentual das classes de orientação de vertentes na área de estudo. ....	120
Gráfico 6 - Distribuição percentual do registro de sinistros nos municípios abrangidos pela área de estudo. ....	121
Gráfico 7 - Distribuição percentual da intensidade pluviométrica no mapa de periculosidade potencial.....	132
Gráfico 8 - Distribuição percentual da neblina potencial no mapa de periculosidade potencial. ....	133
Gráfico 9 - Distribuição percentual da concentração dos focos de queimadas no mapa de periculosidade potencial.....	133
Gráfico 10 - Distribuição percentual do índice de sinuosidade da rodovia no mapa de periculosidade potencial.....	134
Gráfico 11 - Distribuição percentual do registro de ocorrência de sinistros no mapa de suscetibilidade potencial. ....	137
Gráfico 12 - Distribuição percentual da permeabilidade dos solos no mapa de suscetibilidade potencial. ....	139
Gráfico 13 - Distribuição percentual da densidade da rede de drenagem no mapa de suscetibilidade potencial. ....	140
Gráfico 14 - Distribuição percentual da declividade no mapa de suscetibilidade potencial. ....	140
Gráfico 15 - Distribuição percentual da orientação de vertentes no mapa de suscetibilidade potencial. ....	141
Gráfico 16 - Variação da distribuição dos percentuais da orientação de vertentes para as classes de suscetibilidade alto, médio e baixo potencial.....	142
Gráfico 17 - Distribuição percentual das proximidades para assentamentos humanos no mapa de áreas críticas.....	144
Gráfico 18 - Distribuição percentual das proximidades para pontos de captação de água no mapa de áreas críticas.....	147
Gráfico 19 - Distribuição percentual corrigida das proximidades para pontos de captação de água no mapa de áreas críticas. ....	147
Gráfico 20 - Distribuição percentual das proximidades para corpos d'água no mapa de áreas críticas. ....	148
Gráfico 21 - Distribuição percentual corrigida das proximidades para corpos d'água no mapa de áreas críticas.....	149

Gráfico 22 - Distribuição percentual corrigida das proximidades para unidades de conservação no mapa de áreas críticas.....	150
Gráfico 23 - Distribuição percentual das proximidades para unidades de conservação no mapa de áreas críticas.....	150
Gráfico 24 - Distribuição percentual das áreas críticas no mapa de áreas vulneráveis.....	152
Gráfico 25 - Distribuição percentual da suscetibilidade potencial no mapa de áreas vulneráveis. ....	154

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Polissemia do termo risco. ....	23
Quadro 2 - Relação inversa entre o índice xerotérmico e as chuvas em meses. ....	64
Quadro 3 - Intensidade pluviométrica. ....	65
Quadro 4 - Classes e intervalos da declividade. ....	66
Quadro 5 - Índice de sinuosidade por município abrangido pela rodovia. ....	68
Quadro 6 - Tipos e classes de densidade da rede de drenagem. ....	69
Quadro 7 - Classes de permeabilidade dos solos a partir das texturas dos tipos de solos. ....	73
Quadro 8 - Distâncias para as áreas críticas. ....	75
Quadro 9 - Unidades de conservação abrangidas pela área de estudo. ....	78
Quadro 10 - Classificação das variáveis selecionadas para elaboração do mapa das áreas de risco. ....	111
Quadro 11 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração ....	113
Quadro 12 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração ....	117
Quadro 13 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração ....	122
Quadro 14 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração ....	125
Quadro 15 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração ....	126
Quadro 16 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de periculosidade potencial. ....	129
Quadro 17 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de suscetibilidade potencial. ....	135
Quadro 18 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de áreas críticas. ....	143
Quadro 19 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de áreas vulneráveis. ....	151
Quadro 20 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de áreas de risco. ....	156

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mensuração das bacias hidrográficas contidas na área de estudo .....	54
Tabela 2 - Ocorrência de acidentes com cargas perigosas por município entre 2007 e 2015. 68	
Tabela 3 - Classificação e participação dos tipos de produtos perigosos envolvidos em acidentes. ....	75
Tabela 4 - Planimetria da intensidade pluviométrica.....	82
Tabela 5 - Planimetria da declividade.....	83
Tabela 6 - Planimetria do índice de sinuosidade da rodovia .....	85
Tabela 7 - Planimetria das ocorrências de sinistros .....	87
Tabela 8 - Planimetria da densidade da drenagem .....	89
Tabela 9 - Planimetria do uso e ocupação da terra .....	91
Tabela 10 - Planimetria da neblina potencial.....	94
Tabela 11 - Planimetria da concentração dos focos de queimadas .....	96
Tabela 12 - Planimetria das classes de permeabilidade dos solos. ....	98
Tabela 13 - Planimetria das classes de orientação de vertentes.....	100
Tabela 14 - Planimetria das proximidades para assentamentos humanos. ....	102
Tabela 15 - Planimetria das proximidades para pontos de captação d'água. ....	104
Tabela 16 - Planimetria das proximidades para unidades de conservação. ....	106
Tabela 17 - Planimetria das proximidades para os corpos d'água. ....	108
Tabela 18 - Planimetria das áreas de periculosidade potencial .....	130
Tabela 19 - Planimetria das áreas de suscetibilidade potencial .....	135
Tabela 20 - Planimetria das áreas críticas.....	143
Tabela 21 - Planimetria das áreas de vulnerabilidade.....	151
Tabela 22 - Mensurações das classes das áreas risco a acidentes com produtos perigosos. ...	156

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
AOI	Area of Interest
APA	Área de Proteção Ambiental
Aster	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BR-101	Rodovia Federal 101
CE-P2R2	Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida
CIA	Central Intelligence Agency
Codevasf	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CONIT	Conselho Nacional de Integração de Política de Transportes
Denatran	Departamento Nacional de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Esec	Estação Ecológica
GDEM	Global Digital Elevation Map
GNSS	Global Navigation Satellite System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFE	Inspetoria Federal de Estradas
IMA	Instituto de Meio Ambiente de Alagoas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente

Nuest	Núcleo de Estatística
P2R2	Prevenção, Preparação e Resposta Rápida
PGNV	Plano Geral Nacional de Viação
PNV	Plano Nacional de Viação
PRF	Polícia Rodoviária Federal
PRO	Professional
QGIS	Sistema de informação geográfica de código aberto
ROI	Region of Interest
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SIG	Sistemas Geográficos de Informação
SHP	Extensão do formato de arquivo de dados vetoriais Esri Shapefile
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SNV	Sistema Nacional de Viação
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
Sudene	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TIN	Triangulated Irregular Network
UARR	Unidades de Apoio à Resposta Rápida

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	22
<b>2.1</b>	<b>Risco</b>	22
2.1.1	Perigo	25
2.1.2	Vulnerabilidade	26
2.1.3	Suscetibilidade	26
2.1.4	Elementos expostos	27
2.1.5	Risco ambiental	28
2.1.6	Áreas de risco	28
<b>2.2</b>	<b>Modal do transporte rodoviário</b>	30
<b>2.3</b>	<b>Produtos químicos perigosos</b>	33
2.3.1	Transporte de produtos químicos perigosos	34
<b>2.4</b>	<b>Diferenciação de áreas</b>	36
<b>2.5</b>	<b>Geoprocessamento e sistema de informação geográfica</b>	45
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	48
<b>3.1</b>	<b>Delimitação da área de estudo</b>	48
<b>3.2</b>	<b>Localização da área de estudo</b>	50
<b>3.3</b>	<b>Características físico-ambientais</b>	52
3.3.1	Aspectos climáticos	52
3.3.2	Aspectos hidrográficos	52
3.3.3	Aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos	54
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	57
<b>4.1</b>	<b>Materiais utilizados</b>	58
4.1.1	Aquisição de dados	58
4.1.2	Softwares adotados	61
<b>4.2</b>	<b>Metodologia</b>	62
4.2.1	Dados obtidos e gerados	62
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	80
<b>5.1</b>	<b>Resultados parciais</b>	80
5.1.1	Planimetria das variáveis selecionadas	80
5.1.2	Integração dos dados	110
5.1.3	Integração das variáveis para obtenção da periculosidade potencial	113

5.1.4	Integração das variáveis para obtenção da suscetibilidade potencial .....	117
5.1.5	Integração das variáveis para obtenção das áreas críticas .....	122
5.1.6	Integração das variáveis para obtenção das áreas vulneráveis .....	125
5.1.7	Integração das variáveis para obtenção das áreas de risco .....	126
<b>5.2</b>	<b>Resultados finais</b> .....	<b>128</b>
5.2.1	Áreas de periculosidade potencial .....	129
5.2.2	Áreas de suscetibilidade potencial.....	134
5.2.3	Áreas críticas .....	142
5.2.4	Áreas vulneráveis .....	150
5.2.5	Áreas de risco .....	155
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>180</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>182</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A malha rodoviária do Brasil possui uma extensão de aproximadamente 1,72 milhão de quilômetros (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2016) e concentra cerca de 67% do volume de cargas transportadas em todo território nacional (INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN, 2016). Ela é considerada, portanto, o principal sistema de escoamento da produção agrícola e industrial, e se constitui, assim, como a quarta maior malha rodoviária do mundo, superada apenas pelos Estados Unidos, Índia e China (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2016).

Todavia, fatores como o estado de conservação dessas rodovias, a precariedade da frota de veículos transportadores de cargas, o estado físico dos condutores e as condições climáticas e de relevo favorecem consideravelmente a ocorrência de acidentes que envolvem o transporte rodoviário de produtos químicos perigosos. Esse fato se apresenta como um sério problema tanto para a saúde pública quanto para o meio ambiente (IPEA; DENATRAN; ANTP, 2006).

Em eventos dessa natureza, o grau de risco está diretamente associado não somente ao tipo de produto químico transportado, mas principalmente aos fatores de periculosidade inerentes ao percurso, aos fatores de fragilidade e suscetibilidade dos elementos constituintes da paisagem e aos fatores de vulnerabilidade ambiental e antrópicos. Estes, quando combinados, constituem um cenário potencial para causar múltiplos danos ao homem e ao meio, assim que expostos.

Entretanto, para compreender os riscos potenciais faz-se necessário, antes de tudo, prognosticar suas causas e efeitos no espaço. Assim, uma alternativa eficiente capaz de atender a essa necessidade é o mapeamento das áreas de risco. De acordo com Enomoto (2004) e Friesecke (2004), esse tipo de documento cartográfico é um recurso técnico poderoso no auxílio e no controle e prevenção de acidentes, naturais ou não, já que servem de base para os programas de redução de danos, de modo a possibilitar o zoneamento das áreas potenciais de risco.

Para Freitas e Amorim (2001), no entanto, o Brasil é desprovido de dados e informações básicas que permitem avaliar e analisar os impactos, quando da ocorrência desses eventos sobre o meio ambiente e a saúde humana, o que impossibilita a estimativa de custos humanos, ambientais e financeiros desses acidentes. Essa realidade implica diretamente a má qualidade da gestão pública, incluindo a malversação do erário, pois se mostra incapaz de

elaborar políticas públicas de prevenção.

A realidade do estado de Alagoas também tem sido marcada pela insuficiente quantidade de dados e informações sobre a presente temática, sendo assunto de interesse restrito ao âmbito da Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida aos acidentes e desastres de origem tecnológica e natural (CE-P2R2). Mesmo com a existência dessa comissão, ainda pode ser considerado incipiente o arcabouço de conhecimento público sobre o tema.

Diante desse contexto, a identificação das áreas de risco sujeitas a acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos destaca-se como assunto de interesse ao planejamento e à gestão pública, principalmente nas dimensões de saúde e meio ambiente, haja vista a exiguidade de trabalhos com abordagem geográfica no estado de Alagoas que subsidiem medidas preventivas de mitigação dessa tipologia de evento.

Isso posto, ao considerar a relevância do assunto, o presente estudo teve como objetivo principal elaborar um modelo conceitual de avaliação e análise espaciais dos graus de risco ambiental aos eventos relacionados com sinistros que envolvem produtos químicos perigosos. Este modelo consiste em um arranjo metodológico, auxiliado por técnicas de geoprocessamento, de modo a avaliar o método de diferenciação de áreas de Richard Hartshorne. A investigação apresenta os objetivos específicos a seguir: a) identificar as variáveis ambientais que proporcionam os níveis de risco; b) identificar os fatores espacializáveis que contribuem com a ocorrência de acidentes; c) identificar as áreas ambientalmente suscetíveis e vulneráveis ao dano decorrente de vazamento e alastramento de produtos químicos; e d) elaborar e espacializar as áreas de risco ambiental na área de abrangência do trecho alagoano da rodovia BR-101.

Nessa perspectiva, é importante salientar que o mapa sinótico das áreas de risco deve ser traduzido em conhecimento prévio das áreas mais propensas à ocorrência de acidentes com produtos químicos perigosos. Isso se torna necessário aos demais setores da sociedade civil, haja vista o papel que esse recurso pode desempenhar na prevenção de desastres, bem como nos atendimentos iniciais, a fim de conter ou minimizar os efeitos danosos tanto ao meio quanto à população.

Portanto, a presente pesquisa serve, antes de tudo, como um instrumento de prognóstico, com o intuito de se revelar como o primeiro passo para o planejamento ambiental, como instrumento na elaboração de políticas públicas voltadas à gestão do espaço geográfico, respaldada no conhecimento da realidade de forma espacializada e mensurável.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Ao propor a temática para este estudo, fez-se necessário buscar na literatura existente os conceitos e as definições que subsidiaram a construção do tema pesquisado, a partir de diferentes perspectivas de concepções e entendimentos que cercam o objeto analisado no espaço geográfico, tendo por premissa a explicação das integrações e transformações dos elementos naturais e antrópicos.

### 2.1 Risco

O termo risco leva consigo uma carga semântica que contém algumas possibilidades de interpretação, visto que ele foi sendo elaborado a partir dos costumes e modos de percepção específicos de cada lugar, país ou região de domínio, sendo, portanto, apropriado das especificidades vernaculares locais; logo, esse termo não expressa um conceito preciso e esclarecedor como apresentam os científicos (VIANA, 2010).

Entretanto, mesmo não sendo um termo cunhado no meio científico, ele é largamente usado nas esferas natural e social e, por isso, existem muitos conceitos e definições diferentes sendo aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento da ciência (NARDOCCI, 1999). Por esse motivo, o termo risco é, na maioria dos casos, adaptado, substituído ou associado a potencial ameaça, suscetibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade, perigo ou danos potenciais (DAGNINO; CARPI JR, 2007).

Na busca pelo entendimento do conceito de risco, por se tratar de um conceito basilar deste trabalho, foi necessário buscar na etimologia da palavra alguns elementos que são partes constituintes do seu significado e essência.

Para Nardocci (1999), a expressão risco possui vários étimos, sendo o primeiro de origem marítima, quando os navegantes ou marinheiros o empregavam para se referirem aos riscos iminentes de eventuais colisões com os recifes, rochedos e penhascos. Logo, o primeiro significado empregado se relaciona à margem, borda, extremidade e orla.

Essa afirmativa é corroborada por Gondim (2007), quando relata que o uso da palavra risco tem os primeiros registros por volta do século XIV, período que marca a pré-modernidade, quando começaram as grandes navegações, iniciando-se dessa maneira as “novas territorialidades” as quais se transformaram, posteriormente, no período dos “Estados-Nações”.

Ao que tudo indica, o emprego do termo em questão já era usado na Catalunha no século XIV para expressar sorte, azar e fatalidade (GONDIM, 2007). Mas, de acordo com

Ayres (1997), existem outras possibilidades de o termo ter surgido em outras localidades distintas.

Devido a esse fato, foi elaborado o Quadro 1 a seguir, no qual é possível entender, de forma sucinta, as diferentes origens, significados e conotações do termo aqui tratado.

**Quadro 1 - Polissemia do termo risco.**

Idioma de Origem	Expressão	Significado	Conotação
Grego	<i>Rhizikon</i> (Derivado de <i>rhiza</i> )	Raiz, pé de montanha,	Má sorte, infortúnio,
	<i>Moirá</i>	Destino, fardo	
Persa	<i>Rozik</i>	Destino, fardo	Valorizar o indivíduo que desafiava o destino e era bem-sucedido
Francês	<i>Risqué</i>	Ofensa	Ideia de insegurança
Latim	<i>Resecare</i> (Derivado de <i>risicu e riscu</i> )	Cortar separando, remover	
Espanhol	<i>Risco</i>	Penhasco alto, escarpado,	Cortar, perigo, ameaça
Chinês	<i>Wei</i>	Perigo, caos	
Inglês	<i>Hazard</i>	Perigo, ameaça, álea	

Fonte: Elaborada pelo autor (2016), a partir de NARDOCCI (1999); DAGNINO e CARPI JÚNIOR (2007); GONDIM (2007)

Diante disso, Hogan e Marandola Junior (2004), observam que no português, não existe uma palavra que exprima o verdadeiro significado da palavra risco, como ocorre nas línguas latinas, como o espanhol e o francês, o que gera equívocos nas traduções e utilização desse conceito.

Independente da etimologia da palavra, o ponto comum entre todas as conotações expressas é que elas se relacionam, de certa forma, com aspectos de negatividade. No entanto, a partir do século XVII, na língua inglesa, outras expressões foram acrescentadas, mas, dessa vez, com uma conotação mais positiva, tais como sorte, chance e fortuna. Isso se deve ao emprego do termo no contexto dos jogos de apostas, de modo a fazer referência à probabilidade de perda e ganho, incorporando-se a noção de perigo (GONDIM, 2007; NARDOCCI, 1999). Esse fato sustenta a definição de risco para a The Royal Society of London (1983): “a probabilidade de um evento particular adverso acontecer durante um dado período de tempo, ou resultar de um desafio particular”.

Mais recentemente, o conceito ganhou uma conotação de crise, segundo Dagnino e Carpi Junior (2007, p. 52), ao justificarem que ela “traz em si a semente de algo novo, uma mudança, e que, por ser novo, pode significar um avanço para um futuro melhor”.

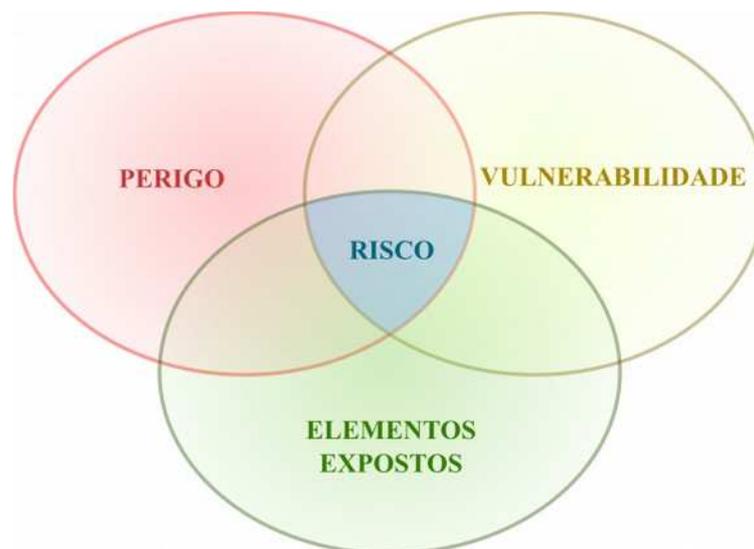
Todavia, Mair (2009) complementa o raciocínio, para enfatizar que essa mudança desperta tensão e medo, além do que, de acordo com o idioma chinês, a palavra crise (Weiji) tem significados como: “momento incipiente; ponto crucial (quando algo começa ou alterações)”, de maneira a tornar a crise em um momento perigoso ou num um momento em que as coisas começam a dar errado.

Dito isso, o conceito de risco é iminentemente subjetivo e é, em parte, construído pela percepção das pessoas, a qual pode variar de acordo com a idade, nível socioeconômico, gênero, dentre outros.

Dada à polissemia do termo, e, conseqüentemente, à complexidade do tema, Pécurto (2010) apresenta um modelo de uniformização da terminologia no âmbito científico, acerca da definição da tipologia do termo risco, fundamentando-a em três componentes básicos: a) perigo; b) vulnerabilidade; e c) elementos expostos. Assim, a aludida autora acrescenta a terceira componente na definição, o que aperfeiçoa o conceito de Hossini (2008), que afirma que o risco “corresponde à combinação entre os componentes de perigo e vulnerabilidade”.

Mediante o dito, entende-se que da interseção do perigo, da vulnerabilidade e dos elementos expostos situa-se o risco. A Figura 1 ilustra claramente o conceito.

**Figura 1 - Diagrama de Venn: componentes do conceito de risco.**



Fonte: Pécurto (2010)

Diante do mencionado, fica claro que a conceituação do termo risco vai além da etimologia da palavra, ela emana a partir de outros conceitos-chave inerentes, ou seja, seus elementos constituintes, os quais são abordados a seguir, de forma geral e objetiva.

### 2.1.1 Perigo

A partir da modelagem conceitual de Pécurto (2010), Thywissen (2006), Hogan e Marandola Junior (2004), define-se que o perigo ou a periculosidade se refere à ameaça de eventos extremos, e não raros, serem capazes de causar danos e perdas às populações e ao meio. Em outras palavras, o perigo é uma propriedade intrínseca a um fenômeno ou processo imoderado, o qual pode ser de origem natural, tecnológica ou antrópica (UNITED NATIONS, 2004).

Dessa forma, Marandola Junior e Hogan (2005, p. 32) acrescentam que os primeiros trabalhos com abordagem geográfica, desenvolvidos entre as décadas de 1970 e 1980, traziam consigo os conceitos geminados de risco e perigo, nos quais se defendia que “o perigo era o fenômeno estudado e o risco, a perspectiva em que se colocava a abordagem do problema”.

Sob essa ótica, os aludidos autores concluem que:

Em vez de se utilizar o impacto como abordagem, imperava uma preocupação prognóstica que reclamava a minimização da incerteza, ou seja, a mensuração das probabilidades de os perigos acontecerem era fundamental para diminuir a ocorrência e a intensidade dos desastres.

Os geógrafos Burton, Kates e White (1978) enfatizam que os danos sofridos pelo meio e pelas sociedades, após a ocorrência de desastres, dão-se de maneira, muitas vezes errôneas, de ocupação do espaço e pela desconsideração dos impactos e riscos que o uso e/ou a ocupação podem gerar ao homem.

Assim, entende-se que a escolha por áreas a serem ocupadas ou usadas negligencia os perigos iminentes naturais, antrópicos ou tecnológicos que podem causar danos, perdas e prejuízos ao meio, às sociedades e aos bens, respectivamente.

Nessas circunstâncias, entretanto, um fato que não deve ser desmerecido no entendimento do conceito de risco é que ele está diretamente associado à presença humana, e ainda, a interação sociedade-natureza está associada à possibilidade de ocorrência do evento, ou seja, o perigo (LOPES; BARROS, 2014).

Ao remeter o conceito de perigo à possibilidade de ocorrência de eventos, Santos (1997, p. 115-116) apresenta uma concepção de que o evento é o “ponto” em que o tempo e o espaço se fundem em um momento ou em um instante no qual o homem experimenta um sentimento de aventura, através do desconhecido, da incerteza, em que as ações, quer sejam naturais ou antrópicas, nunca se repetem de forma igual. Transforma-se, portanto, o cenário geográfico, pois o evento é uma brutalidade sem precedentes, ocasião em que um acontecimento provoca uma crise, e permite uma mudança.

Conclui-se essa linha de pensamento, parafraseando Castro (2000), com o entendimento de que perigo é tanto um fenômeno potencial quanto o próprio fenômeno em si, o que se permite afirmar que não há perigo sem risco, nem risco sem perigo. Logo, onde existir um perigo potencial, justapõe-se um risco, enquanto que um risco só existe a partir de um fenômeno tanto potencial quanto ocorrido.

### 2.1.2 Vulnerabilidade

O segundo elemento constituinte do conceito de risco remete à vulnerabilidade, a qual, neste trabalho, apossa-se da definição de Hossini (2008), para afirmar que a vulnerabilidade é considerada função da suscetibilidade e do grau de exposição ao perigo. Essa abordagem é complementada por Pécurto (2010), ao afirmar que a vulnerabilidade corresponde ao dano potencial decorrente de uma situação de risco.

No entanto, não se pode negar a contribuição geográfica de Cutter (1996), ao definir vulnerabilidade como “perigo do lugar”, pois é nesse espaço que coexiste a condição preexistente da vulnerabilidade; quer dizer, o lugar é suscetível aos danos e à capacidade de resposta aos eventos, isto é, à resiliência por parte dos meios natural e social aos graves eventos.

Nessa perspectiva, a vulnerabilidade, como parte do risco, assume o caráter geográfico do tema, ao associar o meio físico ao social. Brookfield (1999) corrobora com esse pensamento quando afirma que tanto as forças humanas quanto as naturais agem na produção da vulnerabilidade e, ao mesmo tempo, tornam-se vulneráveis uma à outra.

Assim como o risco está associado à presença humana, a vulnerabilidade só tem razão de sê-la se também houver a presença direta ou indireta do homem (REBELO, 2003); com isso, a vulnerabilidade torna-se o elemento de ligação entre o risco e o perigo.

### 2.1.3 Suscetibilidade

Pertencente à vulnerabilidade, a suscetibilidade representa a potencialidade de o lugar ou ambiente sofrer e propagar os efeitos diretos e imediatos dos eventos danosos. Isso significa a “propensão da área ser afetada por um determinado perigo” (JULIÃO et al, 2009, p. 23) e estar diretamente ligada à fragilidade da área a fenômenos perigosos.

Alonso et al (2004) reiteram o exposto anteriormente e acrescentam que a suscetibilidade é a potencialidade de uma determinada área sofrer transformações no meio físico, decorrente de um evento danoso potencial, sem levar em consideração as

consequências às atividades humanas.

Alheiros (1996), por sua vez, expõe que, para definir o risco, é necessário entender que a suscetibilidade representa as características predisponentes do meio físico, o que pode ser entendido como a fragilidade desse meio.

Entretanto, Santos (2015) rebate, ao afirmar que, em estudos ambientais, deve-se sempre considerar tanto as componentes naturais quanto os diferentes tipos de usos e ocupações do solo, que são a materialização das sociedades no espaço, para que se defina, assim, a fragilidade do ambiente em função das atividades humanas. O autor em questão prossegue seu pensamento afirmando que a associação dessas duas componentes (naturais e sociais) possibilita a identificação das áreas suscetíveis aos riscos.

Ao considerar o elo entre suscetibilidade e fragilidade, nesse mesmo raciocínio, Cardona (2004) explicita que a fragilidade é a parte físico-ambiental da vulnerabilidade que dimensiona se um grupo populacional ou suas atividades são suscetíveis de serem afetadas por um fenômeno perigoso em função de sua localização em área de influência desse mesmo fenômeno.

De modo geral, segundo Alheiros (1996), para compreender o conceito de risco, seja ele em quaisquer modalidades, deve-se considerar a suscetibilidade do lugar e a vulnerabilidade dos sistemas sociais, econômicos e ecológicos existentes na área ameaçada.

#### 2.1.4 Elementos expostos

O terceiro componente que caracteriza o conceito de risco diz respeito aos elementos expostos que, na concepção de Pécurto (2010), correspondem aos grupos sociais, aos bens estratégicos sensíveis ou vitais que podem ser afetados por eventos perigosos. Desse modo, para o presente trabalho, assume-se tal componente, considerando-se os elementos de uso/ocupação da terra e a cobertura vegetal.

Embora o conceito de vulnerabilidade esteja normalmente associado à “exposição aos riscos”, Acselrad (2006) relativiza o fato, ao afirmar que, em situações sociais, a percepção de vulnerabilidade é subjetiva, pois ela é socialmente construída e sempre será definida a partir de um ponto de vista.

É a partir desse entendimento que Thywissen (2006) vê a necessidade de que os “elementos expostos” estejam separados da vulnerabilidade. Ele justifica o fato ao dizer que se uma área geográfica não registra a presença humana, os elementos expostos equivalem a zero, o que torna inexistente o perigo.

Com base no exposto, todas as definições apresentadas anteriormente convergem no conceito de risco ambiental, apresentado a seguir.

#### 2.1.5 Risco ambiental

De acordo com Dagnino e Carpi Junior (2007), o conceito de risco ambiental é sintético, pois engloba os conceitos de riscos social e tecnológico, sem que estes sejam esquecidos ou menosprezados. O primeiro, porque envolve pessoas, como indivíduo ou grupos de indivíduos, e, o segundo, porque compreende a estrutura produtiva, como parques industriais e rodovias.

A justificativa de adoção desse termo no âmbito do presente estudo se alicerça no entendimento de que as situações de risco estão diretamente ligadas ao seu entorno, qual seja, o ambiente, seja ele natural ou antrópico.

Assim, ao se afirmar que o risco é ambiental, admite-se que este resulta da associação das atividades humanas e pela ocupação dos espaços (VEYRET; RICHEMOND, 2007). Dessa forma, entende-se que o risco ambiental é um objeto social, pois as consequências provenientes de acidentes com produtos perigosos afetam direta ou indiretamente o ser humano e as suas atividades, seja ele como indivíduo ou em sociedade.

Ao considerar o risco ambiental como uma manifestação de ameaça de um perigo para o meio e para as populações, estabelece-se uma noção de que o risco ambiental está ligado diretamente às ciências da natureza e às ciências da sociedade, pela produção de uma abordagem associada entre os fenômenos perigosos e a vulnerabilidade (MENDONÇA, 2004).

No entanto, de forma simples e objetiva, Lima e Silva et al (1999, p. 242) consideram que o risco ambiental está associado aos eventos danosos inesperados, não planejados ou indesejados, que ocorrem no ambiente, ou seja, os acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos.

Por sua vez, esses acidentes estão ligados aos riscos tecnológicos, de modo a se assumir a noção de impacto ambiental, o qual, de acordo com Dagnino e Carpi Junior (2007, p. 73), transmitem a ideia de repetição e previsibilidade de eventos danosos no ambiente natural e/ou construído pelo homem.

#### 2.1.6 Áreas de risco

As áreas de risco devem ser consideradas prioritárias nas fases de planejamento ambiental, com o fim de se levar em consideração os seus graus de risco, com vistas à

diminuição da probabilidade de ocorrência de acidentes com produtos químicos perigosos.

Para isso, foi publicado o Decreto Federal N. 5.376/2005, que trata sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil e o Conselho Nacional de Defesa Civil, ao recomendar a identificação e inclusão das áreas de risco nos planos diretores municipais, a fim de que as ocupações e os usos não se desenvolvam sobre as áreas de risco (GOERL; KOBIYAMA; PELLERIN, 2012; p. 83).

Ao considerar os aspectos ambientais do risco, por englobar os meios físico-natural e social em uma mesma categoria de análise, remete-se à abordagem geográfica do risco: o local onde acontecem os fenômenos perigosos.

No caso de acidentes com produtos perigosos rodotransportados, identifica-se uma relação íntima entre a exposição das áreas de risco ambientais com a precariedade da infraestrutura e dos serviços públicos (JACOBI, 1995); nessa relação, enquadra-se a gestão territorial que permite usos e ocupações lindeiras conflitantes e incongruentes, expondo, dessa forma, as populações e os recursos naturais.

Nesse sentido, as áreas de risco são aquelas não adequadas à ocupação (OLIVEIRA; ROBAINA, 2015, p. 373), sendo, portanto, partes de um determinado território que, devido a suas características, apresentam-se mais suscetíveis à ocorrência de acidentes (TELESAÚDE, 2010), como consequência do impacto de um risco natural e/ou causado por atividades humanas.

As definições anteriormente expostas convergem para a questão de o fenômeno perigoso ocorrer em uma porção do espaço geográfico, sendo este geralmente associado à fragilidade, à suscetibilidade e à vulnerabilidade, com o fim de idealizar os sítios inapropriados ao uso e à ocupação. Dessa forma, Brasil (s.d., p. 3) define essa convergência como as áreas de risco ambiental, ao afirmar que são:

[...] áreas com risco de ocorrência de acidentes ambientais, cujos potenciais danos diretos ou indiretos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger estão relacionados com as atividades potencialmente impactantes e com a vulnerabilidade dos sítios frágeis associados.

Diante dessas definições, as áreas de risco, objeto deste estudo, fundamentam-se na modelagem de Pécurto (2010), ao conceituar o risco como a composição dos fatores perigo, vulnerabilidade e elementos expostos, pois, ao fazer uso de técnicas de geoprocessamento, combinaram-se os dados de periculosidade potencial, áreas vulneráveis e uso da terra e cobertura vegetal como fatores representativos desta modelagem.

## 2.2 Modal do transporte rodoviário

O modal de transporte rodoviário começou a ganhar importância a partir do início do período republicano, mas ignorada desde o período colonial até o segundo reinado. Nesta época as atenções eram voltadas para as ferrovias, modalidade esta, amplamente difundida na Europa e reproduzida no Brasil, conhecida como ferroviário (BRASIL, 2015).

Convém destacar que, até 1911, quase não houve iniciativas de promover a expansão das estradas de rodagem no território brasileiro. O tema começou a ser considerado no planejamento nacional dos transportes, quando da criação da Inspeção Federal de Estradas (IFE), que teve como objetivo fiscalizar os serviços relacionados às construções de ferrovias e rodovias.

A partir de 1926, foram estabelecidas as bases da rede nacional de caráter essencialmente rodoviário, as quais se deram através do Plano Catrambi<sup>1</sup>, idealizando as 17 categorias de estradas Federais ou troncais de penetração no território brasileiro, além das 12 Estradas Estaduais ou de união dos estados (COIMBRA, 1974). Essa visão concebia um traçado (Figura 2) que se preocupava com a interconexão dos grandes centros aos núcleos interioranos, baseado no ideal de estruturação do espaço nacional e nas inter-relações com os elementos que a compunham, sem se preocupar com os impactos nos mais diversos âmbitos sobre as regiões em que seriam implantadas (SANTOS; MORI, 2008).

Ainda no plano das idealizações, em 1927, o Plano Schnoor<sup>2</sup> aprimorou o Plano Catrambi, tomando como base a construção da futura capital do país no planalto central em Goiás. Dessa forma, foi concebido um sistema rodoviário em que todas as regiões do Brasil seriam integradas pelas vias de rodagens que irradiariam a partir desse ponto (COIMBRA, 1974).

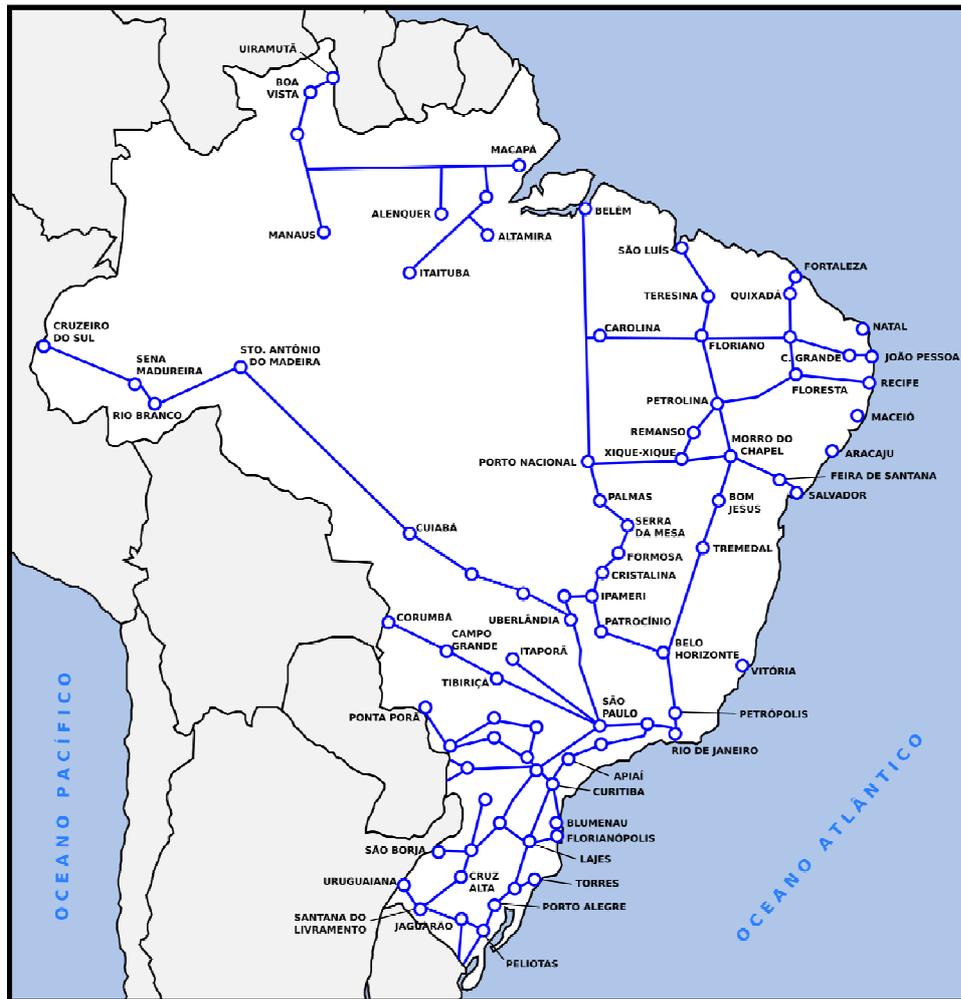
Após esses episódios, várias outras iniciativas se sucederam, por exemplo, a construção das duas primeiras rodovias asfaltadas em 1928, a Rio-Petrópolis e a Rio-São Paulo, respectivamente, bem como a promulgação da constituição de 1934 que previu a regulamentação do tráfego rodoviário interestadual pelo estabelecimento do Plano Geral Nacional de Viação (PGNV); este é considerado o primeiro projeto oficialmente aprovado para os transportes que contempla os múltiplos modais; entretanto, ele conferia prioridade por parte do governo às rodovias (BRASIL, 2015).

---

<sup>1</sup> Plano no qual foram estabelecidas as bases da rede rodoviária do Brasil, durante o governo do presidente Washington Luís (1926-1930), impulsionando assim o desenvolvimento do rodoviário nacional.

<sup>2</sup> Plano que levou o nome do então Ministro da Viação e Obras Públicas, ao aperfeiçoar o Plano Catrambi, idealizando um sistema rodoviário a partir do Distrito Federal, irradiando para as outras regiões do país.

Figura 2 - Distribuição das rodovias de acordo com o Plano Catrambi de 1926.



Fonte: Autor (2016) a partir de DNIT (2011)

Segundo Serman (2008), a partir de meados da década de 1940, foi criado o Plano Rodoviário Nacional, com a intenção de interligar o país nos sentidos longitudinal e latitudinal, e distender-se sobre todo o território numa rede eficiente de comunicação e de escoamento da produção.

Estabelecidas as bases, ou seja, os planos, projetos e leis, que visavam à construção dos principais troncos rodoviários, ocorreram mais três acontecimentos que impulsionaram a adoção do sistema rodoviário: a fundação da Petrobrás, em 1953; a instituição da indústria automobilística nacional, focada na produção em grande escala, em 1957; e a construção da nova capital federal, em 1960, a qual permitiu a criação de uma malha viária em que tornava Brasília o centro de um sistema que a interligaria a qualquer outro ponto do território brasileiro.

De acordo com Serman (2008, p. 22):

O período de 1956 a 1960 pode ser considerado como o de consolidação do sistema rodoviário nacional, com as rodovias assumindo papel preponderante no deslocamento dos fluxos de média a longa distância face às suas vantagens em relação aos sistemas ferroviários e de navegação de cabotagem, incapazes de atender às novas correntes de tráfego e às exigências de rapidez e regularidade.

Assim, a política pública nacional sobre a viação de rodagens ganhou impulso sob a gestão do governo militar, entre 1964 e 1973, em decorrência dos problemas detectados no sistema ferroviário, como traçados das linhas férreas mal planejadas, sucateamento da infraestrutura e a procrastinação da manutenção de material rodante, o qual perdeu, dessa forma, importância para o sistema rodoviário (SERMAN, 2008). Isso se deu em consequência, principalmente, da descoordenação no planejamento da ampliação do sistema viário nacional, da falta de integração entre os sistemas modais e da má aplicação dos recursos financeiros, por parte da administração pública. Esse contexto favoreceu o crescimento da indústria de caminhões no Brasil.

A primeira década do século 21 foi marcada pela reestruturação do setor de transportes, por intermédio da promulgação da Lei n. 10.233/2001, quando foram criados órgãos reguladores e executores da política nacional de transportes, como o Conselho Nacional de Integração de Política de Transportes (CONIT), a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

O segundo decênio inicia-se com a sanção da Lei n. 12.379/2011 que trata da criação do Sistema Nacional de Viação (SNV) em substituição ao Plano Nacional de Viação (PNV) de 1973. Esse sistema integra toda infraestrutura física e operacional dos diferentes modais de transporte de pessoas e mercadorias de todos os entes da federação (SERMAN, 2008).

Diante desses fatos, o Brasil conta, atualmente, com uma malha rodoviária de aproximadamente 1.720.643,20km, segundo a Confederação Nacional do Transporte (2016), distribuída pelas cinco regiões administrativas do país, de maneira a integrar todos os estados, nas três jurisdições: federal, estadual e municipal. Essa malha é responsável por cerca de 67% do volume de cargas transportado no território nacional (INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN, 2016).

Inserida nessa vasta malha rodoviária, destaca-se a rodovia BR-101, também conhecida como Rodovia Translitorânea e também denominada Rodovia Governador Mário Covas, segundo a Lei n. 10.292/2001. Ela possui uma extensão de 4.772,4km (BRASIL, 2015b), o que corresponde a 0,28% de toda rede viária brasileira, assumindo o status de rodovia mais extensa do Brasil. A referida malha tem seu ponto inicial na cidade de Touros,

estado do Rio Grande do Norte e se encerra na cidade de São José do Norte, estado do Rio Grande do Sul, atravessando 10 estados, além dos mencionados.

De acordo com Coelho (2010), a rodovia BR-101 é considerada a espinha dorsal do Brasil, pois é tida como a principal via de transporte de cargas do país. Ela faz parte da Rodovia Panamericana, que interliga o Brasil aos países Uruguai, Argentina e Chile.

Em Alagoas, essa rodovia percorre uma distância 250,49 quilômetros, ora atravessando ora dividindo 27 municípios, desde Novo Lino até Porto Real do Colégio.

### **2.3 Produtos químicos perigosos**

A concepção de produtos perigosos, para muitos especialistas, remete à invenção da pólvora na China, cerca de 200 anos a.C., durante a dinastia Han, quando acidentes eram provocados pelos alquimistas taoístas através do manuseio de substâncias como o enxofre e o nitrato de potássio na busca pelo elixir da imortalidade. Posteriormente, tal invenção foi adotada no meio militar, para fins bélicos (COSTA, 2013).

Desde então, as necessidades básicas humanas passaram a exigir cada vez mais complementações ligadas à preservação e melhoria da qualidade de vida. A partir disso, no século XIX, surgiu a indústria química, como atividade industrial, para suprir tais necessidades (BRITO; PONTES, 2013, p. 2).

No período compreendido entre as décadas 1850 e 1960, a preocupação em torno das consequências dos produtos químicos perigosos expostos no meio natural foi praticamente ignorada até a publicação do livro *Primavera Silenciosa*, da bióloga Rachel Carson, em 1962, que chamava a atenção do mundo sobre o uso indiscriminado do Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) (DAMATO; TORRES; MALM, 2002). Em sua obra, tal substância é descrita como o “elixir da morte”, para mostrar os seus danos colaterais ao meio ambiente e à saúde.

Ao considerar tais danos colaterais, surgiram as definições do que viria a ser chamados produtos químicos perigosos. Dentre as principais, destacam-se, neste estudo, as definições da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) de 2004 e do Departamento de Energia dos Estados Unidos (USDOE) de 2005.

A CETESB define, assim, produtos químicos perigosos:

São aqueles produtos químicos que representam risco para a vida ou saúde humana, o meio ambiente ou outro bem a proteger, a curto ou longo prazo. Os principais produtos perigosos são os gases, líquidos criogênicos, líquidos inflamáveis, oxidantes e peróxidos orgânicos, substâncias tóxicas e substâncias corrosivas (SÃO PAULO, 2004).

O USDOE, por sua vez, dá a seguinte definição para esses tipos de produtos:

Todo produto sólido, líquido ou gasoso que sejam tóxicos, inflamáveis, radioativos, corrosivos, quimicamente reativos ou instáveis, por um longo período de armazenamento e em quantidades que representem risco à vida, a propriedade ou o meio ambiente (UNITED STATES OF AMERICA, 2005).

Já a norma brasileira ABNT NBR 10004:2004 trata os produtos perigosos como resíduos perigosos e, por isso, classifica-os como aqueles que possuem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, e que apresentem riscos ao meio ambiente e à saúde pública (ANDRADE; SEYDELL, 2009, p. 2).

Essas mesmas autoras também apresentam a definição da Agência Nacional de Transportes Terrestres, expressa na Resolução 420/2004, ao mencionar esses produtos químicos perigosos como sendo as substâncias ou artigos encontrados na natureza ou produzidos por qualquer processo que, por suas características físico-químicas, representem risco para a saúde das pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente.

A Lei 8.080 de 19 de setembro de 1990, por sua vez, dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes, e expõe que os produtos perigosos são substâncias ou mistura de substâncias encontradas na natureza ou sintetizadas que, em função de suas características e propriedades químicas, físicas e toxicológicas, representem risco para a saúde humana, para a segurança pública ou para o meio ambiente.

De acordo com as definições supramencionadas, os produtos perigosos confluem no entendimento da representação de risco à vida, à saúde humana, ao meio ambiente e aos bens. O que fica implícito é que essa confluência se aplica desde o processo de fabricação até o seu transporte e armazenamento.

### 2.3.1 Transporte de produtos químicos perigosos

Diante das definições apresentadas anteriormente, o transporte desses produtos, como parte integrante na cadeia de produção, é considerado como fator de risco e, por isso, cresce a cada dia a preocupação pelo tema, visto que o perigo não se encontra localizado em um lugar fixo (indústria), mas em constante movimento; portanto, proporciona riscos a quaisquer lugares.

Os acidentes com produtos químicos perigosos no transporte rodoviário podem ocorrer em qualquer lugar ao longo da rota, e as consequências são de difícil controle pelas próprias características comumente associadas: “descarga súbita de grande massa de produtos

perigosos, fora e distante do parque industrial, locais próximos a comunidades, em geral carentes” (STRAUCH, 2004).

Os acidentes envolvendo produtos perigosos ocorrem cada vez mais nas rodovias e afetam não só os seus usuários, mas também atingem as populações lindeiras, o comércio, a indústria, o meio ambiente e, muitas vezes, alcançam outras regiões levando à contaminação e à poluição, liberadas pelos ventos e rios a regiões mais distantes com consequências, muitas vezes catastróficas. Requerem-se, portanto, medidas de alcance imediato, não só corretivas por ocasião dos sinistros, mas também preventivas, visando todas à redução possível de riscos e das consequências impactantes.

Segundo Beltrami (2009), a exposição ocorre quando populações entram em contato com os produtos perigosos por uma ou mais vias, como a ingestão de água contaminada, o consumo de alimentos contaminados através da cadeia alimentar, a inalação de poeiras tóxicas ou gases provenientes de vazamentos e incêndios, o contato dérmico com produtos corrosivos ou a complexa combinação desses fatores.

O mesmo autor ainda cita que as exposições podem ultrapassar os limites temporais, a depender das características e propriedades dos produtos envolvidos, como carcinogenicidade, mutagenicidade ou teratogenicidade.

Ao considerar que no Brasil a maior parte do transporte de cargas, inclusive produtos perigosos, é realizada nas rodovias e que os acidentes rodoviários representam a maior parte dos atendimentos a emergências realizados pelos órgãos ambientais, o tema transporte terrestre (principalmente o rodoviário) de produtos perigosos é extremamente relevante e merece atenção especial no contexto dos órgãos competentes para que seja garantida a qualidade ambiental no país.

Diante disso, entende-se que mais importante do que dar respostas aos acidentes com produtos perigosos é evitar que eles ocorram. Deve-se, assim, levar em consideração a questão preventiva da segurança rodoviária específica para produtos perigosos, com o fim de garantir a integridade do meio ambiente, seus elementos e consequentemente a saúde humana, e traduzir o conceito de saúde ambiental.

No Brasil, essa preocupação começou a ser tratada por meio da regulamentação do Decreto-Lei n. 2.063/1983, após a ocorrência de tragédias como a explosão de um caminhão carregado de dinamites em 1972 no estado do Paraná, assim como a contaminação de vários operários num descarregamento de pentaclorofenato de sódio, conhecido como Pó da China, em 1977, no Mercado de São Sebastião, no Rio de Janeiro, matando seis pessoas e causando doenças graves em outras tantas (COSTA, 2013).

Após esses feitos, e na busca por se equiparar às legislações europeias e norte-americanas, sucederam-se outras legislações, resoluções e normatizações, que tratam do transporte de produtos químicos perigosos no Brasil.

Dentre esses documentos, ganha notoriedade aquele resultante da Convenção da Basiléia em 1989, organizada pela ONU, que versou sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e suas acomodações. Com esse intento, o governo brasileiro publicou o Decreto n. 875/1993, o qual preconizava que o transporte de produtos perigosos fosse reduzido ao mínimo compatível com a administração ambientalmente saudável e eficaz desses produtos, a fim de proteger a saúde humana e o meio ambiente.

Antes disso, foi aprovada a regulamentação do transporte rodoviário de produtos perigosos pelo Decreto n. 96.044/1988.

Temas associados ao TRPP também foram tratados via legislação como a regulamentação do fundo especial para calamidades públicas (Decreto n. 1.080/1994), dentre as quais, incluem-se desastres com produtos perigosos.

São considerados produtos perigosos todos aqueles que têm o poder de causar danos ou que representem risco à saúde humana, ao meio ambiente ou à segurança pública. Esses produtos estão relacionados ao transporte, de acordo com o Decreto n. 96.044, de 18/05/1988, que aprovou o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, constantes da Portaria n. 291, de 31/05/1988, e da Resolução n. 420/2004 da ANTT, de acordo com os critérios adotados pela ONU (Livro Laranja – Orange Book), nas quantidades consideradas perigosas.

Todas as legislações, normas técnicas (NBR) e portarias institucionais da Agência Nacional de Transportes Terrestres encontram-se atualizadas e disponibilizadas no endereço eletrônico <https://goo.gl/YUcNIe>.

## **2.4 Diferenciação de áreas**

O espaço geográfico, objeto de análise da Geografia, detém diferentes correntes de pensamento, e apresenta diversas perspectivas de concebê-lo, o que dificulta, muitas vezes, o entendimento a respeito do seu conceito, embora haja o consenso de que o espaço geográfico representa a intervenção direta do homem sobre o meio.

Exemplos disso são os conceitos elaborados por Milton Santos, ao afirmar que o espaço geográfico é um conjunto indissociável de sistemas de objetos e ações, os quais

correspondem tanto aos itens e elementos artificiais quanto às ações humanas que manejam esses instrumentos na construção e transformação do meio, seja ele natural ou social. Richard Hartshorne, por sua vez, defende que o espaço geográfico é meramente uma construção intelectual, ou seja, uma concepção pessoal da maneira como a realidade é percebida pela espacialização indissociável das construções e dos acontecimentos promovidos pela sociedade.

Com base nisso, deve-se reconhecer que o espaço geográfico é historicamente produzido pelo homem e que tem por premissa compreender e explicar as interações e constantes transformações da sociedade e da natureza, numa via de mão dupla.

Para tornar possível tal compreensão e uma explicação mais significativa do conteúdo das grandezas analíticas do espaço geográfico, fez-se necessário particioná-lo nas seguintes categorias de análise: território, lugar, região e paisagem, conferindo-lhes o status de conceitos fundantes da Geografia.

Todavia, em tempos atuais, situadas em meio aos avanços e às inovações técnico-científico informacionais, não se deve deixar de lançar mão da ciência, da técnica e da informação na dinâmica das transformações dos ambientes e das sociedades, com o fim de proporcionar grande diversidade de temas e abordagens dentro da Geografia. Essa conjunção de fatores encontra-se referenciada na ampla variedade de métodos de investigação geográficos, a ponto de conferir a esta a condição de categoria de análise.

É nessas características que as contribuições de Alfred Hettner<sup>3</sup> e Richard Hartshorne proporcionam um arranjo metodológico para entender o todo de um determinado espaço, a partir da integração de suas partes. E é por intermédio desse aspecto que surge o conceito de “diferenciação de áreas”, o qual conquistou relevância na Geografia, porém sem lhe serem imputadas as críticas epistemológicas à época.

Nessa perspectiva, esta seção organiza de forma cronológica o desenvolvimento desse conceito, a partir das contribuições de grandes teóricos da Geografia ao longo da evolução do pensamento sobre tal conceito, ao empregar como metodologia o levantamento de passagens bibliográficas que remetem à diferenciação de áreas.

Convém mencionar que a formação do conceito de diferenciação de áreas está diretamente relacionada ao conceito de corologia, que é o conhecimento da expressão variada das diferentes partes da superfície da terra, ou seja, localização, extensão e comparação das áreas estudadas, no sentido de agrupar coisas ou acontecimentos que ocorrem numa mesma porção espacial (LEAL, 2010), ao passo que caminhou tautocronamente com o conceito de

---

<sup>3</sup> Geógrafo alemão (1859-1941) que defendia que a Geografia é uma ciência corológica e sistemática voltada à ordenação das coisas no espaço.

região.

É deveras sabido que o conceito de corologia já era amplamente adotado pelos filósofos da Grécia Antiga, especialmente Heródoto, Hipócrates e Erastóstenes, quando dos relatos descritivos feitos a partir de suas viagens pelo “mundo habitado”, no qual narravam as similitudes e diferenças dos locais explorados em relação aos seus de costume (CAVALCANTI; VIADANA, 2010).

Diversos autores, cada um em sua época e em contextos distintos do desenrolar desse saber, atribuíram à Geografia a responsabilidade de estudar as diferentes partes da superfície terrestre (LEAL, 2010). Dessa forma, para entender a evolução na formação do conceito de diferenciação de áreas, faz-se necessário observar que ele é composto de vários elementos presentes noutras categorias de análise da Geografia, e agregam, em razão disso, as contribuições desses pensadores. Tais elementos se constituem como as matrizes conceituais que envolvem o entendimento de diferenciação de áreas e têm seu início com o legado de Estrabão<sup>4</sup>, qual seja, o método da diferenciação dos lugares.

O método utilizado por Estrabão se baseia no empirismo puro, e tal fato é constatado na sua obra “Geografia”, composta de 17 volumes, e publicada por volta do ano 7 d.C. Nela, o autor descreve minuciosamente o saber adquirido durante suas viagens à Europa, particularmente à Grécia e à Ibéria; à Ásia Menor e África, especialmente, Egito e Líbia, o que lhe permitiu agregar conhecimentos das diferentes realidades locais (CARREIRA; JESUS, 2011).

De acordo com Silva (2010), Estrabão municia sua descrição dos lugares e culturas, com o intuito de subdividi-los em grupos, caracterizá-los e pontuar suas identidades, a fim de detalhá-los ao máximo, individualizando-os dentro de um todo maior, para resultar na origem das especificidades dos lugares, diferenciando-os, por conseguinte.

Esse método foi ampliado mais tarde com outro filósofo, Immanuel Kant, por volta de 1786, quando recebeu uma roupagem sistematizada sob a influência do Iluminismo; este movimento, por sua vez, preocupava-se com o rumo da ciência no século XVIII. O acúmulo de acontecimentos naquele período incomodou Kant, e isso o fez discutir acerca do pensar a natureza e o homem. Para isso, ele buscou apoio na Geografia e História (MOREIRA, 2010).

Tal qual Estrabão, Kant pensava numa Geografia conferida de agregação de conhecimentos empíricos, organizada em grupos de classificação, tida como uma taxonomia do mundo físico, sendo esta traduzida no formato das grandes paisagens da superfície terrestre.

---

<sup>4</sup> Filósofo grego (63 a.C – 24 d.C), que contribuiu com a Geografia ao escrever um tratado de 17 livros contendo a história e descrições de povos e locais de todo o mundo que lhe era conhecido à época.

Nesse sentido, essa superfície seria recortada em pedaços de espaço, com o fim de se tornar uma ampla corografia, ou seja, uma série de atributos que apresentariam uma relação perceptível no espaço.

O princípio geográfico sob influência de Kant continuaria, dessa forma, a ser o da localização e das descrições dos fenômenos na superfície terrestre, tomada pelos seus sucessores como espaço. Sendo assim, o todo (o espaço) para ser compreendido deveria tornar-se um grande mosaico de partes menores.

Todavia, foi a partir dessa visão corográfica que Karl Ritter, entre 1790 e 1810, promoveu a fundamentação e a maturidade científica que faltavam à diferenciação de áreas até então. Assentado nisso, o método taxonômico e descritivo deu lugar ao método comparativo, conferindo à Geografia o status de ciência. Ritter tinha a intencionalidade de mostrar um sentido de significação na organização corográfica da superfície terrestre, que ele acaba por identificar de individualidade regional dos recortes de espaço. Nessa perspectiva, parte-se de concepção de comparação das paisagens duas a duas, para extrair os traços mais simples e os singulares de cada uma delas, e, assim, inferir a ordem geral de classificação e a específica de individualidade, com o fim de gerar o mapa dos recortes. Dessa forma, transforma-se a corografia em corologia: uma visão sobre o mosaico das paisagens da superfície terrestre arrumado na teoria. A partir de Ritter, a Geografia ganha uma nova direção (MOREIRA, 2010).

Entre 1793 e 1802, Alexander Von Humboldt direcionou um novo enfoque aos estudos propostos por Ritter. Ele partiu da ordem de classificação e corografia das paisagens da superfície terrestre, para realizar comparações entre os recortes da paisagem, que também chamava de unidade na multiplicidade, com o fim de coligir para uma visão holística da Terra. Humboldt assim traduziu o conceito, nas formas de vegetação, chamando-a de Geografia das Plantas, para a aplicação do método de comparação.

Essas perspectivas geográficas de Humboldt eram mais abrangentes em relação aos seus contemporâneos, em razão de ele ter sido influenciado pelo racionalismo francês, idealismo alemão e positivismo, o que resultou no estabelecimento de leis gerais que explicassem o mundo na época e servissem de pressuposto à Geografia nomotética de Hartshorne, mais adiante.

Entre as décadas de 1880 a 1930, a Geografia era vista como uma ciência da heterogeneidade da superfície terrestre e do modo corológico. A partir disso, Ferdinand Von Richtofen, em 1883, propôs sua perspectiva ao conceito corológico à Geografia. Nele, a visão da corologia referia-se à integração de fenômenos heterogêneos e ao movimento do recorte

areal, considerando-se que o objeto específico da Geografia era o de estudar como a multiplicidade de fenômenos na superfície terrestre constituía uma unidade.

Embora os estudos de Richtofen fossem voltados à Geografia Política, ele reconhecia que o princípio relativo à “área” era indispensável à Geografia, dada a natureza heterogênea dos fenômenos da superfície terrestre (TATHAM, 1960).

A contribuição de Paul Vidal de La Blache ao paradigma de diferenciação de áreas se deu em 1888 e está diretamente relacionada à visão possibilista inerente ao conceito de região, construído sobre as bases teóricas do empirismo. Para ele, a responsabilidade do geógrafo é de evidenciar as individualidades e singularidades provenientes da combinação entre os elementos humanos e naturais (COSTA; ROCHA, 2010).

De acordo com Gilbert (2013), em 1894, juntou-se ao plantel de pensadores sobre a temática em questão o filósofo alemão Wilhelm Widelband com sua obra *Ciências da Natureza e da História*, na qual propôs a distinção das ciências da natureza, que buscavam estabelecer leis gerais (nomotética), das ciências culturais, dominadas pela busca das particularidades (idiográfica).

Essa contribuição de Widelband foi ampliada por Hettner, posteriormente. Tal ampliação, promovida em 1905 por Alfred Hettner, no seu livro *Geografia, sua história, sua essência e seus métodos*, fundamentou sua preocupação com a dualidade da Geografia. Lencioni (2009) constata que Hettner foi influenciado pelo neokantismo, de modo a procurar recuperar criticamente os estudos sistemáticos de Ratzel, Humboldt, Ritter e Richtofen. Ele argumentou que a Geografia era tanto nomotética como idiográfica, ou seja, quando a Geografia se voltava para o estudo das relações entre os fenômenos, era uma Geografia idiográfica; já quando esses fenômenos poderiam ser classificados em categorias, de modo a possibilitar a dedução de leis gerais, ela era nomotética. Hettner concluiu que o objeto da Geografia era o estudo da diferenciação da superfície terrestre e que o caráter corológico também era válido, e isso eliminava a discussão de ela ser uma ciência física ou humana.

Hettner concebe que as diferenciações da superfície terrestre são uma totalidade, assim, seria uma parte ou um recorte da realidade. A realidade aqui apresentada deveria ser também considerada num conjunto heterogêneo de fenômenos, concebida no tempo e no espaço. Dessa forma, competia à Geografia os deveres de identificar, descrever e comparar as unidades espaciais (ARCASSA, 2013; CHRISTOFOLETTI, 1982).

Ao contrário do que muitos pensavam, foi Carl Sauer quem introduziu a expressão “diferenciação de áreas” no ano de 1925, ao publicar *A morfologia da paisagem*, na qual se evidenciam as proposições de Richtofen e Hettner, as quais diziam respeito à distribuição

espacial de fenômenos e das especificidades subsequentes em suas diferentes localizações (LEAL, 2009).

Devido a sua formação em Geomorfologia, Sauer entendia que a diferenciação de áreas estava atrelada à paisagem; ele a via como um conjunto de fenômenos naturais e culturais de forma integrada e reunidas em uma determinada área (SAUER, 1925).

A diferenciação de área ganhou notoriedade e grande repercussão em 1939 com Richard Hartshorne em sua publicação *A Natureza da Geografia*. Nessa obra, ele propôs construir uma metodologia geográfica, na busca por explicar como os fenômenos se combinam numa área da superfície terrestre, pois considerava que não há um grupo de fenômenos particulares à Geografia. Para este autor, o cerne da Geografia é regional, uma vez que busca a integração ou inter-relações entre os fenômenos heterogêneos em partições do espaço terrestre. Corrêa (2000) acrescenta que esses fenômenos apresentam um significado geográfico, ou seja, cooperam para a diferenciação de áreas.

Com isso, Hartshorne entendeu que o objeto da Geografia deixaria de ser uma paisagem ou região para se tornar apenas um “ponto de vista” construído idealmente pelo pesquisador (MORAES, 2007).

No mesmo ano da publicação da obra de Hartshorne, Derwent Whittlesey adota a mesma linha de pensamento sobre a diferenciação de áreas deste autor, com o fim de expandir para o campo da Geopolítica. Sánchez (2014) escreve que Whittlesey o aplicou em nível mundial, tanto no meio natural como no desenvolvimento das civilizações. Essa nova roupagem ao conceito se deveu à preocupação de Whittlesey em construir uma Geografia Política como disciplina científica, a qual competia investigar a estrutura geográfica dos estados e a relação orgânica entre os fenômenos políticos e o entorno natural.

Por fim, Yves Lacoste (1988), em seu livro *A Geografia* - isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra, corrobora com a ideia de Hartshorne, ao criticar a Geografia Regional Clássica por assumir de forma quase dogmática o conceito de região de La Blache que a tratava como uma entidade concreta.

Em meio a isso, Lacoste atualiza o conceito de diferenciação de áreas, ao inserir uma componente importante, até então, desprezada pelos geógrafos seguidores dessa concepção: a escala. Com este elemento, ele sugere a “espacialidade diferencial”, por entender que um determinado fenômeno tem significados distintos de acordo com a escala, pois tanto a multiplicidade de ordens de grandeza quanto os processos ou acontecimentos diferem na percepção da análise espacial (VESENTINI, 2009).

Diante do exposto, ficou evidente que o conceito de diferenciação de áreas foi forjado,

primeiramente, enquanto se buscava o conhecimento das diferentes partes da superfície da terra. Esse conceito evoluiu, posteriormente, na tentativa de ser reconhecido como categoria de análise, e, por fim, dentro das discussões sobre o conceito de região. Nesse sentido, foram levados em consideração os diversos autores e as diferentes épocas, ideologias e conjunturas no entorno de uma ideia de análise dos fenômenos no espaço geográfico, a partir de temáticas que têm como preocupação central: a individualidade dos lugares; os elementos de singularização do espaço; a descrição da paisagem; a comparação dos lugares; a explicação e generalização dos fenômenos; a regularidade da distribuição dos fenômenos; e inter-relação dos fenômenos, dentre outros.

Dessa forma, a diferenciação de áreas traz uma visão comparativa para o universo da análise geográfica, para a qual a explicação é buscada por meio de casos singulares e das inter-relações dos fenômenos presentes numa dada área. Propõe-se, assim, uma compreensão generalizadora, porém restritiva, em termos de extensão espacial.

Face ao exposto, entende-se que, a partir da fusão das principais ideias das abordagens dos respectivos autores, pode-se obter uma modelagem conceitual mais abrangente e contemporânea para diferenciação de áreas.

Nesse intento, ressalta-se que a diferenciação de áreas tem por objeto identificar, descrever e comparar as unidades espaciais, sejam elas físicas ou sociais, individualizando-as em elementos, processos ou acontecimentos específicos, a critério dos fenômenos, recorte espacial e escala analisados; da mesma forma, integra a vasta multiplicidade de suas combinações, para ter como resultado um entendimento holístico e, ao mesmo tempo, sintético da realidade.

Tal como apresentada, a diferenciação de áreas, como categoria de análise, no estudo do mapeamento das áreas de risco ambiental a acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos, mostra-se uma proposta apropriada, visto que é um tema que tem por objeto a integração dos elementos físicos e sociais, e, assim, desmonta a necessidade de recorrer a um dos lados da dicotomia entre o idiográfico e o nomotético.

É a partir desse pensamento, balizado na integração e na inter-relação, que Hartshorne considera não haver sentido na segmentação entre os aspectos físicos e sociais. Isso só é possível em teoria.

Tal dualismo existente entre as Geografias de cunho natural, com objeto específico (idiográfica) e social e com objeto geral (nomotética), só destaca as diferenças existentes entre essas Geografias, quando a razão é o da interconexão entre elas, para configurar uma unidade.

A propósito, a expressão “diferenciação de áreas” não incute o sentido stricto do termo,

para o qual deva haver segregamento entre as áreas. Sua carga semântica indica a condição de variabilidade de áreas. Moraes (2007, p. 32) deixa isso claro, ao afirmar:

O método especificamente geográfico viria do fato de essa disciplina trabalhar o real em sua complexidade, abordando fenômenos variados, estudados por outras ciências. Entretanto, as inter-relações não interessariam em si, e sim na medida em que “desvendam o caráter variável das diferentes áreas da superfície da Terra”. Pois, para Hartshorne, a Geografia seria um estudo da “variação de áreas”.

Com isso, Hartshorne substitui posteriormente o termo “diferenças” por “variações”, com a finalidade de evitar ambiguidades de interpretações e, conseqüentemente, incompreensões. Em sua análise, a Geografia tem por objeto proporcionar descrições e interpretações precisas, ordenadas e racionais do caráter variável da superfície terrestre.

No que diz respeito à essência das diferenciações de áreas, a leitura pragmatista de Hartshorne sobre o caráter variável da superfície da Terra,

[...] deixa de ser algo a ser ‘encontrado’, como que se estivessem ‘localizadas’ no espaço, para ser algo a ser construída pelo ‘olhar do pesquisador’ em acordo a determinados objetivos. Nestes termos, o olhar do pesquisador poderia ser, tanto do cientista acadêmico, como do governo dos EUA, do Pentágono, da CIA, das multinacionais etc. (GOMES; VITTE, 2014, p. 101).

Desse modo, o olhar do pesquisador está voltado à significância da diversidade dos fenômenos em uma dada área, competindo-lhe selecionar, usar e analisar aqueles que julgar imprescindíveis para se chegar ao objetivo principal da pesquisa geográfica: a compreensão das inter-relações entre os fenômenos que proporcionam o caráter variável de determinada área (SOUZA, 2014).

Todavia, ao adotar a diferenciação de áreas como categoria de análise geográfica neste estudo aceita-se sua abordagem metodológica de inter-relacionar e integrar os elementos constituintes do espaço geográfico, isto é, a Geografia Idiográfica. Por conseguinte, chega-se a uma visão sinótica da realidade das áreas de risco a acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos na área de abrangência da rodovia BR-101, a qual traspassa o território alagoano.

Considerada por muitos estudiosos, a visão pragmática e puramente metodológica de Hartshorne, confere a ele o status de responsável pela transição da Geografia Tradicional para a Nova Geografia (Teórica ou Quantitativa), tendo como princípio suas contribuições nesse campo do saber geográfico.

Cabe ressaltar que, durante a Segunda Guerra Mundial, pouco se discutiu sobre Geografia, e que a proposição hartshorniana de diferenciação areal coincidiu com o mesmo ano em que se iniciou tal evento bélico; em razão disso, as discussões foram postas em segundo plano e restritas ao território norte-americano (GOMES; VITTE, 2014).

Entretanto, foi após esse evento que a conceituação de Hartshorne ganhou terreno fértil, pois se desenvolveu apoiada nos recursos provenientes da Revolução Técnico-Científica Informacional, a qual proporcionou um avanço significativo e muito rápido de novas tecnologias, métodos e procedimentos, de modo a desencadear a Geografia Quantitativa.

Com base nisso, para a Geografia, foi de grande importância o desenvolvimento do computador, das tecnologias de Satélites que se desdobraram nos satélites de observação da terra e no sistema de posicionamento global. Estabeleceu-se, assim, o berço para o geoprocessamento e para os Sistemas de Informações Geográficas; nestes, as imagens de satélite tornaram-se uma rica fonte de dados e informações geográficas, ao unir-se a uma outra gama de dados espaciais, especialmente aquelas advindas da cartografia.

Nesse contexto, o objeto deste estudo: mapeamento das áreas de risco a acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos encontra respaldo teórico na essência metodológica do conceito de diferenciação de áreas de Hartshorne, bem como nos procedimentos computacionais desenvolvidos a partir de fórmulas matemáticas baseadas nos conceitos evoluídos pela Geografia Quantitativa.

Nessa perspectiva, a metodologia empregada faz uso de geoprocessamento, em que o estudo se apoia na análise de multicritérios. Esta se alicerça na investigação combinada de atributos espaciais e não espaciais, a fim de gerar um mapa síntese, como produto final.

Tal análise preceitua-se na integração ou combinação dos dados geográficos, construídos para esta finalidade, por meio do emprego de expressões matemáticas, o que configura o termo álgebra de mapas.

Esses atributos e dados geográficos são, na visão de Hartshorne, a “variação dos fenômenos” ou “fenômenos heterogêneos”. Entende-se por isso, como sendo estes os elementos constituintes de uma determinada área, por exemplo, o clima, o relevo, os solos, a vegetação, as plantações e as cidades. No geoprocessamento, esses fenômenos são denominados de “variáveis” ou “planos de informação”.

Essa abordagem teórica computacional respalda-se na visão hartshorniana de unicidade, isto é, “unidade-área” (*unit-area*). Câmara, Davis e Monteiro (2001, p. 3) a definem, baseados em Hartshorne, como um:

[...] elemento básico de uma sistemática de estudos geográficos, denominada pelo autor de “estudos de variação de áreas”. Na visão de Hartshorne, uma *unit-area* é uma partição do espaço geográfico, definida pelo pesquisador em função do objeto de estudo e da escala de trabalho, que apresenta características individuais próprias; estas “unidades de área” seriam a base de um sistema de classificação e organização do espaço. A partir da decomposição do espaço em “unidades de área”, o pesquisador poderá relacionar, para cada uma destas partições, as correspondentes características físicas e bióticas que a individualizam em relação a todas as demais

componentes do espaço.

De posse das variáveis, ou seja, das *unit-areas*, Hartshorne explica que a individualidade de cada área seria dada pela integração das diferentes unidades-áreas, tomadas em conjunto. Isso implica a integração dessas variáveis. Logo, a área de estudo possui vários processos integrados, para tornar-se uma fonte de inter-relações com múltiplas possibilidades, e permitir uma compreensão real e potencial da área estudada. Compete, porém, ao pesquisador, dentro do universo de possibilidade, escolher as variáveis necessárias para proceder à integração.

De acordo com Moraes (2007, p. 99), o método proposto por Hartshorne, de como se procede uma integração de várias unidades-áreas, é explicado da seguinte maneira:

[...] o pesquisador seleciona dois ou mais fenômenos (p. ex. clima, produção agrícola, tecnologia disponível), observa-os na área escolhida, relaciona-os. Seleciona outros (p. ex. topografia, estrutura fundiária, relações de trabalho), observa-os, relaciona-os; repete várias vezes este procedimento, tentando abarcar o maior número de fenômenos (tipo de solo, destinação da produção, número de cidades, tamanho do mercado consumidor, hidrografia etc.); uma vez de posse de vários conjuntos de fenômenos agrupados e inter-relacionados, integra-os inter-relacionando os conjuntos; repete todo este procedimento, com novos fenômenos, ou novos agrupamentos dos mesmos fenômenos, em conjuntos diferentes; afinal, integram-se, entre si, os conjuntos já integrados separadamente. Este processo pode ser repetido inúmeras vezes, até o pesquisador julgar suficiente para se compreender o caráter da área enfocada.

Com base nisso, fica claro que o procedimento acima exemplificado corresponde a um produto resultante de uma série de integrações simples ou diretas que são reintegradas repetidas vezes, quantas o pesquisador julgar necessárias, correspondendo, dessa forma, a integrações complexas.

## 2.5 Geoprocessamento e sistema de informação geográfica

As bases do que hoje é conhecido como análise espacial e sistemas de informações geográficas foram estabelecidas em duas passagens históricas que marcaram a revolução do geoprocessamento, tão difundido nos dias atuais.

A primeira, por volta de 1854, em Londres, quando um médico sanitário, de forma empírica, comprovou a hipótese de que a causa da epidemia de cólera e, conseqüentemente, dos óbitos, no bairro de Soho foi causada por uma fonte de água contaminada por esgoto, ao cruzar informações das localizações dos poços disponíveis no bairro e das casas onde houve registros de mortes (JOHNSON, 2011).

A segunda, a história recente mostra que teve seu nascedouro associado às questões ambientais no Canadá, durante a década de 1960, ao compor o programa governamental de

inventário digital dos recursos naturais desse país, mesmo enfrentando as limitações técnicas e tecnológicas da época, associadas ao elevado custo financeiro e de recursos humanos, pois a mão de obra era altamente especializada e cara. Registra-se, no entanto, que as primeiras tentativas aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, uma década antes (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

A partir desses dois fatos, combinaram-se os elementos necessários para se conceber o conceito embrionário do geoprocessamento, sendo: a) a análise espacial e b) os dados espaciais digitalizados. Assim, o termo se alicerça na aplicação de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Nesse sentido, Rosa (2004) esclarece que o geoprocessamento abrange todo o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e ao tratamento de dados e informações espaciais, bem como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações com diferentes níveis de sofisticação.

Já o sistema de informação geográfico (SIG), para Rosa e Brito (1996), corresponde ao principal componente do geoprocessamento, pois detém recursos de processamento e análise de dados espacializados que proporcionam o gerenciamento do espaço de maneira eficaz e acurada.

Partindo-se desses princípios, o geoprocessamento se resume apenas ao armazenamento eletrônico dos dados espaciais e a sua análise integrada (MOURA, 2000, p. 5), enquanto que os SIG potencializam a aquisição, elaboração e análise das informações, ao permitir formular previsões e soluções aos problemas que se apresentam nos estudos (SECONDINI, 1988).

Xavier da Silva (2001) define o termo geoprocessamento como um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre uma base de dados georreferenciados, de modo a transformá-la em informações relevantes, na medida em que os dados são considerados os registros de ocorrências de fenômenos espacializáveis e a informação corresponde ao conhecimento da realidade extraído dos dados.

O mesmo autor também define SIG como um conjunto de estruturas de armazenamento, recuperação e transformação de dados contidos numa base de dados geográficos.

Embora ambas definições possam parecer similares, o que as difere é o fato de que os SIG lidam diretamente com os dados, para tratá-los e os transformar em informação, ao passo

que o geoprocessamento trabalha sobre essas informações, transformando-as em conhecimento, a partir da integração dos planos de informação contidas no ambiente SIG.

Tal integração realizada por meio do geoprocessamento nas análises geográficas é legitimada pelos conceitos, métodos e técnicas construídos em volta do processamento computacional de dados espaciais cartografados na produção de conhecimentos de cunho geográfico, pois são representações do mundo real.

Diante disso, ressalta-se que o presente estudo adotou tanto o geoprocessamento quanto o SIG na análise do risco ambiental de acidentes envolvendo o transporte de produtos perigosos, em função da necessidade de direcionar o estudo na identificação e correlação das suas causas, de forma que se possa evitá-las, e dos efeitos dos danos ao meio ambiente, no sentido de minimizá-los.

### 3      **ÁREA DE ESTUDO**

O espaço geográfico possui materialidade e, por esse motivo, expressa-se numa determinada área da superfície terrestre, ou seja, possui uma circunscrição ou delimitação, mesmo que os elementos constituintes desse espaço possam ultrapassar os limites do concreto. Como o objeto dos estudos geográficos é o espaço problematizado, necessita-se que seja definido ou delimitado um recorte espacial a ele, não de maneira arbitrária, mas como necessidade metodológica diretamente arrolada aos pressupostos teóricos admitidos na pesquisa.

#### 3.1    **Delimitação da área de estudo**

No que concerne à delimitação da área do estudo em questão, foi adotado o conceito de Área de Interesse (*Area Of Interest - AOI*) ou Região de Interesse (*Region Of Interest - ROI*), a partir da visão do geoprocessamento. Entende-se isso como a circunscrição geográfica a qual o trabalho deve abranger, predefinida pelo pesquisador, a partir do objetivo e dos parâmetros analíticos do projeto, no qual o processamento computacional estará integralmente concentrado.

Por se tratar de um conceito elaborado entre a Geografia e a Informática, ele reúne em sua concepção maneiras de divisão espacial que utilizam procedimento computacional de limitar um determinado fenômeno ou tema com base na superfície compreendida dentro de um perímetro de um arquivo digital.

Essas delimitações, em ambiente SIG, também são chamadas de unidades geográficas de análise, ou seja, aquelas classificadas como bairro, região e município, por exemplo, bem como de unidades geométricas, tal qual polígono envolvente e *buffer*. A propósito, esta última, também definida como área de influência, área de entorno ou área de proximidade, corresponde a uma delimitação realizada a partir de uma geometria (objeto geográfico vetorial) de representação cartográfica (pontos, linhas ou polígonos) com uma distância pré-estipulada.

Dessa forma, de acordo com Davis (2000, p. 1), quando realizado em

[...] pontos, o *buffer* é simplesmente um círculo cujo raio é a distância desejada. Em linhas e polígonos, o *buffer* é construído a partir da união de *buffers* elementares, que são construídos ao redor de cada segmento e cada vértice. Estes *buffers* elementares são simplesmente círculos, ao redor dos vértices, e retângulos ao redor dos segmentos, com lados paralelos a estes.

Como foi explicitado, pelo fato de a definição de área de interesse ser a mesma de região de interesse, o procedimento: determinação da área de estudo, a partir de um recorte espacial com uso do conceito de *buffer*, fundamenta-se na visão da Geografia Quantitativa, a qual considera que, assim como a região, uma “área” também pode ser entendida como uma criação intelectual balizada por propósitos especificados.

O critério adotado para a determinação da extensão da área estudada corresponde à definição de “área de influência ambiental”, prevista no manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros que envolvem o transporte rodoviário de produtos perigosos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2005)<sup>5</sup>.

Assim sendo, o aludido órgão federal define essa área como de abrangência. Nela, pode haver a possibilidade de impactos ambientais negativos decorrentes de derramamentos de produtos perigosos ou alastramento de incêndios, de modo que possam atingir diretamente as comunidades/populações lindeiras e os ecossistemas. Nessa área de abrangência, podem estar presentes também os recursos físicos e humanos mais próximos, a fim de reter e combater, respectivamente, os efeitos de possíveis sinistros (DNIT, 2005).

Com o objetivo de delimitar espacialmente a área de influência ambiental, o referido manual determina que ela deve conter a área de influência direta da rodovia com distância máxima de 2 quilômetros a partir da sua faixa de domínio, o que envolve suas respectivas áreas não edificantes, de 15 metros, e as faixas de domínio, as quais variam de 20 a 100 metros em ambos os lados da via, respectivamente.

Todavia, cabe ressaltar que o mesmo manual deixa a critério dos órgãos ambientais e dos órgãos internacionais de investimento a delimitação da área de influência, nunca sendo inferior a 2 quilômetros, uma vez que podem existir áreas relevantes e sensíveis do meio ambiente que são mais suscetíveis a sofrer com o alcance do dano causado por possíveis derramamentos de produtos perigosos.

A partir do princípio da prevenção, em direito ambiental, o qual tem por objetivo o de impedir que ocorram danos ao meio ambiente, pela adoção de medidas cautelares de proteção ambiental e dos recursos naturais, foi definido pela “Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida aos Acidentes e Desastres de Origem Tecnológica e Natural no Estado de Alagoas” que o alcance da área de influência ambiental da rodovia BR-101 passasse de 2 para 5 quilômetros, por considerar a sua interseção com importantes bacias

---

<sup>5</sup> O manual se constitui em um instrumento básico de orientação, como um guia para a execução dos planos de ação de emergência para respostas imediatas a eventos acidentais envolvendo produtos perigosos nas rodovias.

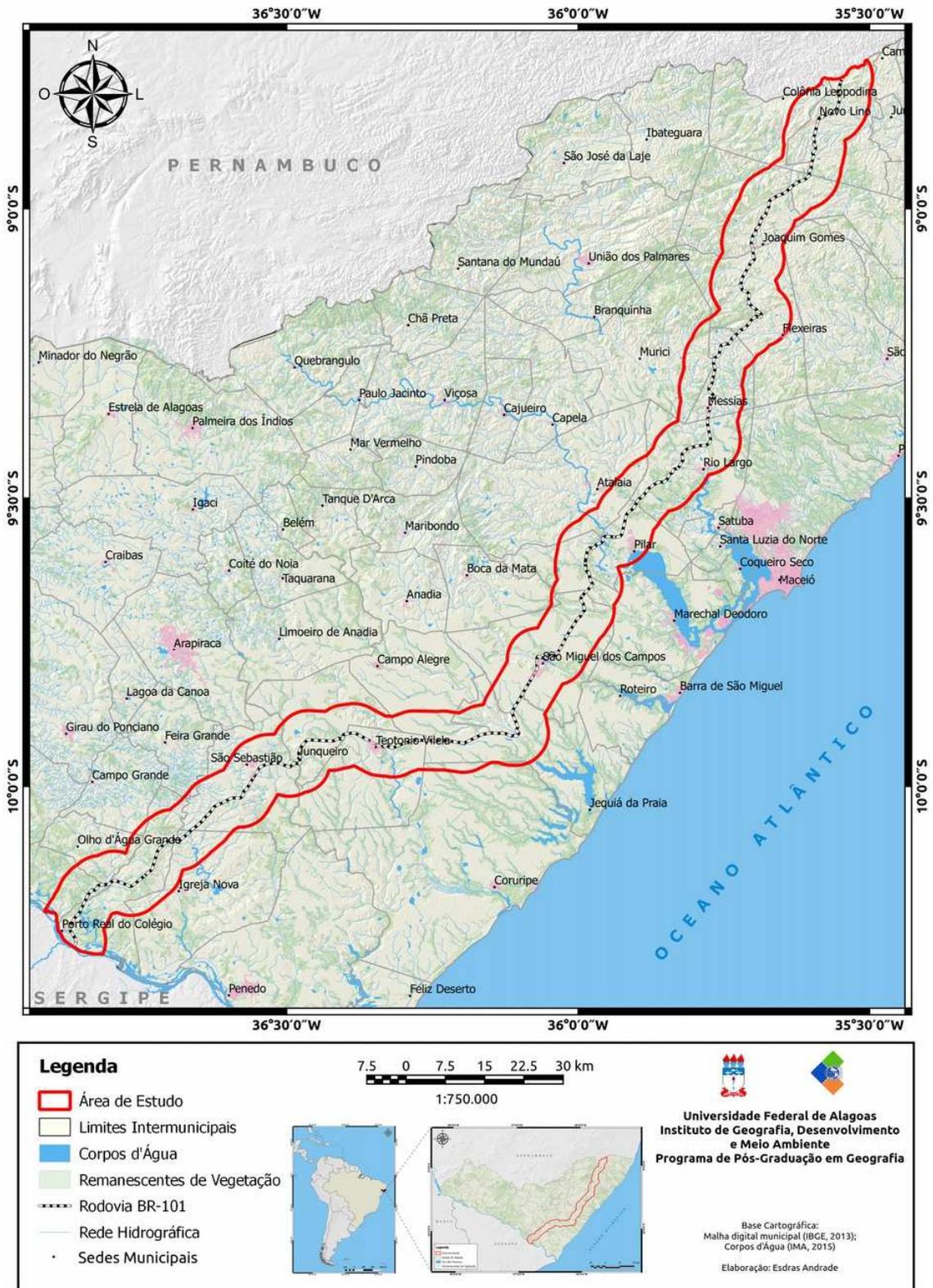
hidrográficas, como as dos rios Piauí, São Miguel, Paraíba do Meio, Mundaú e Manguaba, todas de grande relevância ambiental e econômica para o Estado.

### **3.2 Localização da área de estudo**

O presente trabalho adotou como área de estudo uma faixa de 5 quilômetros no entorno do trecho alagoano da rodovia BR-101, limitando-se ao norte na divisa dos municípios de Novo Lino/AL e Xexéu/PE, e, ao sul, na fronteira dos municípios de Porto Real do Colégio/AL e Propriá/SE (Figura 3).

A área estudada situa-se entre as coordenadas geográficas  $8^{\circ}50'26,42''$  e  $10^{\circ}15'23,97''$  de latitude sul ao paralelo do Equador e  $35^{\circ}34'54,33''$  e  $36^{\circ}52'24,33''$  de longitude oeste ao meridiano de Greenwich, estendendo-se por uma área de aproximadamente 237.067 hectares (2.370,67 km<sup>2</sup>). Essa área está circunscrita em um perímetro de 483,36 quilômetros, em sentido longitudinal, abrangendo 27 municípios situados na porção leste do estado de Alagoas, sendo eles: Campestre, Novo Lino, Colônia Leopoldina, Matriz de Camaragibe, Joaquim Gomes, São Luís do Quitunde, Flexeiras, Murici, Messias, Rio Largo, Pilar, Atalaia, Marechal Deodoro, São Miguel dos Campos, Boca da Mata, Jequiá da Praia, Campo Alegre, Junqueiro, Teotônio Vilela, Coruripe, São Sebastião, Feira Grande, Igreja Nova, Campo Grande, Olho d'Água Grande, São Brás e Porto Real do Colégio.

Figura 3 - Localização da área de estudo: buffer de 5 km no trecho da rodovia BR-101. Estado de Alagoas, Brasil.



Fonte: Autor (2016).

### 3.3 Características físico-ambientais

A caracterização da área da pesquisa sujeita-se à descrição básica e abrangente das características do meio físico em razão da sua exposição ao risco de danos ambientais provenientes de possíveis derramamentos/vazamentos de cargas perigosas frequentemente transportadas na referida rodovia, ao se considerar as principais feições identificadas nos mapeamentos provenientes de diversas fontes oficiais e em escalas diferentes, disponibilizadas pelo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas.

#### 3.3.1 Aspectos climáticos

De acordo com a classificação de Thornthwaite, o clima predominante na área estudada é do tipo quente e úmido, variando a Subúmido, determinado pela grande incidência de energia solar (cerca de 2.400 horas de sol) durante o ano, com insolação média mensal que varia de 5,7 a 6,2 horas/dia na estação chuvosa e de 9,3 horas/dia na estação seca.

Cerca de 47,63% da área estudada é abrangida pelo clima do tipo Subúmido. 32,74% da área sujeita-se ao clima Subúmido Seco e apenas 19,63% é influenciada pelo tipo climático úmido (EMBRAPA, 2012).

Para Barros et al (2012), isso favorece temperaturas relativamente elevadas, com médias anuais em torno de 24°C a 26°C, quando as precipitações pluviométricas variam entre 800 e 1.800mm/ano, marcadas pelo predomínio de ocorrência das chuvas nas estações de outono e inverno; os meses de abril a agosto são os mais frios e os meses de setembro e março, os mais quentes (ABREU, 1999).

#### 3.3.2 Aspectos hidrográficos

As bacias hidrográficas interceptadas pela área de estudo apresentam um padrão de drenagem dendrítico e exorreica formado por canais que variam de 1ª a 4ª ordens, tendo em seus vales morfologias diferenciadas para cada trecho de curso; geralmente, no alto curso há um vale em “V” bastante dissecado e fundo, estreito e agudo. No médio curso, as características se assemelham a anterior, porém com um fundo achatado e as margens mais largas e altas dos tabuleiros que os rodeiam. O baixo curso mostra-se na forma de uma baixada alargada, com vale em calha e leito raso e entulhado com fozes oscilantes.

Os riachos são paralelos, com regime de enxurradas de outono, inverno ou por chuvas ocasionais de primavera, e originam-se em uma estrutura monoclinal, entalhada, por ocasião dos movimentos eustáticos negativos que os levaram a tangenciar o nível do mar.

A área de estudo se estende em sentido transversal (Nordeste-Sudoeste), por 21 bacias hidrográficas, sendo nove delas de grande importância socioeconômica, inclusive para o abastecimento humano para o estado de Alagoas. É o caso das bacias hidrográficas dos rios Tibiri e Itiúba, no extremo sudoeste da área-alvo deste estudo, que contribuem diretamente com o rio São Francisco; dos rios Jequiá, São Miguel, Paraíba, Mundaú e Remédio, na porção central da área abrangida pelo estudo, que drenam suas águas para as lagoas Jequiá, Roteiro, Manguaba e Mundaú, respectivamente, sendo estas, dotadas de grande importância ambiental e, conseqüentemente, de relevantes recursos naturais que proporcionam fontes de sobrevivência e de renda para as populações tradicionais e para o turismo; e dos rios Piauí (centro-oeste) e Pratagy (centro-leste), considerados estratégicos devido ao fato de integrarem Áreas de Proteção Ambiental (APA).

O primeiro (Rio Piauí) abastece a várzea da Marituba, inserida na APA homônima, constituindo-se assim, de grande valia para o meio natural; já o segundo (Rio Pratagy) é parte integrante da APA de mesmo nome, pois detém o manancial que responde por 40% do abastecimento da cidade de Maceió (ALAGOAS, 2012).

Convém destacar que 143.776 hectares, ou seja, 52,73% da área de estudo está inserida em apenas 6 bacias hidrográficas: Boacica (8,17%); Camaragibe (10,50%); Coruripe (8,1%); Itiúba (8%); Jequiá (7,43%); Mundaú (11%) e Santo Antônio (7,6%). Na Tabela 1, é possível identificar as bacias hidrográficas e suas respectivas mensurações e participações espaciais na área estudada.

Em relação às outorgas de captação de água, na área da pesquisa, fornecidas para este estudo pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semarh), aproximadamente 75% correspondem à captação superficial, dos quais, 65% são para fins de irrigação, 9% para abastecimento industrial e apenas 4% para abastecimento humano.

**Tabela 1 - Mensuração das bacias hidrográficas contidas na área de estudo**

<b>Bacias Hidrográficas</b>	<b>Área Total da BH (ha)</b>	<b>Área da BH na Área de Estudo (ha)</b>	<b>Participação da BH na Área de Estudo (%)</b>
1 - Boacica	81.360,48	19.343,00	8,17
2 - Camaragibe	82.109,74	24.851,16	10,50
3 - Coruripe	169.918,93	19.119,62	8,08
4 - Estivas	3.521,81	8,46	0,004
5 - Itiúba	47.121,10	18.950,61	8,01
6 - Jacuípe	51.421,57	3.947,44	1,67
7 - Jequiá	82.440,17	17.583,18	7,43
8 - Manguaba	78.794,53	11.223,59	4,74
9 - Meirim	26.507,25	5.775,09	2,44
10 - Mundaú	413.140,56	26.034,81	10,99
11 - Niquim	13.534,49	25.08,69	1,06
12 - Paraíba	315.160,71	10.574,75	4,47
13 - Perucaba	64.024,07	7.019,99	2,97
14 - Piauí	111.508,10	11.409,78	4,82
15 - Poxim	40.798,01	9.447,93	3,99
16 - Pratygy	19.477,39	4.449,08	1,88
17 - Remédio	18.192,45	2.019,03	0,85
18 - Santo Antônio	93.116,53	17.893,41	7,56
19 - Sumaúma	40.505,06	13.213,77	5,58
20 - São Miguel	75.452,71	9.202,19	3,89
21 - Tibiri	13.084,30	2.160,49	0,91
<b>Totais</b>	<b>184.1189,93</b>	<b>236.736,07</b>	<b>100,00</b>

Fonte: EMBRAPA (2012)

### 3.3.3 Aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos

Esses aspectos são definidos a partir de seus elementos constituintes, dos quais são destacadas a Geologia, a Geomorfologia, a Hipsometria, a Pedologia e a Declividade, como representantes dos fatores endo e exógenos da formação do relevo e da fisiografia da paisagem.

Assim, a litologia da área de estudo é predominantemente dividida em três grandes unidades, que, juntas, correspondem a  $\frac{2}{3}$  da área estudada, sendo elas: Formação Barreiras (ENb), representando cerca de 38% da área analisada; o Complexo Nicolau-Campo Grande (APng), com aproximadamente 16%; e a Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3), com outros 13% de representatividade. De forma localizada e esparsada, são identificadas ainda outras unidades como a Unidade Macururê (NP2m2), o Complexo Belém do São Francisco (MP3bf), o Complexo Nicolau-Campo Grande (APn), a Formação Coqueiro Seco (K1cs), Formação Muribeca (K1mc), os Depósitos Fluvio-lagunares (Qfl), dentre outros.

De idade Plio-Pleistocênica, a Formação Barreiras (ENb) corresponde aos sedimentos formados na era geológica do Cenozóico, datados entre 15 e 10 milhões de anos antes do presente. São depósitos que se constituem de material não litificado, areno-argiloso

inconsolidado, de origem continental, disposto em camadas regularmente compactadas em acamamentos mal definidos, sendo a litologia composta por arenitos com matriz argilosa com intercalações subordinadas de argilas e siltitos, não litificados. Essa configuração geológica modela um relevo elaborado, formando, nesse caso, um tabuleiro, cujas altitudes variam entre 40 a 120 metros.

O Complexo Nicolau-Campo Grande (APng), incrustado na Província da Borborema, é basicamente composto pelas rochas granulíticas metamórficas, conhecidas como kingitos e paragneisses da era Neoproterozoica (com idade média de 2 milhões de anos), que afloram ao longo da paisagem.

Já a Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3) engloba um conjunto de rochas graníticas, também na Província da Borborema, originadas aproximadamente entre 500 e 700 milhões de anos, registrado, portanto, como do início do Cambriano (SOUSA JÚNIOR, 1999). É constituída a partir do principal evento magmático do Sistema de Dobramentos Nordeste, o magmatismo brasileiro (RIO GRANDE DO NORTE, 2006), o qual se caracteriza por possuir uma textura porfirítica grossa a muito grossa e constituída por megacristais de feldspato de até 10cm de comprimento.

Em relação à morfologia do relevo, há poucas diferenciações, com um predomínio da unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros, o que corresponde a 61% da abrangência espacial estudada. Essa geomorfologia se expressa numa faixa altimétrica de 50 a 100 metros, em média, e compreende uma superfície tabuliforme de origem sedimentar, correspondente ao período Neógeno (antigo período Terciário), cortados transversalmente por rios em cursos paralelos, o que confere variáveis graus de entalhamento, por vezes, com vales estreitos e encostas íngremes, por outras, com encostas suaves e fundos com várzeas alargadas.

Outra unidade geomorfológica que se destaca diz respeito às Encostas Orientais, que ocupam uma estreita faixa de terras na porção centro-norte do estado, abrangendo 19% da área pesquisada (EMBRAPA, 2012). É constituída pelo complexo cristalino do Planalto da Borborema, caracterizado por um extenso bloco estrutural de maciços falhados modelados em rochas cristalinas, com superfície dissecada com altitudes variando de 400 a 700 metros.

Essa unidade detém uma rede de drenagem densa a mediana, com entalhamento considerado de médio poder (BRASIL, 2014), e apresenta elevações íngremes ou escarpadas, as quais contêm extensos lageados de gnaiss e granitos, na constituição de seus contrafortes (EMBRAPA, 2012).

Dezesseis classes de solos foram identificadas na área de abrangência da pesquisa; no entanto, apenas três destas possuem relevância devido a sua representativa ocorrência na área

estudada (Figura 11). Elas correspondem aos Argissolos Amarelo (PA), Argissolos Vermelho-Amarelo (PvA) e ao Latossolo Amarelo (LA), os quais, somados, abrangem uma área de aproximadamente 144 mil hectares, o que corresponde a cerca de 80% da área objeto deste estudo.

Os Argissolos, ocorrem em todos os quadrantes brasileiros, desde o Rio Grande do Sul até o Amapá e do Acre até Pernambuco; de uma maneira geral, ocupam terrenos de relevos mais dissecados, levando-se em consideração os Latossolos (MANZATTO; FREITAS JUNIOR; PERES, 2002, p. 2).

Na área de estudo, esses Argissolos ocupam uma superfície de 151.970,43 hectares, o que representa 64,10% do total em questão. Eles são muito suscetíveis à erosão devido à presença de cascalhos, o que pode proporcionar deslizamentos de terra; nesse caso, são representados pelos Argissolos Vermelho-Amarelos devido a sua ocorrência nas encostas dos vales fluviais, nas bordas dos tabuleiros e nas rampas de colúvio. Quando localizados em áreas com declividade menos acentuada, são representados pelos Argissolos Amarelos, mais estáveis.

Dentre as características principais desses Argissolos, destaca-se a presença dos horizontes A e E eluvial, com baixa concentração de argila, o que promove uma rápida infiltração da água. O horizonte B possui alta concentração de argila, de modo a apresentar acúmulo de água durante longos períodos.

Já os Latossolos apresentam a maior representação geográfica no Brasil em relação aos demais tipos de solos. Em termos globais, estendem-se por cerca de 750 milhões de hectares, sendo que 300 milhões de hectares estão em território brasileiro. Na área de estudo, os Latossolos Vermelhos ocupam 15,61%, o que corresponde a aproximadamente 37 mil hectares.

Esses tipos de solos são profundos e porosos, considerados solos velhos e maduros cujos materiais que os compõem são os mais decompostos. Eles possuem textura média argilosa, e, atualmente, no local, encontram-se densamente utilizados pelas monoculturas. São considerados de formação antiga e evoluídos, de alta composição mineral, comuns nas áreas de clima tropical quente e úmido; foram formados a partir da ação do intemperismo nas rochas sedimentares pliocênicas. Esses Latossolos geralmente ocorrem em topografias planas e suaves ondulações, mas, nas áreas do cristalino, são encontrados em relevo desde ondulado a montanhoso. Ademias, eles possuem boas propriedades físicas: permeabilidade à água e ao ar, e, mesmo com alta porcentagem de argila, são porosos, friáveis, de baixa plasticidade.

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Adota-se, nesta pesquisa, o entendimento de Trujillo Ferrari (1974) de que o método científico se constitui num instrumento que ordena sistematicamente o pensamento, com o fim de definir, por conseguinte, os procedimentos a serem seguidos até se alcançar os objetivos preestabelecidos.

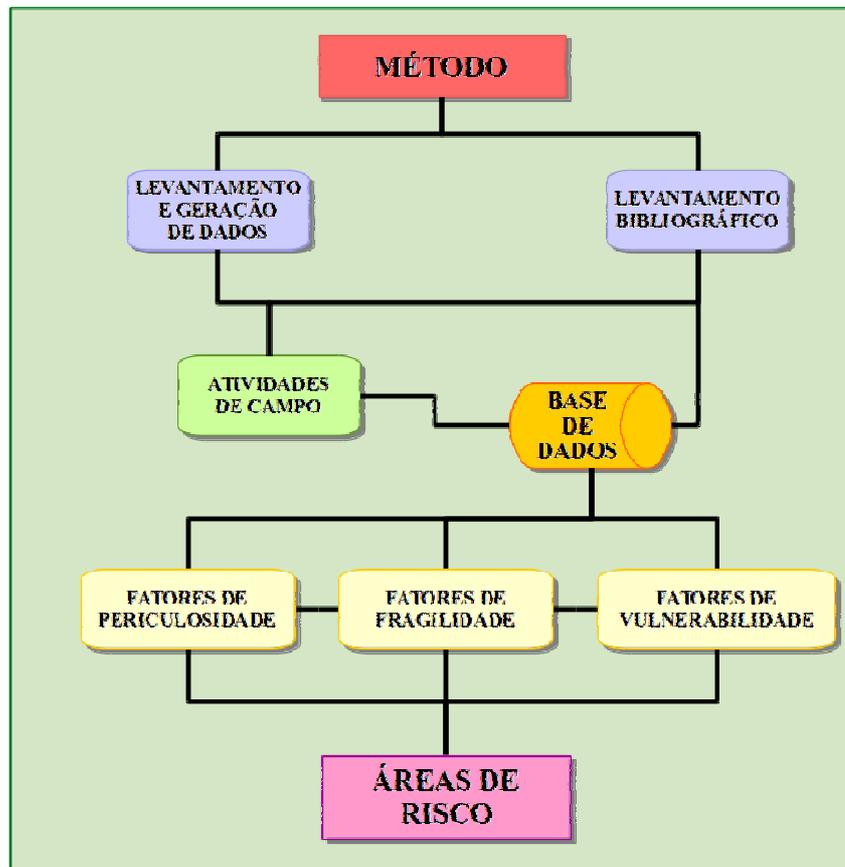
Acrescido a isso, e, considerando-se a natureza da Geografia de ciência de relações (GEORGE, 1986), os procedimentos fundamentaram-se teoricamente na visão pragmática e metodológica da diferenciação de áreas.

Para Moraes (2007), os conceitos-chave da diferenciação de áreas, elaborados por Hartshorne, foram os de “área” e de “integração”. Logo, uma dada área detém diversos processos integrados, de modo a tornar-se um provedor de possibilidades de inter-relações sem fim, para conferir à análise uma compreensão real da área estudada. Compete, porém, ao pesquisador, dentro do universo de possibilidades, escolher as variáveis necessárias para proceder à integração. Dessa forma, para essa abordagem, importa o *modus operandi* estruturado nos conceitos do tripé: análise ambiental, seleção de áreas e geoprocessamento (XAVIER DA SILVA; CARVALHO FILHO, 1993).

Nessa perspectiva, para a identificação de áreas de risco a acidentes com produtos perigosos, foram adotados procedimentos e técnicas operacionais, baseados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), no qual foram inventariados fatores de periculosidade, fragilidade e vulnerabilidade ambientais e humanas, para a observação dos diversos parâmetros que constituem a avaliação espacial da ocorrência dos danos provenientes de derramamento de produtos químicos perigosos.

A metodologia adotada na pesquisa envolveu, além do inventário e elaboração da base de dados físico-ambientais provenientes de fontes primárias e secundárias, o levantamento bibliográfico, com vistas ao embasamento teórico-conceitual no tratamento e na elaboração dos respectivos dados, e as atividades de campo, que objetivaram calibrar os planos de informação. A Figura 4 apresenta de forma simplificada as etapas do trabalho, as quais geraram os planos de informação que definiram o cartograma sinótico das áreas de risco.

Figura 4 - Fluxograma simplificado das principais etapas da pesquisa.



Fonte: Autor (2016).

#### 4.1 Materiais utilizados

Os procedimentos de análise foram desenvolvidos a partir da aquisição e geração dos dados, da construção da base de dados digital e da integração dos dados por geoprocessamento.

##### 4.1.1 Aquisição de dados

A aquisição dos dados se deu a partir de cartas planialtimétricas, imagens de satélite, arquivos vetoriais de órgãos públicos e de dados estatísticos de acidentes envolvendo veículos que transporta produtos químicos perigosos.

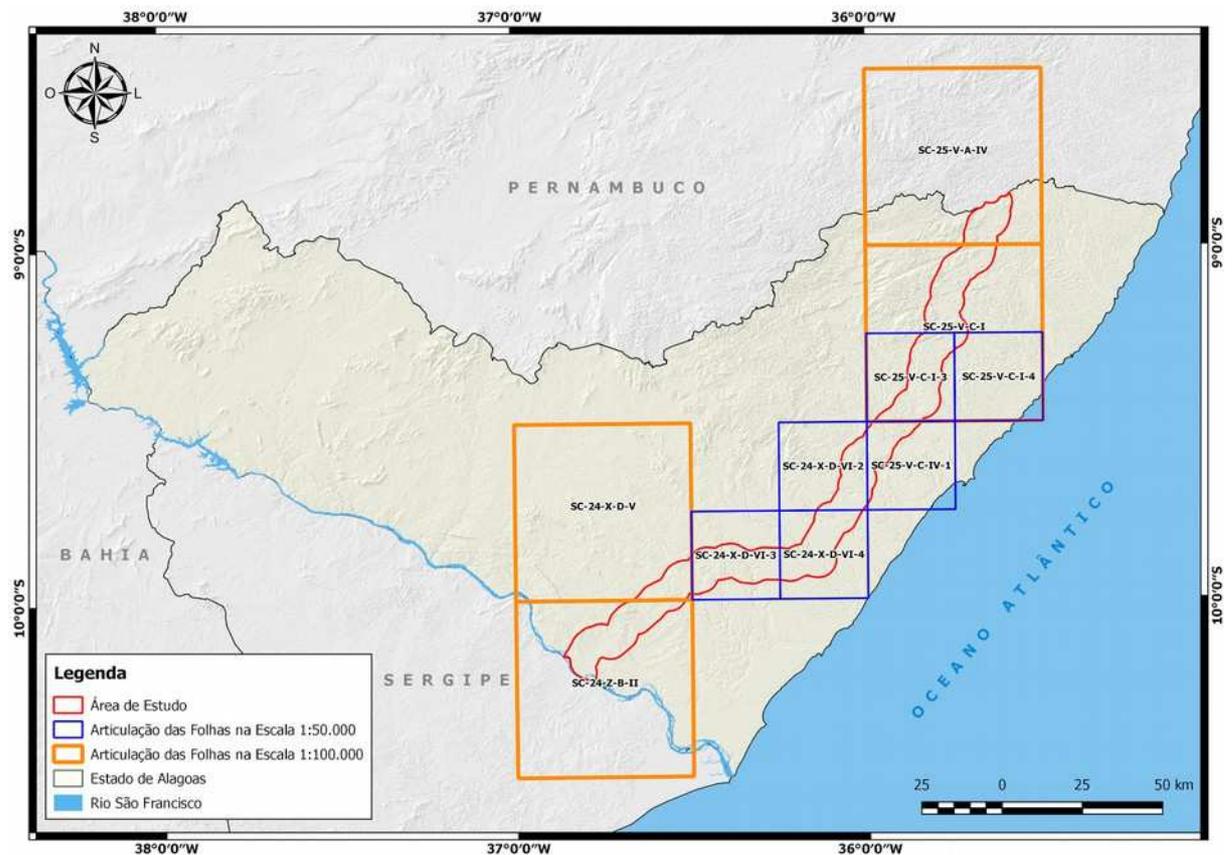
##### 4.1.1.1 Cartas topográficas

Assumiu-se como cartografia as cartas planialtimétricas elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1985), em escala de 1:50.000, folhas Rio Largo (SC-25-

V-C-I-3), São Luís do Quitunde (SC-25-V-C-I-4), Pilar (SC-25-V-C-I-1), Atalaia (SC-24-X-D-VI-2), Junqueiro (SC-24-X-D-VI-3) e São Miguel dos Campos (SC-24-X-D-VI-4) que abrangem aproximadamente 55% da área de estudo (Figura 5).

De forma complementar, também se adotou as cartas planialtimétricas da Sudene, em escala de 1:100.000, correspondentes às folhas Palmares (SC-25-V-A-IV), Rio Largo (SC-25-V-C-I), Arapiraca (SC-24-X-D-V) e Propriá (SC-24-Z-B-II)

**Figura 5 - Cobertura das cartas topográficas utilizadas**

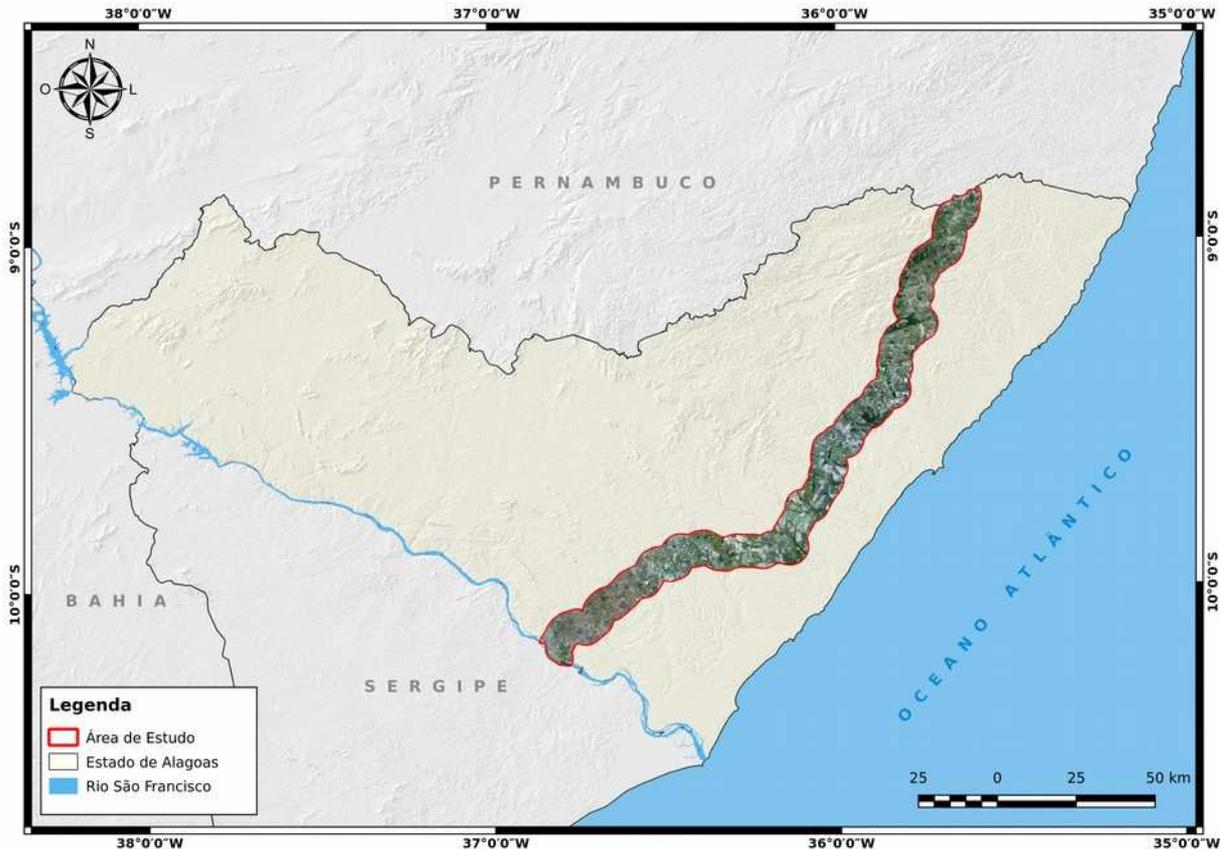


Fonte: Autor (2016).

#### 4.1.1.2 Imagens de satélite

Fez-se uso de imagens multiespectrais dos satélites RapidEye (Figura 6), com resolução espacial de 5 metros nas orto-imagens, sendo, portanto, compatível com a escala de 1:50.000.

Figura 6 - Mosaico das cenas do satélite RapidEye na área estudada.



Fonte: Autor (2016).

As cenas foram registradas no ano de 2011 e constam no acervo do Instituto de Meio Ambiente de Alagoas (IMA), mediante cessão por meio do Programa de Regularização Ambiental do Ministério do Meio Ambiente, contrato administrativo MMA nº 30/2012, datado em 28/11/2012 e integrantes do Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente através do Processo Nº 02000.002068/2011-10.

#### 4.1.1.3 Dados vetoriais

Constaram do acervo de arquivos vetoriais oriundos de diversos órgãos da administração pública, disponibilizados em suas páginas na internet em formato Esri Shapefile (.SHP), a saber:

- a) Precipitação Pluviométrica Média Anual do Estado de Alagoas. Parte constante do acervo digital do Zoneamento Agroecológico de Alagoas elaborado pela Embrapa Solos;

- b) Índice Xerotérmico do Estado de Alagoas. Elaborado pelo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas seguindo a metodologia de Assis (2015, p. 75) para os dados da Sudene (1990) de pluviometria e temperatura referentes à série de 1912 a 1990;
- c) Índice Efetivo de Umidade do Estado de Alagoas. Parte constante do acervo digital do Zoneamento Agroecológico de Alagoas elaborado pela Embrapa Solos;
- d) Temperatura Média do Ar do Estado de Alagoas. Parte constante do acervo digital do Zoneamento Agroecológico de Alagoas elaborado pela Embrapa Solos;
- e) Evapotranspiração potencial do Estado de Alagoas. Parte constante do acervo digital do Zoneamento Agroecológico de Alagoas elaborado pela Embrapa Solos;
- f) Focos de Queimadas contidos no Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para o estado de Alagoas;
- g) Pedologia do Estado de Alagoas. Parte constante do acervo digital do Zoneamento Agroecológico de Alagoas elaborado pela Embrapa Solos;

#### 4.1.1.4 Dados tabulares

Dados fornecidos em planilha eletrônica, formato .XLS, pelo Núcleo de Estatística (Nuest) da Polícia Rodoviária Federal (PRF), correspondente à quantificação realizada entre os anos de 2007 a 2015.

Dados fornecidos em planilha eletrônica, formato .XLS, pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (Semarh), referente às outorgas de uso da água, contendo a localização através de coordenadas geográficas no período de 2002 a 2016.

#### 4.1.2 Softwares adotados

Para a manipulação, conversão e integração dos dados, adotou-se o software livre QGIS, versão 2.14 associado ao aplicativo GRASS, versão 7.0.

Para o tratamento estatístico dos dados tabulares, foi utilizado a planilha eletrônica Calc, integrante da suíte de escritório, baseada em software livre, Libre Office, versão 5.2.

## 4.2 Metodologia

Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos em duas etapas, sendo a primeira relacionada às atividades de escritório e laboratório, no qual foram trabalhadas a coleção dos dados anteriormente relacionados.

E a segunda, dizem respeito aos trabalhos de campo, que foram realizados com a finalidade de dirimir dúvidas quanto aos mapeamentos, ajudando a equalizar discrepâncias taxonômicas, de forma e da extensão areal para as respectivas classes e, para calibrar as avaliações ambientais e respectivas análises posteriores. As incursões na área de estudo foram assistidas de receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e *tablet* contendo os planos de informações para localização e orientação em solo, respectivamente.

### 4.2.1 Dados obtidos e gerados

O manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (2005), estabelece alguns critérios para delimitação das variáveis dos meios físicos, bióticos e antrópicos na área de influência direta da rodovia, considerando os ecossistemas delimitados em função da extensão do alcance dos eventuais impactos decorrentes de possíveis acidentes com produtos perigosos, constituindo-se, assim, as variáveis definidoras para a análise.

Entretanto, alguns parâmetros, como neblinas e chuvas torrenciais, o aludido documento permite a interpretação e a possibilidade de adoção de outras variáveis.

Assim, objetivando delimitar as áreas de risco de acidentes com cargas perigosas, foram elencados 14 parâmetros pertinentes à área objeto, identificados como essenciais para a realidade local, os quais serão tratados e expostos em mapas temáticos. Abaixo, seguem relacionados e detalhados nas respectivas seções.

1. Intensidade Pluviométrica;
2. Declividade;
3. Índice de Sinuosidade da Rodovia;
4. Registros de Ocorrência de Sinistros na Rodovia;
5. Densidade da Rede de Drenagem;
6. Permeabilidade do Solo;
7. Uso da Terra e Cobertura Vegetal;

8. Proximidades para vulnerabilidades dos pontos de captação d'água;
9. Proximidades para vulnerabilidades dos assentamentos humanos;
10. Proximidades para vulnerabilidades das unidades de conservação;
11. Proximidades para vulnerabilidades dos corpos d'água;
12. Neblina Potencial;
13. Concentração de Focos de Queimadas;
14. Orientação de Vertentes

Diante disto, estes, se constituem na base de dados geográficos para posterior análise por geoprocessamento, retratados a seguir.

#### 4.2.1.1 Elaboração do cartograma de intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica é um parâmetro importante na avaliação do objeto estudado, porque, segundo Crepani et al (2001, p. 15):

[...] permite a quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem, pois situações de intensidade pluviométrica elevada, isto é, alta pluviosidade anual e curta duração do período chuvoso, podem ser traduzidas como situações onde a quantidade de água disponível para o “*runoff*” é muito grande, e, portanto, é maior a capacidade de erosão.

De acordo com o exposto acima, tal material erodido pode, dentre outras maneiras, carrear detritos para a via de rodagem ou, até mesmo, desestruturar o substrato da rodovia. Outras situações, ainda sob a égide da periculosidade, são verificáveis, uma delas é quando uma grande quantidade de chuva em pequeno espaço de tempo pode incidir na sobreposição de lâminas d'água sobre o asfalto, que podem interferir na condução dos veículos, além de atrapalhar a visibilidade dos condutores, o que acrescenta mais fatores de perigo ao risco analisado.

Portanto, para a elaboração desse cartograma, foram utilizados os dados vetoriais em formato Shapefile (.SHP) da Precipitação Pluviométrica Média Anual para o Estado de Alagoas e o Índice Xerotérmico do Estado de Alagoas.

O primeiro, é parte constante do acervo digital do Zoneamento Agroecológico de Alagoas, elaborado pela Embrapa Solos (BARROS et al, 2012); já o segundo foi elaborado pelo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas, seguindo a metodologia de Assis (2015, p. 75), para os dados da Sudene (1990) de pluviometria e temperatura referentes à série de 1912 a 1990.

Desta feita, por considerar o entendimento da definição desse índice que é uma medida de intensidade da seca, ou seja, uma mensuração dos dias efetivamente secos, visto que estima os dias sem chuvas, corrigido o efeito de umidade relativa do ar e dos dias de nevoeiro e orvalho, fez-se necessário manipular sua tabela de atributos para inverter os valores das faixas bioclimáticas (dias biologicamente secos), de forma que estas, com intervalos de 30 dias, com variação destes para até 180, correspondendo assim, ao inverso dos dias secos. O Quadro 2 exemplifica o exposto.

**Quadro 2 - Relação inversa entre o índice xerotérmico e as chuvas em meses.**

Dias Biologicamente Secos	Dias Com Chuvas	Meses com Chuvas
0 – 30	330	11
30 – 60	300	10
60 – 90	270	9
90 – 120	240	8
120 – 150	210	7
150 – 180	180	6

Fonte: Autor (2016).

Mediante ao fato, a construção do plano de informação referente à Intensidade Pluviométrica seguiu a definição de Crepani, Medeiros e Palmeira (2004), os quais afirmam que, para uma determinada área, o quociente do valor da pluviosidade média anual (em mm) e a duração do período chuvoso (em meses) resultam no aludido índice, e se expressa na seguinte fórmula:

$$IP = \frac{PMA}{(NDC/30)} \quad (1)$$

Onde:

IP = Intensidade Pluviométrica

PMA = Pluviosidade Média Anual

NDC = Número de Dias com Chuva

Convém salientar que o número de dias foi convertido em meses, dividindo-se o total de dias por 30. Dessa maneira, foram obtidas faixas de intensidade pluviométrica que variaram de 100 a 268 mm/mês, classificados em seis faixas com intervalos de 28 mm/mês, conforme pode ser conferido no Quadro 3.

**Quadro 3 - Intensidade pluviométrica.**

Faixa Pluviométrica (mm/ano)	Meses Chuvosos	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)
800 – 1100	8 – 9	100,00 – 128,00
1100 - 1400	7 – 11	128,00 – 156,00
1300 – 1800	8 – 11	156,00 – 184,00
1500 – 1800	8 – 11	184,00 – 212,00
1500 – 1800	7 – 8	212,00 – 240,00
1500 – 1600	6	240,00 – 268,00

Fonte: Autor (2016).

#### 4.2.1.2 Elaboração do cartograma de declividade

A declividade reflete a adequação da conformação topográfica tanto como fator influenciador de um acidente rodoviário, quanto catalisador das consequências de derramamento de produtos perigosos no meio. Por exemplo, declividades baixas podem reduzir a velocidade de escoamento de um produto químico em estado líquido, o que favorece a capacidade de infiltração e, conseqüentemente, a respectiva taxa de percolação no solo. Declividades mais altas tendem a aumentar a abrangência espacial e a velocidade do escoamento superficial de substâncias químicas, além de dificultar os acessos ao combate e mitigação dos danos.

Em virtude da ausência de dados de natureza altimétrica, na escala de 1:50.000, para toda extensão da área de estudo, o plano de informação correspondente à declividade foi elaborado a partir da vetorização das curvas de nível, com equidistância de 20 metros, para as cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50.000, e, com equidistância de 40 metros, para as cartas topográficas da Sudene na escala de 1:100.000.

Na tentativa de reduzir lacunas de pertinência cartográfica, as isolinhas coincidentes (múltiplas de 40), ambas escalas foram concatenadas em ambiente SIG, de maneira que se tornassem feições contínuas, sem descartar as não coincidentes (múltiplas de 20). Procedeu-se, em seguida, à interpolação pelo método de Rede Triangular Irregular (*Triangulated Irregular Network – TIN*), com vistas a gerar um Modelo Digital do Terreno (MDT) da superfície da área de estudo. Em seguida, a partir deste MDT, extraíram-se as curvas de nível com equidistância de 20 metros, uniformizadas para toda a área de estudo, as quais serviram para auxiliar a ampliação do nível de detalhe do mapa clinométrico.

Adotou-se o TIN, por considerar o relevo na área estudada como complexo, uma vez que estão presentes representações de áreas tanto escarpadas e dissecadas quanto as planas,

conforme se observa nas recomendações de Rocha (2007), uma vez que o interpolador modela as particularidades do terreno sem a necessidade de muitos dados, de modo a preservar suas características topográficas. Constata-se, nesse sentido, que o interpolador apresenta melhores resultados, principalmente em regiões onde há uma grande quantidade de dados de entrada, ou seja, concentração das curvas de níveis muito próximas, o que caracteriza as altas declividades (SOUZA et al, 2008).

Ressalta-se, nessa perspectiva, a preferência na utilização das curvas de nível na geração do MDT com referência à adoção de Modelos Digitais de Elevação, em função de questões como a resolução espacial inadequada deste último, uma vez que a melhor resolução disponível corresponde a 30 metros (Topodata, Aster GDEM e SRTM 30), sendo, portanto, resolução espacial compatível com a escala 1:150.000.

Tanto o MDT quanto o MDE são modelagens, ou seja, estimativas de representação da superfície terrestre, e, por assim serem, detêm erros topográficos. Porém, os modelos de terreno são preferíveis de serem usados, por sua representação se basear em dados coletados em nível do solo, ao passo que os modelos de elevação registram a altitude não somente do solo, quando desnudo, mas da vegetação, cultivos e edificações, de maneira a interferir negativamente na precisão do dado.

A partir disso, gerou-se a carta de declividade em percentuais, com o fim de se adaptar aos critérios de classificação da Embrapa (1979), para a área objeto (Quadro 4), a saber:

**Quadro 4 - Classes e intervalos da declividade.**

Classes de Declividade	Intervalos (%)
Plano	0 – 3
Suave Ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte Ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Forte Montanhoso	> 75

Fonte: EMBRAPA (1979).

#### 4.2.1.3 Elaboração do cartograma de índice de sinuosidade da rodovia

A sinuosidade, em estudos dessa natureza, é imprescindível, pois é um parâmetro que confere certo grau de dificuldade no controle de veículos, e contribui, dessa forma, como um fator de periculosidade a acidentes com produtos perigosos. Com isso, entende-se como necessária a inclusão do índice de sinuosidade da rodovia neste trabalho.

Assim, de acordo com Brasil (2008), o cálculo do índice de sinuosidade de rodovias é determinado pela somatória dos ângulos internos das curvas horizontais, enquanto que os valores de gradientes verticais podem ser obtidos pelas diferenças relativas entre distância percorrida e o deslocamento na vertical. No entanto, para tal, exige-se que o mapeamento tenha nível de detalhamento compatível com grandes escalas, por exemplo 1:5.000. Assim, a geração dos dados neste detalhe demandaria tempo demasiado e custos de licenciamento de softwares específicos para levantar e realizar as mensurações e cálculos do índice de sinuosidade, o que foge da realidade desta pesquisa.

Entretanto, foi adotada uma outra abordagem, adaptando-se à apresentada por Riccomini, Giannini e Mancini (2000), que serve para calcular o índice de sinuosidade dos cursos d'água; portanto, mais simplificada e que fornece valores próximos do método acima descrito. Esta técnica se baseia na razão entre o comprimento real (em projeção ortogonal) da rodovia e a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos da via, e se expressa na seguinte fórmula:

$$iS = \frac{Lr}{Lv} \quad (2)$$

Onde:

iS = Índice de Sinuosidade;

Lr = Comprimento Real do trecho da rodovia;

Lv = Comprimento em linha reta do trecho da rodovia.

Os referidos autores destacam que os índices com valores entre 1,0 e 1,25 indicam que o trecho tende a ser retilíneo; entre 1,25 e 1,5 indicam que o trecho tende a ser moderadamente sinuoso; entre 1,5 e 2,0 indicam que o trecho tende a ser sinuoso, e os valores superiores a 2,0 indicam que o trecho tende a ser demasiadamente sinuoso.

Mediante a esse fato, o trecho da rodovia BR-101, correspondente à área da pesquisa, foi dividida em 16 partes (Quadro 5), seguindo o critério de extensão predominante nos municípios pelo qual perpassa a rodovia. Logo, o valor do índice de sinuosidade é diretamente proporcional à área municipal afetada pela rodovia. Dessa forma, os trechos identificados com seus respectivos índices de sinuosidade foram:

**Quadro 5 - Índice de sinuosidade por município abrangido pela rodovia.**

Município	Índice de Sinuosidade	Classificação da Sinuosidade
Campestre, Novo Lino, Matriz de Camaragibe, Joaquim Gomes, São Luís do Quitunde, Murici, Messias, Rio Largo, Feira Grande, Campo Grande, Igreja Nova, Olho d'Água Grande, São Brás e Porto Real do Colégio	1,00 – 1,25	Retilíneo
São Miguel dos Campos, Teotônio Vilela, Junqueiro e São Sebastião	1,25 – 1,50	Moderadamente Sinuoso
Atalaia, Pilar, Marechal Deodoro, Jequiá da Praia, Campo Alegre e Coruripe	1,50 – 2,00	Sinuoso
Flexeiras	> 2,00	Demasiadamente Sinuoso

Fonte: Autor (2016).

#### 4.2.1.4 Elaboração do cartograma de ocorrência de sinistros

A espacialização da quantidade de Ocorrência de Sinistros envolvendo transporte rodoviário de produtos perigosos na rodovia BR-101 baseou-se nos dados fornecidos pelo Núcleo de Estatística (Nuest) da Polícia Rodoviária Federal (PRF) e corresponde à quantificação realizada entre os anos de 2007 a 2015.

Em virtude da indisponibilidade da localização, por meio de coordenadas geográficas, dos locais onde ocorreram, de fato, os eventos, estas representariam com relevante exatidão e acurácia os dados. Diante desse óbice, adotou-se como metodologia de mapeamento transferir os registros de ocorrências à poligonal dos municípios abrangidos pela área de estudo.

No total, foram registrados, ao longo dos nove anos, 31 acidentes com veículos transportando produtos perigosos no trecho em questão, sendo distribuídos da seguinte forma (Tabela 2):

**Tabela 2 - Ocorrência de acidentes com cargas perigosas por município entre 2007 e 2015.**

Municípios	Quantidade de Ocorrências	Quantidade Relativa (%)
Pilar	6	19,36
São Sebastião	5	16,13
Flexeiras	4	12,90
São Miguel dos Campos	4	12,90
Campo Alegre	2	6,45
Novo Lino	2	6,45
Porto Real do Colégio	2	6,45
Rio Largo	2	6,45
Teotônio Vilela	2	6,45
Jequiá da Praia	1	3,23
Messias	1	3,23
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2016)

#### 4.2.1.5 Elaboração do cartograma de densidade da rede de drenagem

A Densidade da Rede de Drenagem é uma boa indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de escoamento das águas superficiais. Definida por Horton (1945), ela expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água em quilômetros (sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) de uma determinada bacia hidrográfica e a sua área total em quilômetros quadrados, sendo, portanto, calculada a partir da seguinte expressão:

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (3)$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem

$\sum L$  = Somatório dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica (em km)

A = Área da bacia hidrográfica (em km<sup>2</sup>)

De acordo com Christofolletti (1979; 1980), o cálculo da densidade de drenagem compila em um único plano de informação o entendimento de outras áreas do conhecimento como a geomorfologia, o clima, os solos e o relevo, para fornecer uma visão sintetizada do todo, sendo, portanto, de grande importância como instrumento de análise da paisagem.

Na análise do risco envolvendo transporte rodoviário de produtos perigosos, a densidade de drenagem é de grande valia, pois pode influenciar no escoamento superficial dos produtos químicos, drenando-os para corpos d'água à jusante do local do sinistro.

Para Carvalho e Silva (2006), as bacias hidrográficas possuem densidades de drenagem com valores que variam de 0 a mais de 3,5, sendo qualificados, conforme descrito no Quadro 6:

**Quadro 6 - Tipos e classes de densidade da rede de drenagem**

Tipo de Densidade de Drenagem	Densidades (km/km <sup>2</sup> )
Densidade Baixa	< 0,5
Densidade Medianamente Baixa	0,5 – 1,5
Densidade Medianamente Alta	1,5 – 2,5
Densidade Alta	2,5 – 3,5
Densidade Demasiadamente Alta	≥ 3,5

Fonte: Carvalho e Silva (2006).

#### 4.2.1.6 Elaboração do cartograma de uso da terra e cobertura vegetal

De posse das cenas multiespectrais dos satélites RapidEye foi possível elaborar o plano de informação de Uso da Terra e Cobertura Vegetal.

A elaboração deste tema se deu através do processo de vetorização manual em tela usando o *software* QGIS, versão 2.14. A composição multiespectral adotada no processo de classificação foi ajustada para o RGB 321 (cores verdadeiras), respectivamente.

Cabe destacar que, em consequência da data de registro da imagem do satélite RapidEye coincidir com o período de colheita e rebrotamento da cana-de-açúcar, a assinatura espectral do alvo Pastagem confundiu-se com a do alvo Canavial em muitas partes da área de estudo, já que o solo pode ter sido coberto pelas folhas da gramínea ou estar em porte inicial de rebrotamento (inferior a 0,4 metro). Por esse motivo, utilizou-se de programa Google Earth PRO, versão 7.1 para dirimir dúvidas referentes aos tipos de uso e formas das feições, visto que as imagens nele contidas se apresentam em diversos trechos da área estudada em datas mais recentes.

#### 4.2.1.7 Elaboração do cartograma de neblina potencial

De acordo com o manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos do DNIT (2005), o parâmetro correspondente aos aspectos do meio físico, a neblina, consta como fator meteorológico, e, devido a sua significância probabilística como causador de acidentes, deve ser considerado e espacialmente representado.

Embora não tenha sido possível obter dados geográficos sobre a ocorrência de neblina para a área de estudo, adotou-se como plano de informação o mapa de Neblina Potencial, por se considerar que o processo de formação de neblina é consequência da relação existente entre umidade do ar, temperatura e evapotranspiração (HUBERT; MENDONÇA, 1990).

Convém salientar que se trata de uma solução genérica, uma vez que, para a formação de neblina, são levados em consideração outros elementos constituintes nesse processo, como a pressão, por exemplo. Além do mais, existem quatro tipos de formação deste fenômeno, como a de radiação, de advecção, montanha acima (*upslope fog*) e de evaporação e mistura.

Assim, o procedimento adotado consistiu no cruzamento dos planos de informação de: a) índice efetivo de umidade; b) temperatura média do ar; e c) evapotranspiração potencial, integrantes da base de dados geográficos da Embrapa (2012) no âmbito do convênio da Secretaria de Estado da Agricultura, Pesca e Aquicultura – Seagri-AL/Embrapa Solos. Tal procedimento foi realizado em ambiente SIG, no qual as classes resultantes foram agrupadas

com base nas proximidades dos valores das notas, as quais foram nominadas como Baixo, Médio e Alto Potenciais de ocorrência de neblinas e expostos em cartograma digital.

#### 4.2.1.8 Elaboração do cartograma de concentração dos focos de queimadas

De acordo com o manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos do DNIT (2005), um dos parâmetros correspondentes aos aspectos do meio físico, a fumaça proveniente de queimadas sazonais em áreas agrícolas, consta como fator causador de acidentes, o qual deve, portanto, ser considerado e representado espacialmente.

Além do mais, no estado de Alagoas, cerca de 80% do traçado da rodovia BR-101 está situado predominantemente em áreas agrícolas (pastagens e canaviais), nas quais a produção de fumaça decorrente de queimadas sazonais constitui-se em uma grande ameaça à condução de veículos na rodovia, em face da barreira apresentada à visibilidade do entorno.

Ao considerar a importância da representação cartográfica desse fenômeno, postulou-se a modelagem de dispersão da fumaça, entretanto, segundo Tavares (2009), Eagleman (1991), Benson (1989) e Taseiko et al. (2009), na avaliação de dispersão de poluentes atmosféricos, são considerados fatores como o relevo da região analisada, a rugosidade do terreno, o tipo de uso do solo, as condições meteorológicas como nebulosidade, pluviosidade, altura da camada de mistura da atmosfera, temperatura, pressão e estabilidade atmosférica, direção e velocidade dos ventos predominantes, além do tipo e quantidade de fonte emissora.

Ao considerar a complexidade de modelagem da dispersão de particulados em função da esfancada largura da área de estudo, não seria possível representar geograficamente o fenômeno em questão, uma vez que, para ser representado, carece de uma faixa de abrangência maior, visto que os valores estimados diminuem em até 90% do ponto central da fonte emissora em direção às bordas (TAVARES, 2009).

Assim sendo, para a elaboração de um plano de informação que figurasse no rol de cartogramas digitais da avaliação, adotou-se a técnica de mapa de calor (*heatmap*). Esta técnica se fundamenta no método geoestatístico de estimativa de curvas de densidade.

Esse método se torna uma opção simples e eficaz na análise do comportamento geográfico dos pontos, com base na sua localização e proximidades, estimando-se, portanto, sua intensidade na área de interesse. Câmara et al. (2002) explicam que essa técnica se dá em função da contagem de todos os pontos em uma determinada área de influência, ponderando-os pela distância de cada um em relação à localização de interesse.

Para esse fim, foram utilizados os dados do Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no endereço eletrônico: <http://goo.gl/2qcNVe>. Esses dados correspondem às geolocalizações dos focos de queimadas e foram baixados no formato Shapefile (.SHP) para o estado de Alagoas, sendo modelados em seguida na plataforma QGIS.

Para se chegar a esse cartograma, fez-se necessário adotar uma função e um raio de influência, os quais definem a vizinhança do ponto a ser interpolado, e controlam, assim, a suavização do modelo gerado.

Cabe dizer que a definição do raio de influência determina a espacialização das curvas estimadas, de modo que, para Soares e Braga (2012), com a determinação de um raio muito grande a superfície parecerá homogênea, amaciada; neste, as características locais serão ocultadas, ao passo que, para um raio pequeno, a superfície tenderá a picos concêntricos, gerando uma superfície descontínua.

Todavia, buscando o meio termo neste estudo, foi determinado um raio de influência de 5 quilômetros, fundamentado na média das distâncias registradas por Mariano (2006) na simulação numérica da dispersão de nanoparticulados liberados pelo antigo lixão de Maceió, mediante combustão dos resíduos sólidos, para as estações seca e chuvosa. A função algorítmica utilizada foi a quártica (biponderada), pois a sua vantagem em relação às demais funções se dá no processo da interpolação, ao atribuir pesos maiores para os pontos mais próximos do que para os pontos mais distantes, o que permite, dessa maneira, um decrescimento gradual e harmonioso.

Assim, obteve-se como resultado o mapa de concentração dos focos de queimadas, no qual foi estabelecida uma legenda contendo três classes, para representar a densidade dos pontos por raio determinado para cada ponto. Com isso, as classes foram agrupadas da seguinte maneira: a) inferiores a 15 pontos; b) entre 15 e 30 pontos; e c) superiores a 30 pontos.

#### 4.2.1.9 Elaboração do cartograma de permeabilidade dos solos

A Permeabilidade do Solo é a capacidade que o solo tem de deixar passar ar através do seu perfil (CAPUTO, 1996), de maneira a indicar a maior ou menor facilidade da percolação de fluidos nas camadas mais profundas do solo. Isso depende principalmente do tamanho e arranjo dos grãos componentes do solo, do índice de vazios, das características do fluido que percola e da temperatura. Quanto menor for o diâmetro das partículas, menores serão, também,

os canais de fluxo em seu interior e, conseqüentemente, menor a permeabilidade (DAS, 2007). A quantidade de matéria orgânica diminui a permeabilidade excessiva dos solos arenosos; nos solos argilosos, o contrário, aumenta a permeabilidade devido à agregação dos grãos em grumos desenvolvidos e estáveis, o que resulta em poros maiores (BRASIL, 2004).

A função da permeabilidade do solo na avaliação do problema estudado, se dá em virtude da textura dos seus respectivos tipos de solos, considerando-se o risco de o lençol freático ser atingido por produto perigoso, em caso de acidente.

As classes de solos foram reclassificadas de acordo com sua textura (Quadro 7), levando em consideração as suas respectivas descrições no Manual Técnico de Pedologia (BRASIL, 2015) e no Relatório Técnico do Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Alagoas, integrante do Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2012).

**Quadro 7 - Classes de permeabilidade dos solos a partir das texturas dos tipos de solos.**

Classes de Solos	Textura dos Solos	Permeabilidade dos Solos
Argissolo Acinzentado (PAC)	Arenosa e Média	Média
Argissolo Amarelo (PA)	Média	Média
Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)	Areno-argilosa	Média
Argissolo Vermelho (PV)	Argilosa	Baixa
Cambissolo Flúvico (CY)	Argilosa	Baixa
Espodossolo Ferrihumilúvico (ESK)	Arenosa	Alta
Gleissolo Háptico (GX)	Argilosa e Média	Média
Latossolo Amarelo (LA)	Argilosa e Muito Argilosa	Muito Baixa
Latossolo Vermelho (LV)	Média	Média
Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)	Argilosa	Baixa
Luvissolo Crômico (TC)	Arenosa e Média	Média
Neossolo Flúvico (RY)	Arenosa	Alta
Neossolo Litólico (RL)	Média a Arenosa	Alta
Planossolo Háptico (SX)	Média e Média Argilosa	Média

Fonte: Autor (2016).

#### 4.2.1.10 Elaboração do cartograma de orientação de vertentes

A Orientação de Vertentes corresponde à expressão do ângulo horizontal da máxima declividade das encostas, para definir o sentido preferencial pelo qual os fluidos devem percorrer para as cotas mais baixas através do escoamento superficial (ARRUDA; BARRETO, 2012). Esses ângulos se expressam em relação ao Norte Geográfico, em sentido horário, com intervalos de 45° até o limite de 360°, correspondendo aos pontos cardinais, classificados da

seguinte forma: Norte (0° ou 360°), Nordeste (45°), Leste (90°), Sudeste (135°), Sul (180°), Sudoeste (225°), Oeste (270°) e Noroeste (315°).

Esse mapa temático foi considerado no rol dos planos de informação para a avaliação dos graus de risco a acidentes com produtos perigosos devido a sua importância associativa a outros cartogramas como a declividade e a permeabilidade dos solos, uma vez que é considerado como um atributo primário de relevo e a ele estão associados fatores importantes como a insolação e a umidade do solo (CHAGAS, 2006; MOORE et al, 1993). Por exemplo, na região Nordeste do Brasil, há uma predominância da insolação nas vertentes Norte, Nordeste e Leste; logo, os solos nessas vertentes apresentam uma elevada evapotranspiração e, conseqüentemente, baixo teor de água. Essas nuances podem influenciar significativamente não somente na direção de escoamento dos produtos perigosos, em caso de acidentes, mas também na sua percolação.

O referido mapa foi elaborado a partir do Modelo Digital do Terreno, com resolução espacial de 10 metros, compatível com a escala de 1:50.000.

#### 4.2.1.11 Elaboração do cartograma de proximidades para áreas críticas

Os mapas de Proximidades Para Áreas Críticas são compostos a partir do estabelecimento de níveis de criticidade para os diferentes fatores naturais ou antrópicos, sujeitos a sofrerem diretamente o primeiro impacto ao dano causado por produtos perigosos, sejam eles através de escoamento de líquidos, sejam pela dispersão eólica de gases, vapores e fumaças ou alastramento de fogo.

Esses mapas foram elaborados usando o geoprocesso *Buffer* na definição das faixas paralelas às áreas consideradas vulneráveis, neste trabalho, o que corresponde aos Assentamentos Humanos, aos Pontos de Captação d'Água, às Unidades de Conservação e aos Corpos d'Água abrangidos pela área de estudo.

A definição de níveis de criticidade levou em consideração a distância máxima de isolamento e proteção inicial do *Emergency Response Guidebook* (2016) para os produtos químicos catalogados neste guia, a partir da contabilização e percentagem dessas substâncias transportadas em veículos que se envolveram em acidentes entre os anos de 2007 e 2015 (Tabela 3).

Para esses produtos químicos, a distância máxima verificada corresponde a 1.600 metros para o pior cenário possível, que se dá em casos de grandes derramamentos (provenientes de um tanque grande ou de diversas embalagens pequenas) e em período

noturno. Essa distância indica a maior probabilidade de um alvo ser afetado durante os primeiros 30 minutos após o início do derramamento.

**Tabela 3 - Classificação e participação dos tipos de produtos perigosos envolvidos em acidentes.**

<b>Cód. ONU</b>	<b>Classes de Risco</b>	<b>Qtd. Veículos</b>	<b>%</b>
1075	2.1 – Gases Inflamáveis	2	6,45
1073	2.2 – Gases Não Inflamáveis e Não Tóxicos	2	6,45
2187			
1017	2.3 – Gases Tóxicos	1	3,23
1170	3 – Líquidos Inflamáveis	16	51,61
1202			
1203			
1223			
1263			
1266			
1267			
1301			
1992			
2055			
1944	4.1 – Sólidos Inflamáveis	1	3,23
1748	5.1 – Substâncias Oxidantes	1	3,23
2078	6.1 – Substâncias Tóxicas	1	3,23
1824	8 – Substâncias Corrosivas	3	9,68
2586			
2794			
3082	9 – Substâncias Perigosas Diversas	4	12,90
<b>Totais</b>		<b>31</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016) a partir de Polícia Rodoviária Federal (2016)

Essa distância de 1.600 metros foi compartimentada em intervalos de 400 metros até o seu núcleo, indicando, assim, os níveis de vulnerabilidade (Quadro 8) dos entes estabelecidos para a pesquisa, o que equivale às classes Vulnerabilidade Muito Alta (Área ou Ponto Crítico), Vulnerabilidade Alta (Até 400m), Vulnerabilidade Média (400m – 800m), Vulnerabilidade Baixa (800m – 1200 m), Vulnerabilidade Muito Baixa (1.200m – 1600 m), a fim de permitir uma avaliação hierarquizada dos riscos.

**Quadro 8 - Distâncias para as áreas críticas.**

<b>Distâncias</b>	<b>Níveis de Vulnerabilidade</b>
Áreas ou Pontos Críticos	Muito Alta
0 – 400 m	Alta
400 – 800 m	Média
800 – 1200 m	Baixa
1200 – 1600 m	Muito Baixa

Fonte: Autor (2016).

Com base no exposto, os cartogramas elaborados a partir dessa definição foram: a) Proximidades para Assentamentos Humanos; b) Proximidades para Unidades de Conservação; c) Proximidades para Pontos de Captação d'Água; d) Proximidades para Corpos d'Água, tratados a seguir.

#### 4.2.1.12 Elaboração do cartograma de proximidades para assentamentos humanos

Considerou-se o conceito de localidades estabelecido pelo IBGE (no endereço eletrônico <http://goo.gl/qvsih0>), as quais podem ser conceituadas como sendo todo lugar do território nacional onde exista um aglomerado permanente de habitantes. Assim, são divididas nos seguintes tipos:

1. Cidade – Localidade com o mesmo nome do Município a que pertence (sede municipal) e onde está sediada a respectiva prefeitura;
2. Vila – Localidade com o mesmo nome do Distrito a que pertence (sede distrital) e onde está sediada a autoridade distrital, excluídos os distritos das sedes municipais;
3. Aglomerado Rural – Localidade situada em área não definida legalmente com urbana e caracterizada por um conjunto de edificações permanentes e adjacentes, formando área continuamente construída, com arruamentos reconhecíveis e dispostos ao longo de uma via de comunicação;
4. Aglomerado Rural de extensão urbana – Localidade que tem as características definidoras de Aglomerado Rural e está localizada a menos de 1 km de distância da área urbana de uma Cidade ou Vila. Constitui simples extensão da área urbana legalmente definida;
5. Aglomerado Rural isolado – Localidade que tem as características definidoras de Aglomerado Rural e está localizada a uma distância igual ou superior a 1 km da área urbana de uma Cidade, Vila ou de um Aglomerado Rural já definido como de extensão urbana;
6. Povoado – Localidade que tem a característica definidora de Aglomerado Rural Isolado e possui pelo menos 1 (um) estabelecimento comercial de bens de consumo frequente e 2 (dois) dos seguintes serviços ou equipamentos: 1 (um) estabelecimento de ensino de 1º grau em funcionamento regular, 1 (um) posto de saúde com atendimento regular e 1 (um) templo religioso de qualquer credo. Corresponde a um aglomerado sem caráter privado ou empresarial ou que não está vinculado a um único proprietário do solo, cujos moradores exercem atividades

econômicas quer primárias, terciárias ou, mesmo secundárias, na própria localidade ou fora dela;

7. Núcleo – Localidade que tem a característica definidora de Aglomerado Rural Isolado e possui caráter privado ou empresarial, estando vinculado a um único proprietário do solo (empresas agrícolas, indústrias, usinas, etc.);
8. Lugarejo – Localidade sem caráter privado ou empresarial que possui característica definidora de Aglomerado Rural Isolado e não dispõe, no todo ou em parte, dos serviços ou equipamentos enunciados para povoado;
9. Propriedade Rural – Todo lugar em que se encontre a sede de propriedade rural, excluídas as já classificadas como Núcleo;
10. Local – Todo lugar que não se enquadre em nenhum dos tipos referidos anteriormente e que possua nome pelo qual seja conhecido.

Além destes, foram consideradas, ainda, as unidades domiciliares isoladas que não se enquadram em nenhum dos tipos de localidades acima mencionados.

#### 4.2.1.13 Elaboração do cartograma de proximidades para unidades de conservação

A área de estudo tem interferência direta em 12 unidades de conservação da natureza (UC), regulamentadas pela Lei Federal 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, divididas nas categorias de Proteção Integral e de Uso Sustentável (Quadro 9).

As Unidades de Proteção Integral têm por objetivo básico a preservação da natureza, com vistas à manutenção dos ecossistemas livres das ações antrópicas, admitindo-se apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.

As Unidades de Uso Sustentável têm por objetivo compatibilizar a conservação da natureza e o uso sustentado de uma parcela dos seus recursos naturais, para garantir, assim, a sua perenidade e a dos processos ecológicos, e manter a biodiversidade e os demais atributos ecológicos de forma economicamente viável e socialmente justa.

**Quadro 9 - Unidades de conservação abrangidas pela área de estudo.**

Categoria de UC	Tipologia de UC	Nome da UC	Administração
Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental (APA)	Murici	Estadual (IMA)
		Pratagy	
	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Estrela do Sul	
		Madeiras	
		Mata do Cedro	
		Papa Mel	
		Porto Alegre	
		Santa Maria	
		Reserva Gulandim	Federal (ICMBio)
		Fazenda Santa Tereza	
		Fazenda São Pedro	
Proteção Integral	Estação Ecológica (ESEC)	Murici	

Fonte: Autor (2016) a partir de INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE ALAGOAS (2014).

Diante disso, as tipologias de unidades de conservação têm objetivos específicos, sendo que as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) são áreas privadas, registradas em cartório com título de perpetuidade da UC, não podendo, assim, deixar de sê-la, e tem como objetivo a conservação da diversidade biológica.

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) são, geralmente, áreas extensas que admitem até um certo grau a ocupação humana. São dotadas de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e têm como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o uso e a ocupação do solo, assegurando a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

As Estações Ecológicas (ESEC) são áreas constituídas de terras públicas que têm como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas.

#### 4.2.1.14 Elaboração do cartograma de proximidades para pontos de captação d'água

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidos no inciso III, do art. 5º da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Os pontos de captação de água correspondem aos registros georreferenciados das outorgas de direito de uso dos recursos hídricos, disponibilizadas pela Secretaria de Estado de

Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (Semarh) para os recursos de jurisdição estadual, referente ao período de 2001 a 2016, e, pela Agência Nacional de Águas (ANA), referente ao período compreendido entre 2011 a 2015 para os corpos d'água de domínio da União.

Ao todo, foram registrados 378 pontos de captação de água para as finalidades de usos na irrigação (65%), na indústria (13%) e para o consumo humano (4%).

#### 4.2.1.15 Elaboração do cartograma de proximidades para corpos d'água

Os corpos d'água considerados neste estudo correspondem aos rios com largura superior a 10 metros, contidos na área de estudo (rio São Francisco, rio São Miguel, rio Paraíba do Meio, rio Mundaú e rio Camaragibe), aos reservatórios/barragens (Boacica, em Igreja Nova e usina Cachoeira), às lagoas, à laguna Manguaba, e aos açudes e barreiros.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados parciais ora apresentados nesta seção dizem respeito às planimetrias das variáveis selecionadas e as suas respectivas integrações para a obtenção do mapa sinótico de riscos ambientais.

### **5.1 Resultados parciais**

#### **5.1.1 Planimetria das variáveis selecionadas**

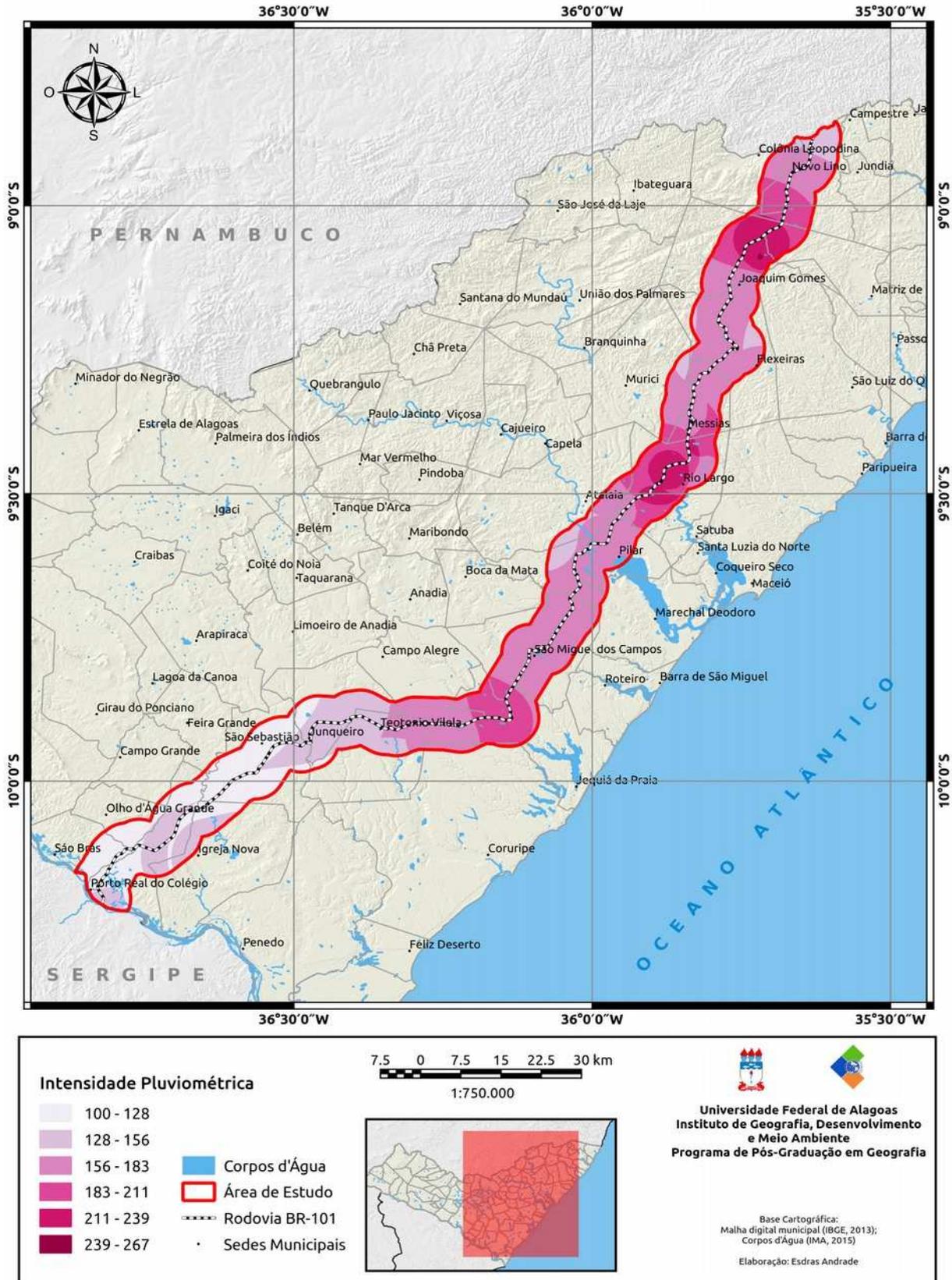
Os resultados parciais apresentados a seguir, correspondem às mensurações realizadas nos catorze planos de informações gerados até a presente etapa da pesquisa. Essas informações ajudaram na fase seguinte do estudo, que corresponde à avaliação ou integração dos planos de informação, no qual foram atribuídos pesos aos temas integrantes e notas às classes constituintes a esses temas.

##### **5.1.1.1 Planimetria do mapa de intensidade pluviométrica**

A categoria 156-184mm/mês do mapa de intensidade pluviométrica detém a maior representação espacial na área de estudo com 101.132,01 hectares, o que representa 42,66% de sua superfície (Tabela 4).

Ela se expressa territorialmente em quatro partições principais, sendo a primeira compreendida na porção centro-oeste, que abrange, predominantemente, partes dos municípios de Teotônio Vilela e Campo Alegre. A segunda fração é a mais extensa e se situa no centro da área de estudo; abrange, preponderantemente, os municípios de São Miguel dos Campos, Boca da Mata, Pilar e Atalaia. A terceira fração é considerada a segunda mais extensa, localizando-se no centro-norte da área estudada e abarcando partes dos municípios de Messias, Flexeiras, Murici e Joaquim Gomes. Por fim, o último e menor trecho fixa-se no extremo norte da área analisada. Estende-se, principalmente, sobre as plagas municipais de Novo Lino e Colônia Leopoldina (Figura 7).

Figura 7 - Intensidade pluviométrica



Fonte: Autor (2016).

**Tabela 4 - Planimetria da intensidade pluviométrica**

<b>Classes (mm/mês)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
100 - 128	40.568,25	17,11
128 - 156	44.399,47	18,73
156 - 184	101.132,01	42,66
184 - 212	36.660,60	15,46
212 - 240	14.156,86	5,97
240 - 268	149,51	0,06
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

Cabe destacar que as classes 212-240mm/mês e 240-268mm/mês são as de maiores intensidades pluviométricas e estão situadas em dois segmentos na porção centro-norte da área de estudo, concentrando-se sobre os municípios de Joaquim Gomes e Rio Largo e respectivas adjacências.

#### 5.1.1.2 Planimetria do mapa de declividade

Dentre as categorias mapeadas para a declividade, merecem destaque as topografias tipificadas como Plano, Suave Ondulado e Ondulado. Juntas, contabilizam 195.821,6 hectares, o que corresponde a 82,60% da área de estudo.

Com 25,74%, a classe de relevo plano está circunscrita na porção central da superfície em questão. Ela se estabelece sobre os Patamares Tabuliformes da Formação Barreiras, associados à cultura da cana-de-açúcar, em relação ao uso da terra. Abrange partes dos territórios dos municípios de Junqueiro, Teotônio Vilela, Jequiá da Praia, São Miguel dos Campos, Boca da Mata, Pilar, Atalaia e Rio Largo.

O tipo de declividade suave ondulado responde por 25,85% da área pesquisada. Ocorre nas porções sudoeste e centro e está associado aos declives das encostas dos vales fluviais dos rios Piauí, Coruripe, Jequiá, São Miguel, Paraíba do Meio e Mundaú. Na porção centro-norte, esse tipo de declividade se manifesta nos aclives dos sopés das encostas, morros e serras da região pertencente ao final do planalto da Borborema.

A maior representatividade da declividade fica por conta da categoria ondulado (Figura 8), a qual ocupa 31,01% da área em questão. Sua maior expressão se dá na parte norte, nas Encostas Orientais do planalto da Borborema, principalmente nos municípios de Rio Largo, Messias, Flexeiras Joaquim Gomes e Novo Lino. Ao sul, ela ocorre sobre as terras do Pediplano do Baixo São Francisco, abrangendo prioritariamente os municípios de São

Sebastião, Igreja Nova, São Brás e Porto Real do Colégio.

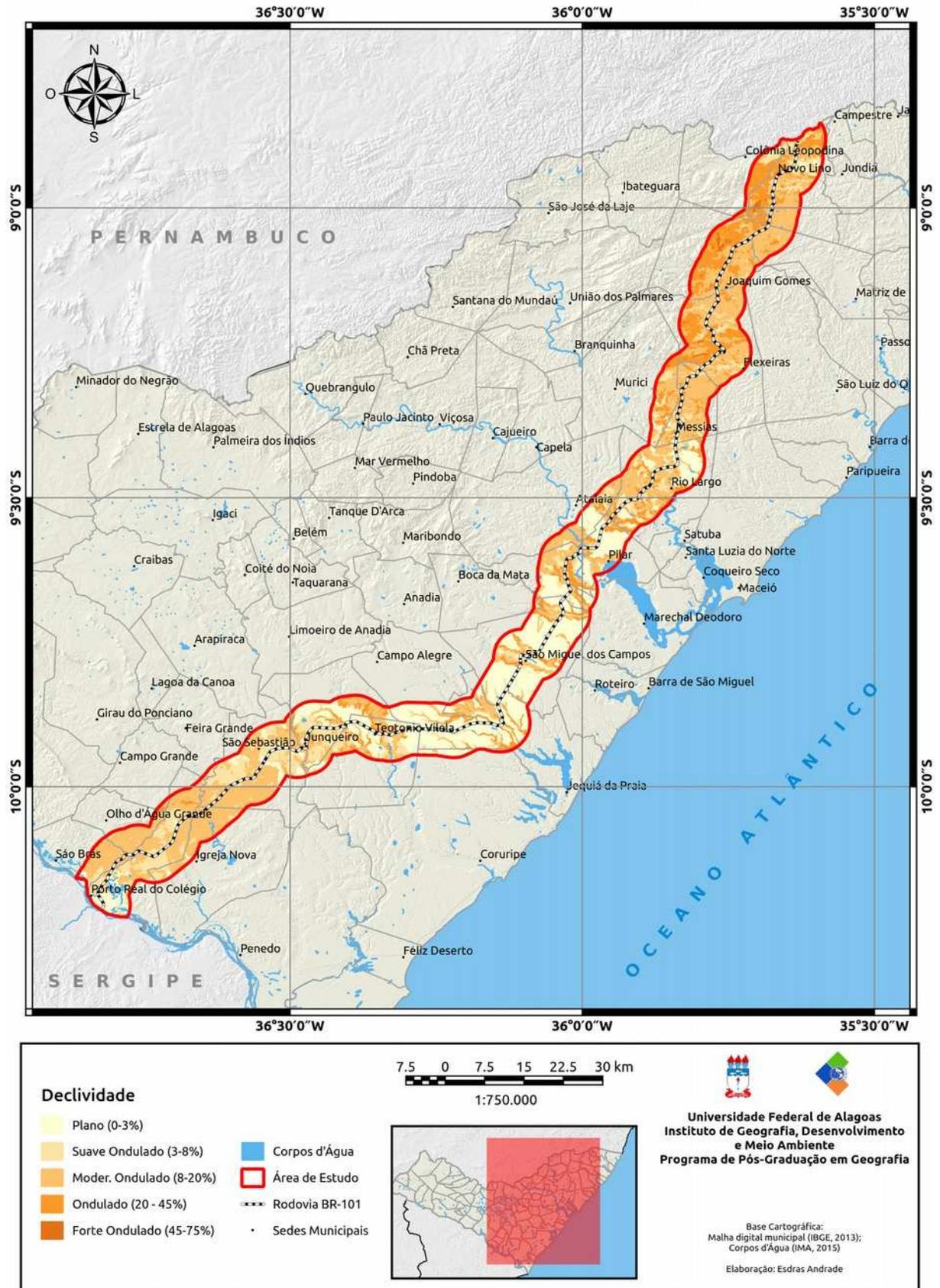
As demais classes, forte ondulado, montanhoso e forte montanhoso, somam 17,40%, ou seja, 41.245,10 hectares e podem ser conferidos individualmente na Tabela 5, a seguir.

**Tabela 5 - Planimetria da declividade**

<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Plano (< 3%)	61.024,14	25,74
Suave Ondulado (3 – 8%)	61.279,79	25,85
Ondulado (8 – 20%)	73.517,67	31,01
Forte Ondulado (20 – 45%)	37.027,21	15,62
Montanhoso (45 – 75%)	3.948,48	1,67
Forte Montanhoso (>75%)	269,41	0,11
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Autor (2016).

Figura 8 - Declividade



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.3 Planimetria do mapa de índice de sinuosidade

De acordo com o mapeamento das classes pertencentes ao índice de sinuosidade da rodovia, 77,44% da área estudada está sob a influência de trechos de rodovia retilíneos (Tabela 6). São 183.577,52 hectares distribuídos em três grandes segmentos (Figura 9).

O primeiro, situa-se no sudoeste da área em questão e abrange partes dos municípios de Teotônio Vilela, São Sebastião, Igreja Nova, São Brás e Porto Real do Colégio. O segundo, estende-se por toda porção central, ocupando os territórios dos municípios de São Miguel dos Campos, Marechal Deodoro, Pilar, Atalaia, Rio Largo, Messias e Murici. Já o terceiro segmento engloba trechos dos municípios de Joaquim Gomes, Matriz de Camaragibe, Novo Lino e Colônia Leopoldina na porção norte da área da pesquisa.

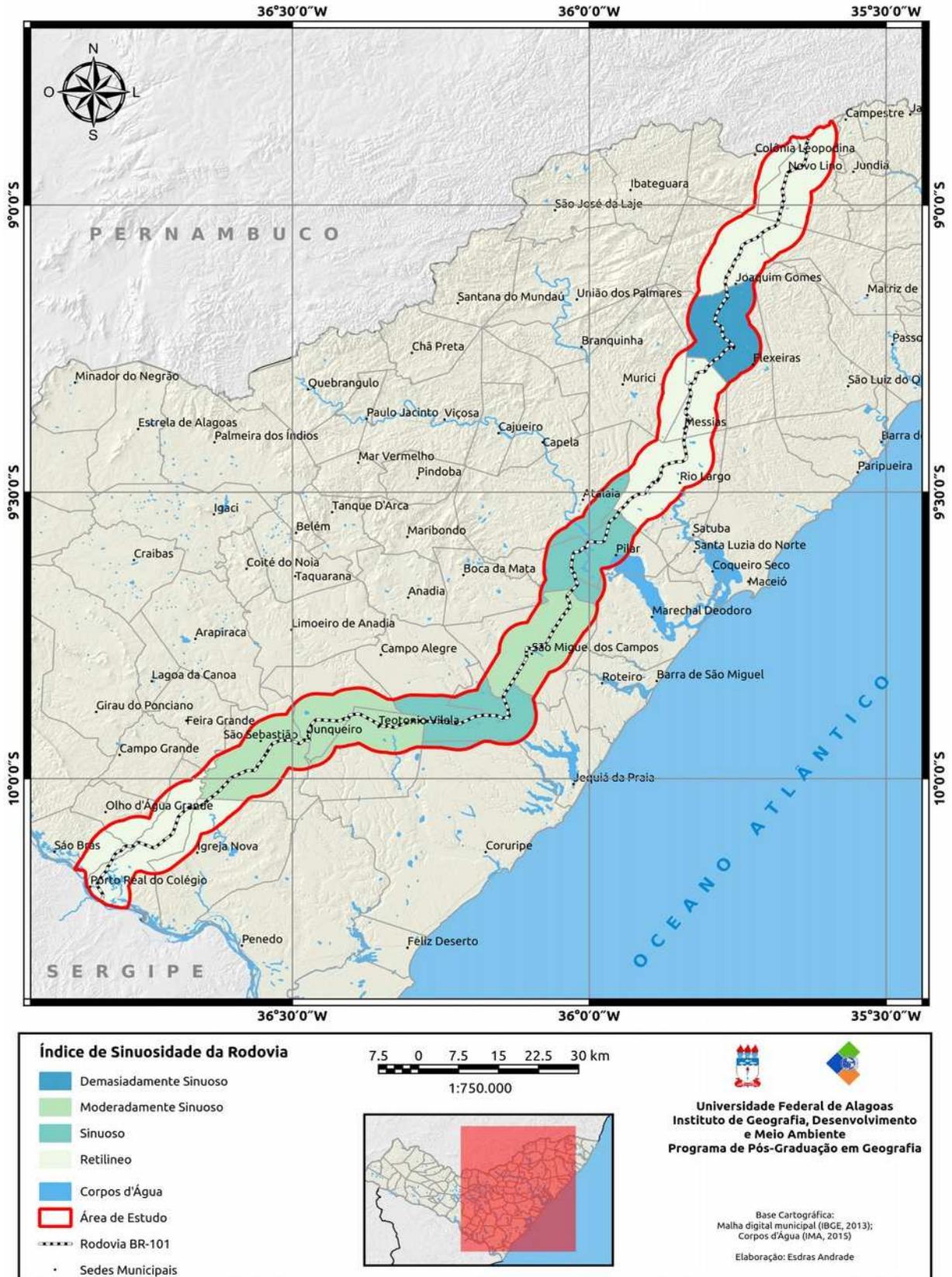
**Tabela 6 - Planimetria do índice de sinuosidade da rodovia**

<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Demasiadamente sinuoso	1.662,07	0,70
Sinuoso	2.702,41	1,14
Moderadamente sinuoso	9.628,37	4,06
Retilíneo	223.073,85	94,10
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

Em relação à classe moderadamente sinuoso, a ocupação é de uma área de 53.489,18 hectares, o que corresponde a 22,56% da extensão da superfície estudada e é representado por dois segmentos. Um ao norte, nas terras municipais de Flexeiras e o outro, no centro-oeste, nos municípios de Jequiá da Praia, Campo Alegre e Junqueiro.

Figura 9 - Índice de sinuosidade da rodovia



Fonte: Autor (2016).

#### 5.1.1.4 Planimetria do mapa de registro de ocorrência de sinistros

As mensurações aqui apresentadas correspondem às áreas municipais abrangidas pela área de estudo, nas quais foram registrados os eventos envolvendo caminhões que transportavam produtos químicos perigosos.

Dessa forma, o município que registra a maior quantidade de acidentes é Pilar, com 6 eventos, sendo a área afetada de 14.940,70 hectares, o que equivale a 6,30% da poligonal estudada, seguido de São Sebastião, na porção sudoeste, com 5 acidentes em uma extensão areal de 20.472,03ha, representando 8,64% da área total (Figura 10).

Com 4 ocorrências cada, anotam-se os municípios de Flexeiras, no norte, e São Miguel dos Campos, na parte central do campo estudado. Somados, abrangem 17,51% da área de estudo, correspondendo a 41.513,93 hectares.

Destaque para os municípios localizados no sul: São Brás, Olho d'Água Grande, Igreja Nova e Junqueiro. No centro: Coruripe, Marechal Deodoro e Atalaia; e, no centro-norte, Murici, Joaquim Gomes, Matriz de Camaragibe e Colônia Leopoldina, os quais não obtiveram registros de acidentes no período levantado; juntos, representam 27,43% da superfície estudada.

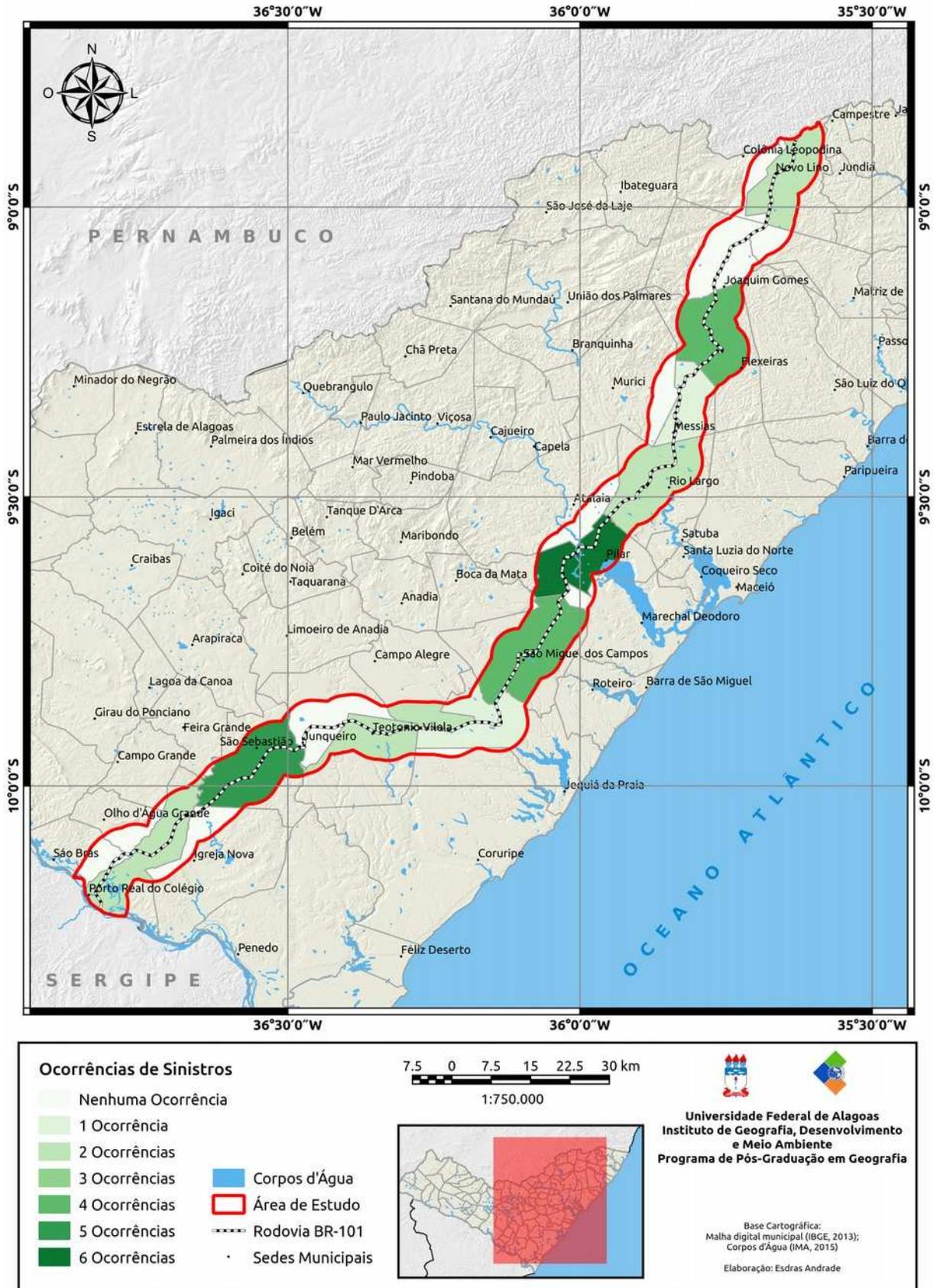
As demais classes de ocorrências de sinistros que contêm transportes de produtos perigosos podem ser conferidas na Tabela 7.

**Tabela 7 - Planimetria das ocorrências de sinistros**

<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Nenhuma Ocorrência	65.022,00	27,43
1 Ocorrência	25.388,50	10,71
2 Ocorrência	69.729,51	29,41
4 Ocorrência	41.513,96	17,51
5 Ocorrência	20.472,03	8,64
6 Ocorrência	14.940,70	6,30
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

Figura 10 - Ocorrência de sinistros



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.5 Planimetria do mapa de densidade da rede de drenagem

A classe de densidade da rede de drenagem que mais se expressa na área de estudo corresponde à medianamente baixa, com 161.426,55 hectares; isso representa mais de 2/3 do total da extensão areal pesquisada (Figura 11). Distribui-se espacialmente do centro ao sudoeste da área de estudo, manifestando-se por todos os municípios abrangidos pela poligonal da região de interesse, desde Boca da Mata até Porto Real do Colégio. Na zona norte, estende-se pelos municípios de Joaquim Gomes, Matriz de Camaragibe, Novo Lino e Colônia Leopoldina.

Nessas zonas, situam-se os principais rios e seus contribuintes da região da mata alagoana, a exemplo dos rios Sumaúma, São Miguel, Jequiá, Coruripe e Piaí.

A categoria de densidade medianamente alta concentra-se, majoritariamente, na porção centro-norte, e ocupa parte dos territórios de Flexeiras, Murici, Messias, Atalaia, Rio Largo e Pilar. Totaliza uma medição da ordem 65.328,88 hectares, o que corresponde a 27,56% do total estudado. Essa classe ainda se exprime em duas pequenas parcelas nos extremos da área de estudo. As bacias hidrográficas abarcadas por esta categoria são Itiuba, Bandeira, Mundaú Pratagy e Paraíba do Meio.

A densidade alta ocupa apenas 5.775,09 hectares, ou seja, 2,44% da área total estudada e se expressa, exclusivamente, no entorno do rio Meirim, contemplando partes dos municípios de Murici e Messias.

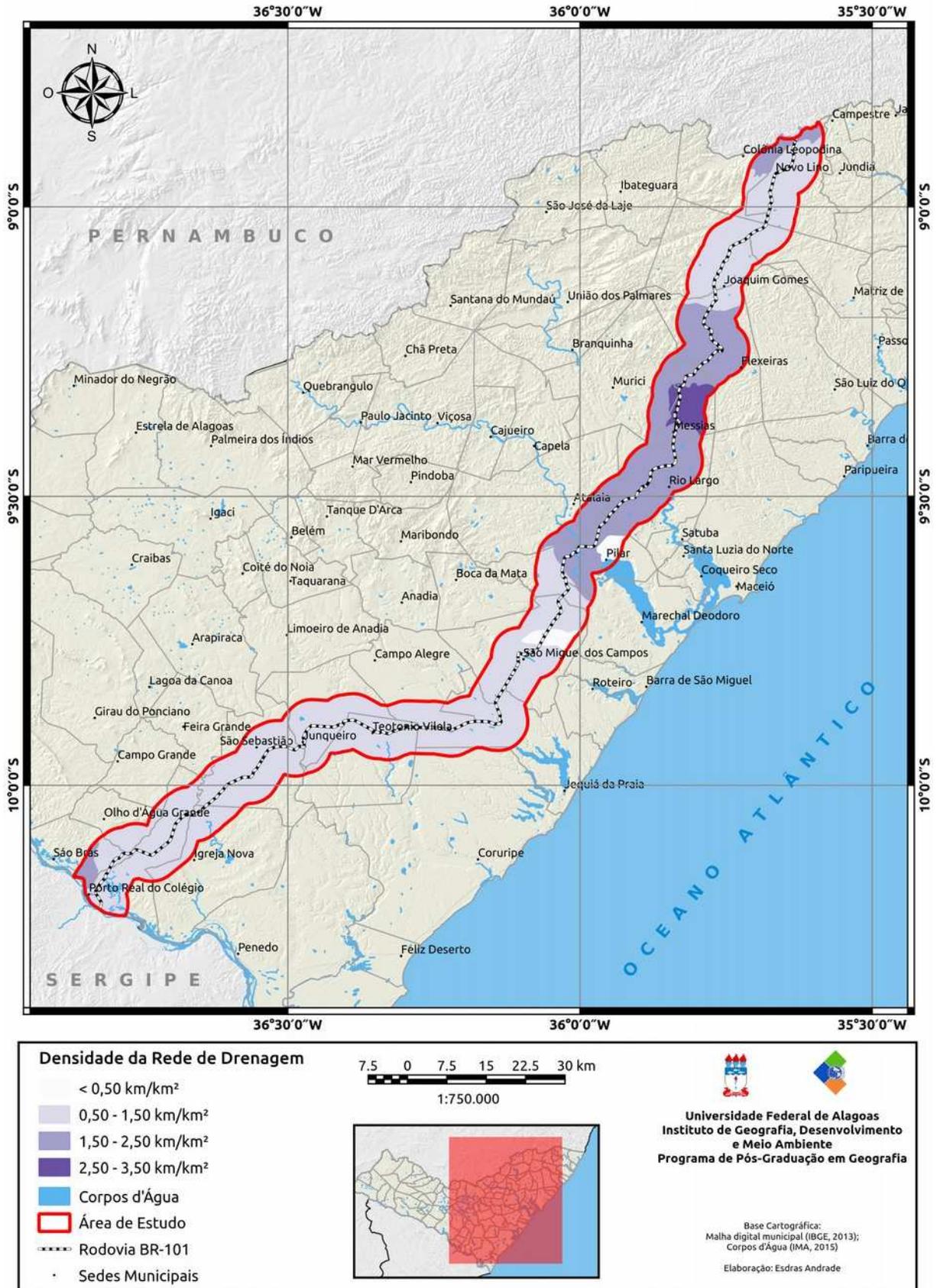
Não houve registro da classe densidade demasiadamente alta, e a ocupação espacial da densidade baixa representa apenas 1,91% da área de estudo (Tabela 8).

**Tabela 8 - Planimetria da densidade da drenagem**

Densidades (km/km <sup>2</sup> )	Classes	Área (ha)	Área (%)
< 0,50	Densidade Baixa	4.536,18	1,91
0,50 - 1,50	Densidade Medianamente Baixa	161.426,55	68,09
1,50 - 2,50	Densidade Medianamente Alta	65.328,88	27,56
2,50 - 3,50	Densidade Alta	5.775,09	2,44
<b>Totais</b>		<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

Figura 11 - Densidade da rede de drenagem



Fonte: Autor (206).

### 5.1.1.6 Planimetria do mapa de uso da terra e cobertura vegetal

As mensurações realizadas sobre esse plano de informação apontam para a área de estudo usada e ocupada por atividades antrópicas em 84,15% de toda sua extensão, sendo a paisagem agrícola dos canaviais e das pastagens predominantes com mais de 78% da área estudada (Tabela 9).

Os canaviais imprimem sua marca na paisagem da porção centro-norte até a centro-oeste, expandindo-se sobre 93.651,98 hectares, o que representa, desse modo, uma ocupação de 39,50% da área em tela, desde os municípios de Murici e Messias até Junqueiro e São Sebastião (Figura 12).

**Tabela 9 - Planimetria do uso e ocupação da terra**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Afloramento Rochoso	245,52	0,10
Áreas Urbanizadas	4.629,06	1,95
Arrozal	1.324,59	0,56
Campo Sujo	322,66	0,14
Canavial	93.651,98	39,50
Coqueiral	430,76	0,18
Corpos d'Água	2.663,81	1,12
Eucalipto	276,53	0,12
Exploração Mineral	231,46	0,10
Macega	758,89	0,32
Pastagem	93.239,13	39,33
Pequenas Lavouras	3.729,71	1,57
Remanescente de Vegetação	19.170,62	8,09
Sítio Industrial	566,17	0,24
Solo Exposto	1.080,16	0,46
Vegetação em Estágio de Sucessão Natural	14.745,65	6,22
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

As pastagens são mais intensas nos extremos da área de estudo, justamente onde o relevo é mais movimentado, o que não favorece economicamente a agroindústria. Elas ocupam um espaço de 93.239,13 hectares e representam 39,33% do todo estudado.

No norte, essas pastagens distendem-se de Messias e Murici até Novo Lino e Colônia Leopoldina; no sul, englobam porções dos territórios dos municípios de São Sebastião até São Brás e Porto Real do Colégio.

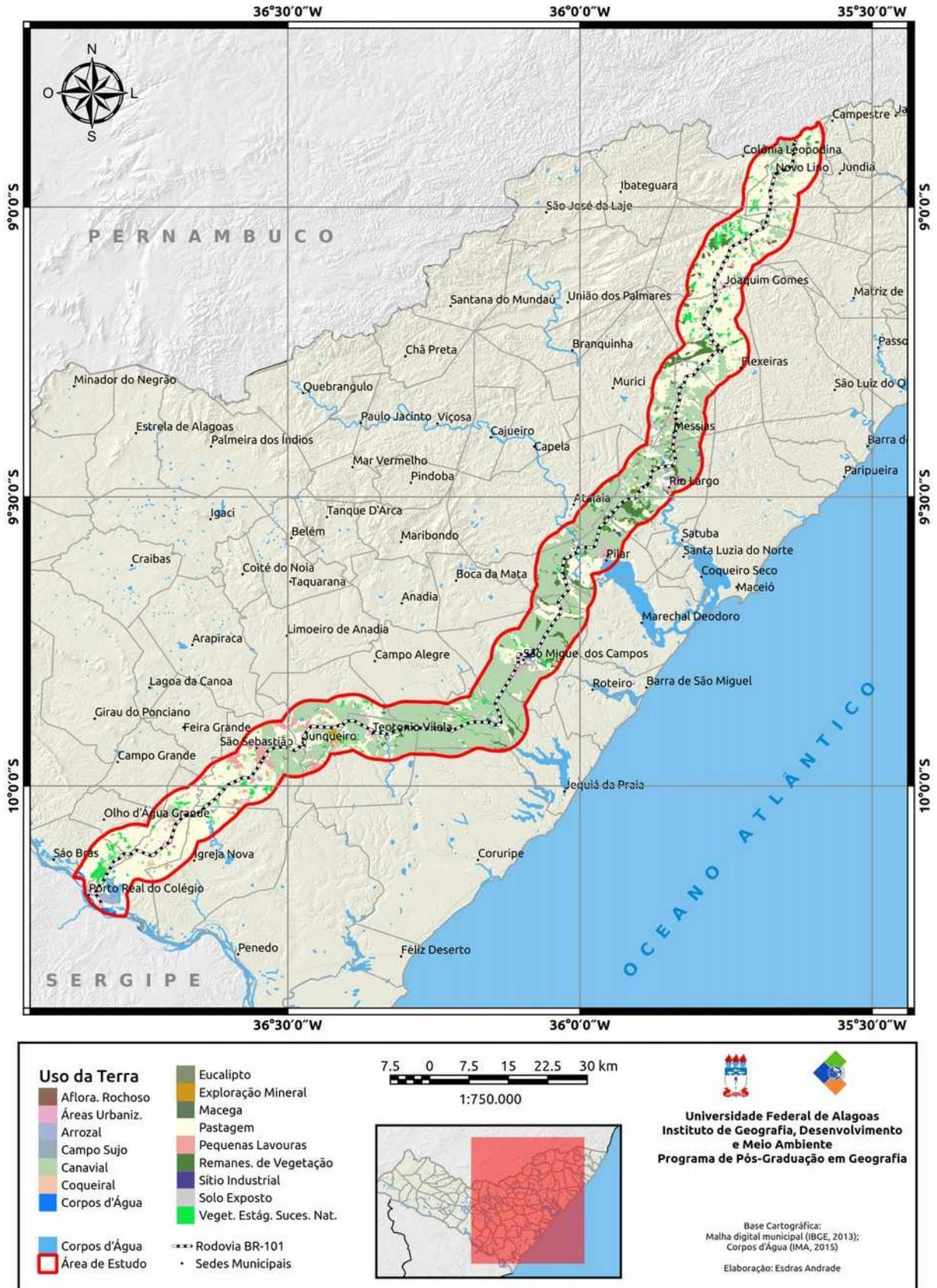
As ocupações naturais correspondem a 15,85% de toda a superfície em estudo. Elas são representadas pelos remanescentes de vegetação nativa, inclusive aquelas em estágio de sucessão natural. Os corpos d'água, afloramentos rochosos e a macega completam a lista de tipos de ocupação naturais.

Os fragmentos mais representativos de vegetação estão situados nas unidades de conservação da Estação Ecológica (Esec) de Murici, Área de Proteção Ambiental (APA) de Murici e na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Mata do Cedro, pertencente à Usina Utinga Leão, que contém mais de 1.000 hectares.

Outras duas classes que merecem ser comentadas são as plantações de eucalipto e de arroz. A primeira, divide-se em 15 fragmentos distribuídos pelos municípios de Rio Largo, Pilar, Jequiá da Praia, Campo Alegre e Atalaia, sendo este último detentor da maior quantidade de áreas plantadas. Somadas todas as expressões areais, elas representam apenas 0,12% do espaço estudado.

Em relação ao arrozal, ele se destaca na paisagem de Porto Real do Colégio, em virtude da proximidade do rio São Francisco, e sua existência tem relação com o perímetro irrigado da Codevasf.

Figura 12 - Uso da terra e cobertura vegetal



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.7 Planimetria do mapa de neblina potencial

A formação de neblina depende de vários fatores, como foi apresentado no item 4.2.1.7; entretanto, o potencial ou a probabilidade de ocorrência desse fenômeno na área de estudo é delimitado em alto, médio e baixo potenciais, ganhando, assim, uma dimensão espacial de possibilidade de formação.

Desse modo, a planimetria revela que o alto potencial de formação de neblina ocorre em 67,30% da superfície estudada, espaçando-se por 159.557,31 hectares (Tabela 10), desde a porção centro-oeste, nos municípios de Campo Alegre e Jequiá da Praia até a parte norte, no município de Colônia Leopoldina, fronteira com o estado de Pernambuco (Figura 13).

**Tabela 10 - Planimetria da neblina potencial**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Alto Potencial	159.557,31	67,30
Baixo Potencial	39.312,46	16,58
Médio Potencial	38.196,93	16,11
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

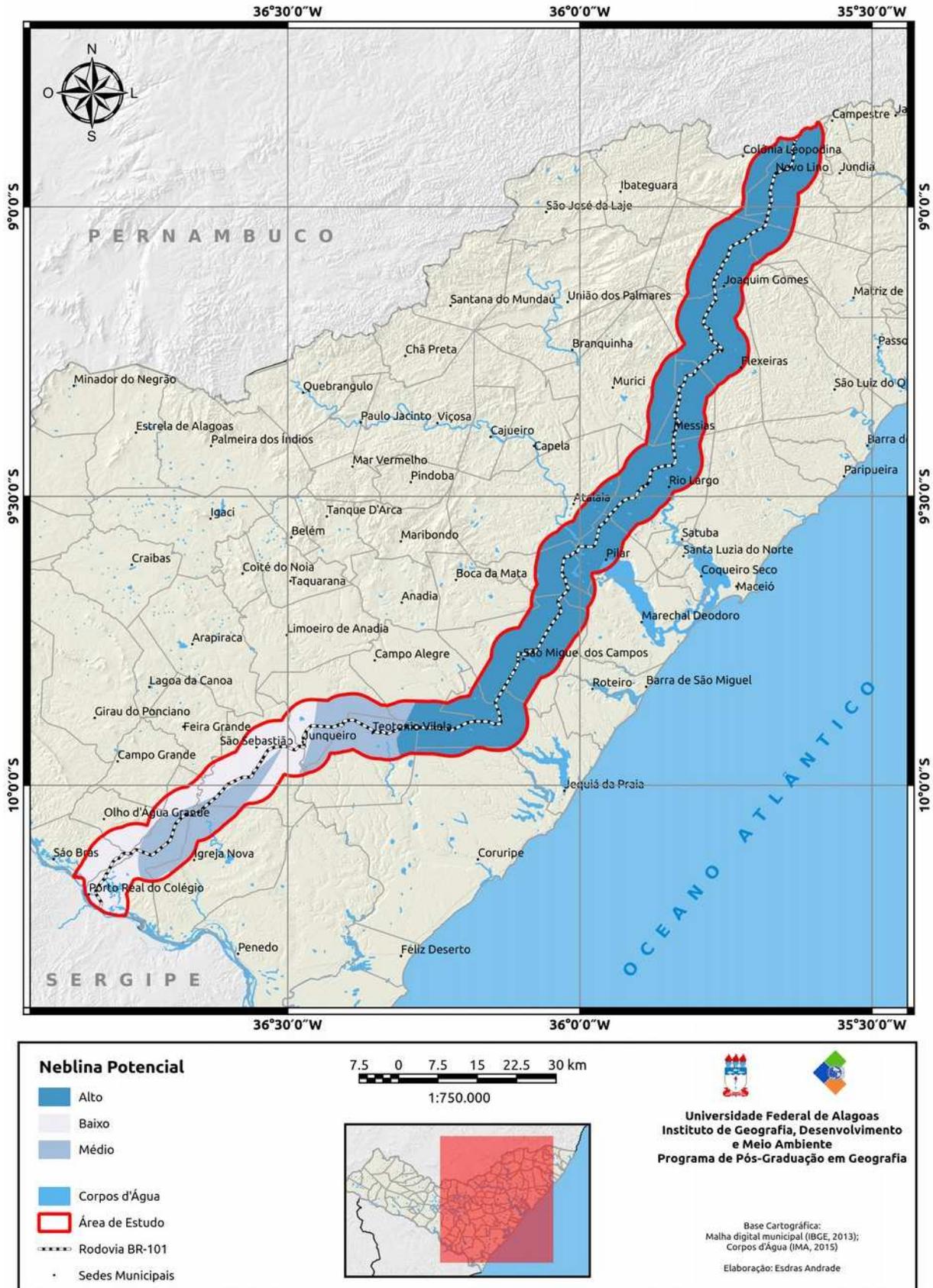
A maior probabilidade de formação desse fenômeno neste trecho deve estar associada a uma região com grande umidade e temperatura média amena, além de, na zona norte, haver um relevo mais movimentado.

Com 38.196,93 hectares, ou seja, 16,11% de abrangência, a classe médio potencial se expressa territorialmente em parte dos municípios de Teotônio Vilela, Junqueiro, Igreja Nova, São Sebastião e Porto Real do Colégio.

Por sua vez, a classe baixo potencial ocupa outros 16,58% da área estudada, revelando-se apenas no sul, o que compreende partes dos municípios de Junqueiro, São Sebastião, Porto Real do Colégio, Olho d'Água Grande e São Brás.

Essa baixa potencialidade se justifica em virtude de estar situada em uma faixa do território alagoano, na qual há uma temperatura mais elevada e, conseqüentemente, uma baixa umidade do ar.

Figura 13 - Neblina potencial



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.8 Planimetria do mapa de concentração de focos de queimadas

A categoria que detém a maior representatividade espacial é aquela que compreende a concentração de 0 até 15 focos de queimadas (Tabela 11). Abrange 112.135,32 hectares, o que corresponde a 47,30% da área estudada. Expressa-se em várias parcelas, porém, manifesta-se com mais realce no sudoeste e no norte; locais estes, associados às pastagens, como forma de uso da terra (Figura 14).

**Tabela 11 - Planimetria da concentração dos focos de queimadas**

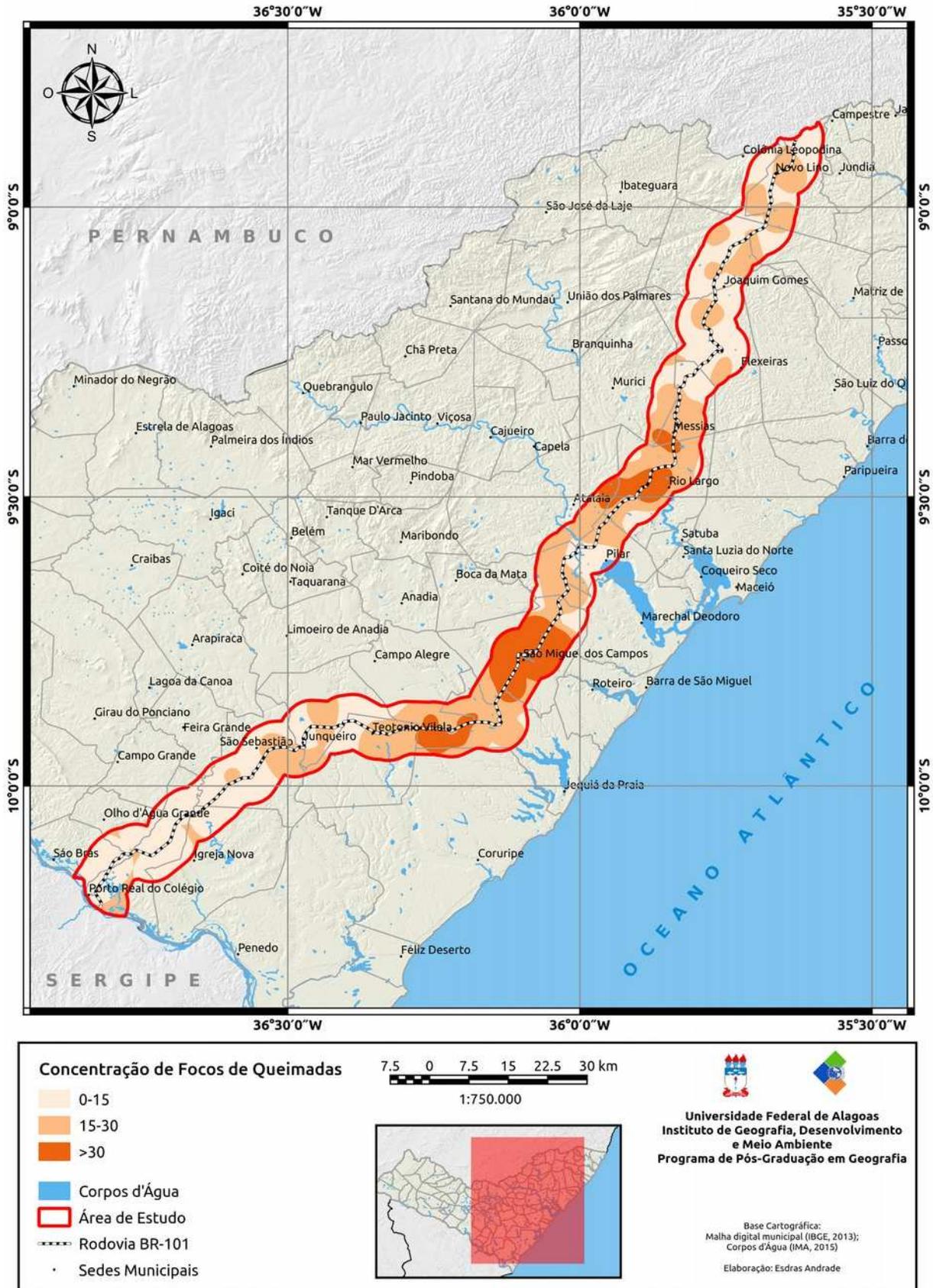
<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
0 - 15	112.135,32	47,30
15 - 30	96.096,77	40,54
> 30	28.834,61	12,16
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

A segunda classe em termos de notabilidade espacial concentra entre 15 e 30 focos de queimadas. Estende-se por 96.096,77 hectares (40,54%) da superfície total pesquisada. Situa-se, majoritariamente, na faixa central, entre os municípios de Messias e Teotônio Vilela. Exprime-se ainda em pequenas áreas no norte, entre Flexeiras e Novo Lino, e coincidem com áreas de cultivo da cana-de-açúcar.

Com apenas 12,16% de abrangência espacial, os 28.834,61 hectares concentram quantidades superiores a 30 focos de queimadas. Essa classe se dimensiona em apenas 4 localidades: em Messias, entre Rio Largo e Atalaia, em São Miguel dos Campos e em Teotônio Vilela, sendo o penúltimo o de maior extensão, com 15.819,53 hectares, o que representa, aproximadamente, 55% da classe. Associado a isso, está o fato de situar-se em área de plantio de cana-de-açúcar.

Figura 14 - Concentração dos focos de queimadas



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.9 Planimetria do mapa de permeabilidade dos solos

As mensurações realizadas sobre esse plano de informação apontam para um predomínio dos solos de média permeabilidade, com abrangência espacial de 69,63% de toda a área estudada (Tabela 12). Dentre os 14 tipos pedológicos identificados, 7 são considerados com texturas que variam do arenoso ao argiloso, portanto, solos médios, os quais apresentam razoável equilíbrio entre as proporções de argila, silte e areia; eles são tidos, dessa forma, como solos de permeabilidade mediana.

**Tabela 12 - Planimetria das classes de permeabilidade dos solos.**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Alta	29.711,76	12,53
Média	165.066,31	69,63
Baixa	5.672,58	2,39
Muito Baixa	36.616,05	15,45
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

A distribuição geográfica dos solos contendo essa propriedade física se dá quase totalmente na porção centro-norte da área analisada, desde os municípios de Colônia Leopoldina e Novo Lino, fronteiras com Pernambuco, até Murici e Messias (Figura 15).

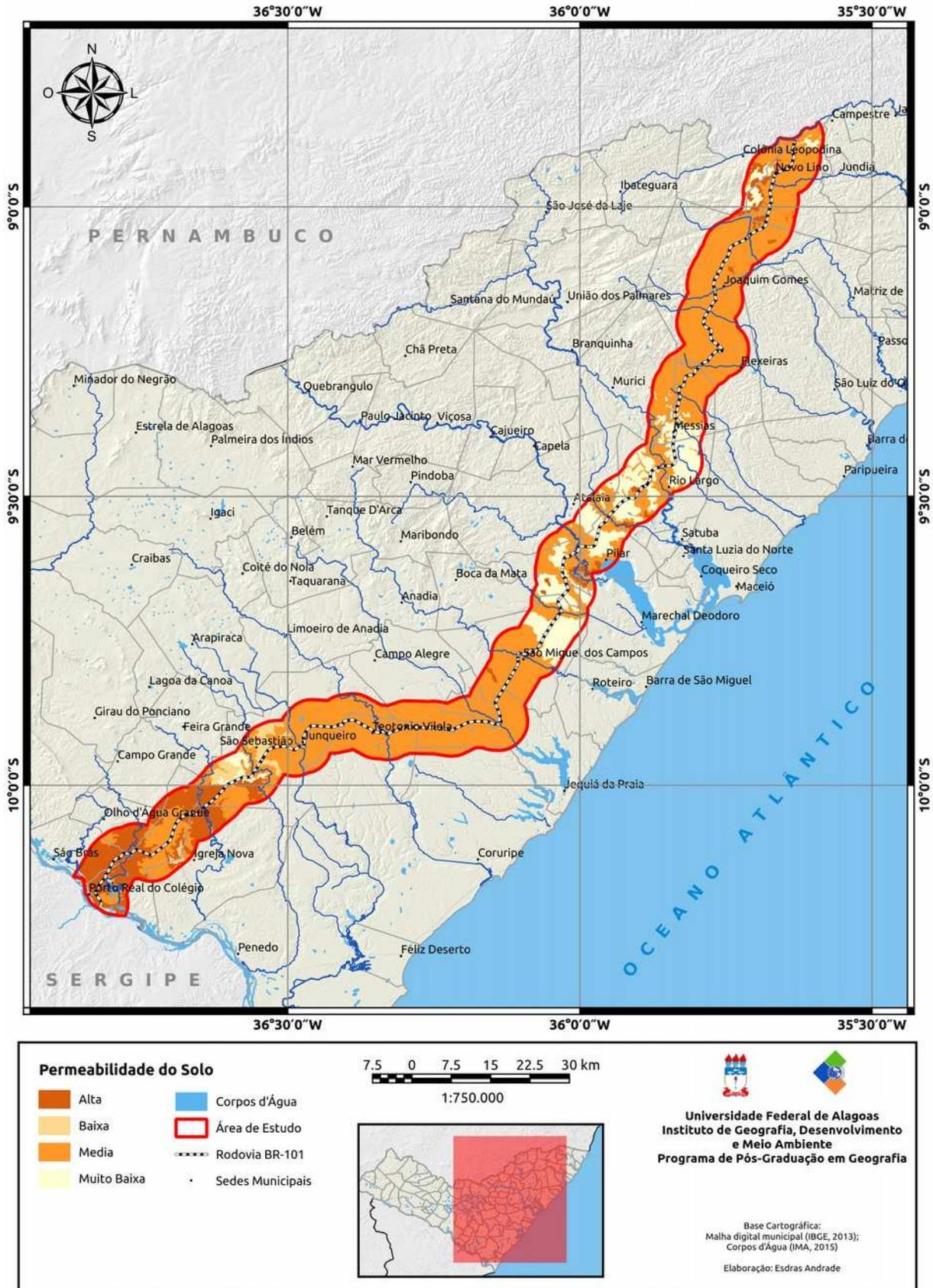
A ocorrência desses solos está diretamente associada às atividades agropecuárias (pastagens e canaviais) que dominam a paisagem da área de estudo.

Na parcela centro-sul, estende-se desde São Miguel dos Campos até São Sebastião. Esses solos ocorrem, ainda, em pequenos segmentos, no extremo sul, especificamente no município de Porto Real do Colégio, Igreja Nova e Olho d'Água Grande e nas encostas e vales fluviais dos rios Mundaú, Paraíba do Meio e Sumaúma, todos na porção central da área estudada.

Com 15,45% de extensão na área de estudo, a classe Muito Baixa se expressa principalmente na porção central, situada nos platôs dos tabuleiros costeiros entre os municípios de Messias a São Miguel dos Campos, e corresponde aos Latossolos Amarelos com textura argilosa e muito argilosa. Há ainda um registro dessa classe no município de São Sebastião na porção sul da área em questão.

A classe Alta permeabilidade se apresenta distribuída geograficamente com ênfase no extremo sul da área estudada, entre os municípios de Igreja Nova, Porto Real do Colégio e São Brás. Está relacionada aos Neossolos Flúvico e Litólico e Neossolos Ferrihumilúvicos.

Figura 15 - Permeabilidade dos solos



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.10 Planimetria do mapa de orientação de vertentes

As classes integrantes desse plano de informação expressam-se espacialmente por toda área de estudo de forma relativamente equalizada, não permitindo uma fácil leitura em mapa. Porém, destaca-se a classe da vertente orientada para o Sul (180°), com uma área de 36.150,62 hectares, o que equivale a 15,25% da área estudada (Tabela 13).

Essa classe se distribui por toda superfície analisada, porém mostra uma maior concentração de ocorrência na zona sul, entre os municípios de Junqueiro, São Sebastião (região do rio Piauí) e no extremo norte de Porto Real do Colégio (Figura 16).

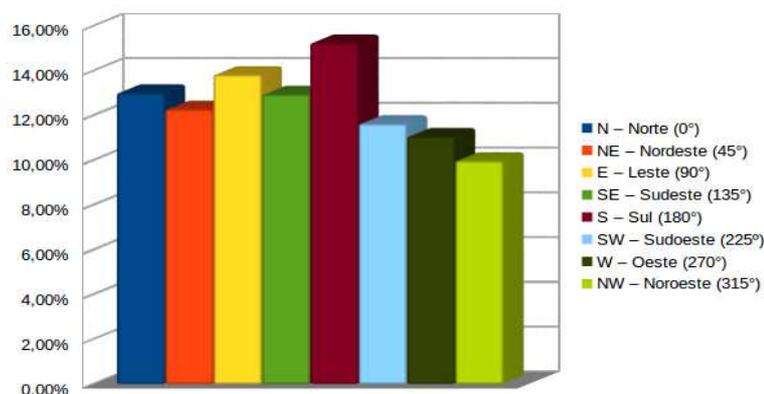
**Tabela 13 - Planimetria das classes de orientação de vertentes.**

Classes	Área (ha)	Área (%)
N – Norte (0°)	30.865,02	13,02
NE – Nordeste (45°)	29.105,12	12,28
E – Leste (90°)	32.781,75	13,83
SE – Sudeste (135°)	30.705,32	12,95
S – Sul (180°)	36.150,62	15,25
SW – Sudoeste (225°)	27.569,09	11,63
W – Oeste (270°)	26.226,74	11,06
NW – Noroeste (315°)	23.663,05	9,98
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

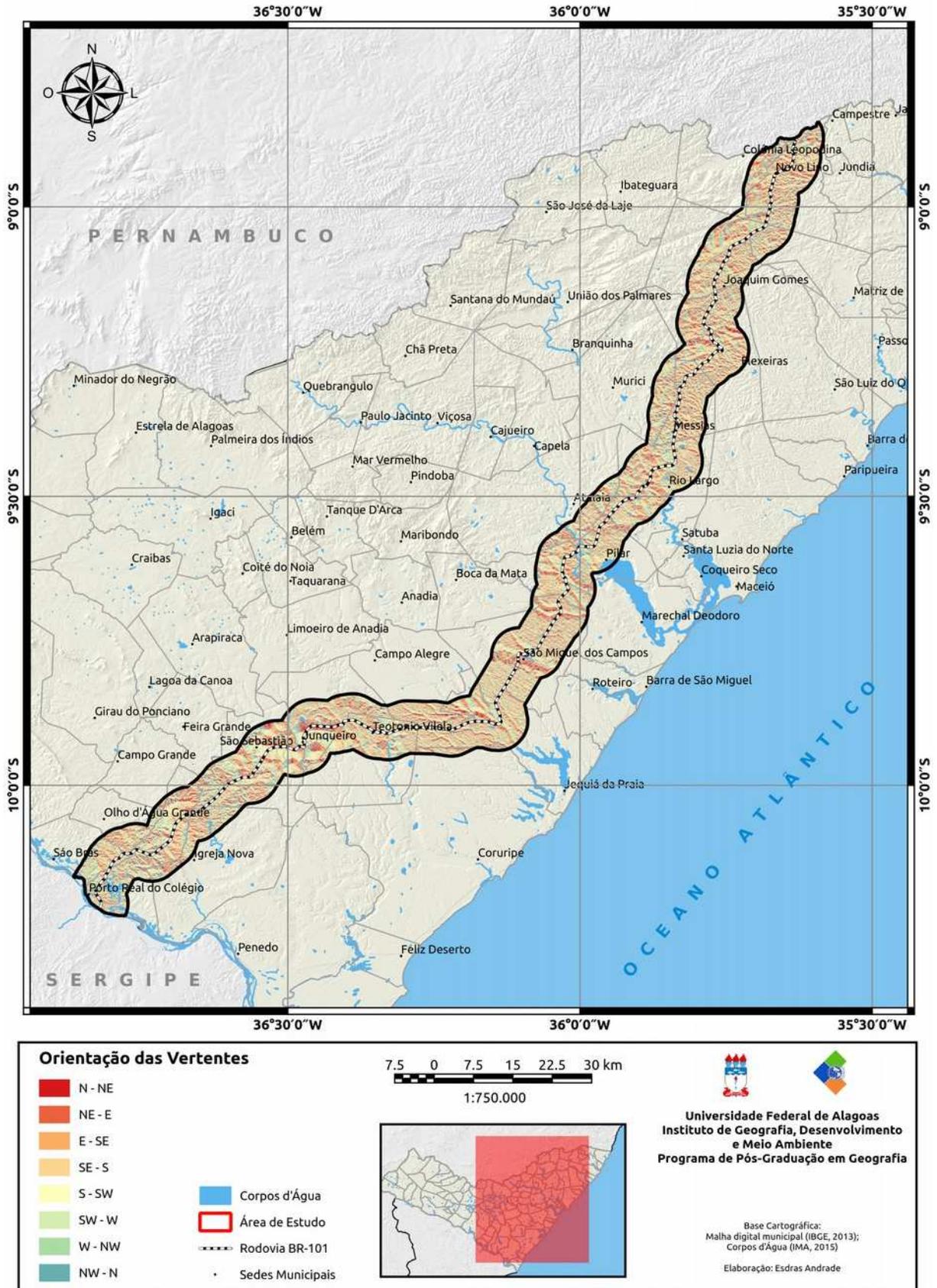
Ademais, é possível perceber que as orientações de vertentes direcionadas do Norte até o Sul têm a maior abrangência areal (Gráfico 1), com aproximadamente 67,33% da área de estudo, enquanto as vertentes voltadas do Sudoeste para Noroeste possuem uma menor participação espacial, com 32,67%.

**Gráfico 1 - Distribuição percentual das áreas abrangidas pelas orientações de vertentes.**



Fonte: Autor (2016).

Figura 16 - Orientação de vertentes



Fonte: Autor (2016).

#### 5.1.1.11 Planimetria do mapa de proximidades para assentamentos humanos

As mensurações efetuadas nesse plano de informação (Tabela 14) direcionam o entendimento para o predomínio da classe Proximidade 0-400m, com uma área de 94.381,22 hectares, equivalendo a 39,81% da área estudada (Figura 17).

Apesar da grande incidência dessa categoria nas unidades familiares e seu entorno imediato (até 400m), há de ser ressaltado que o destaque na representatividade espacial se deve às áreas urbanas das sedes municipais de Messias, Rio Largo, Pilar, São Miguel dos Campos, Teotônio Vilela e São Sebastião.

**Tabela 14 - Planimetria das proximidades para assentamentos humanos.**

<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Proximidade 0-400 m	94.381,22	39,81
Proximidade 400-800 m	66.395,13	28,00
Proximidade 800-1.200 m	34.602,68	14,60
Proximidade 1.200-1.600 m	17.247,88	7,28
Sem Informação	24.439,79	10,31
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

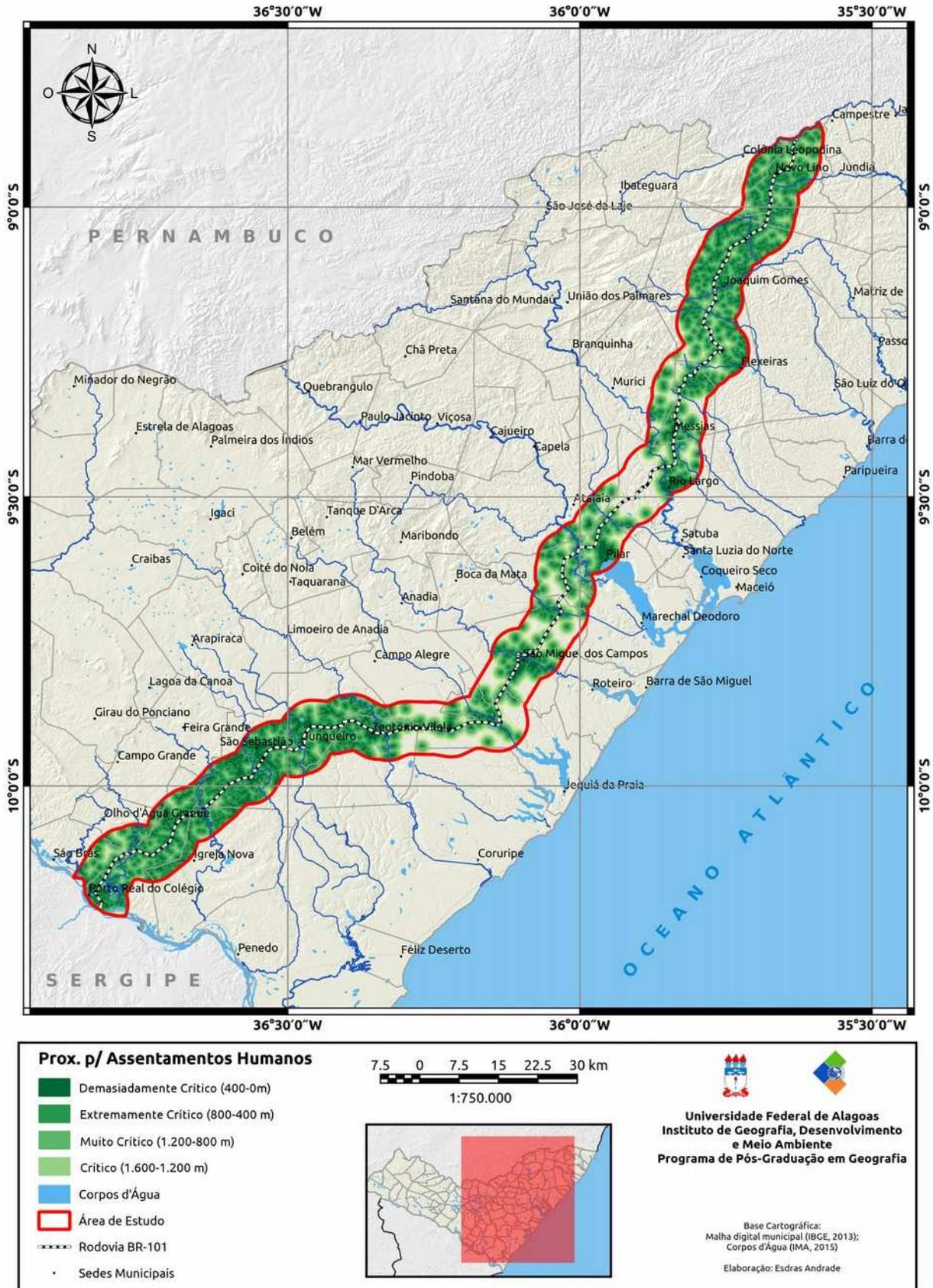
Fonte: Autor (2016).

A categoria Proximidade 400-800m detém a segunda maior representatividade na superfície analisada com 66.395,13 hectares, o que corresponde a 28% da área total, seguida das classes Proximidade 800-1.200m e Proximidade 1.200-1.600m que, somadas, compreendem 21,88% da área de estudo, e alcançam 51.850,56 hectares.

A classe Sem Informação corresponde aos vazios não alcançados pelas faixas concêntricas em torno das áreas críticas/vulneráveis. Isso totaliza uma área de 24.439,79 hectares, o que equivale a 10,31% de toda superfície analisada.

Esses espaços sem informações se distribuem majoritariamente em 5 partes na porção central da área de estudo, compreendendo partes dos municípios de Rio Largo, Pilar, São Miguel dos Campos, Jequiá da Praia e Teotônio Vilela e, quase sempre, estão distantes da área de influência direta da rodovia BR-101, situando-se no sentido das margens da área de estudo.

Figura 17 - Proximidades para assentamentos humanos



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.12 Planimetria do mapa de proximidades para pontos de captação d'água

As medições executadas nesse plano de informação (Tabela 15) mostram que as classes Proximidade 400-800m, Proximidade 800-1.200m e Proximidade 1.200-1.600m possuem abrangências equivalentes na área estudada.

Entretanto, nota-se um pequeno destaque para a segunda categoria, com uma participação de 12,36% da área de estudo, o que corresponde a uma área de 29.297,56 hectares.

**Tabela 15 - Planimetria das proximidades para pontos de captação d'água**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Proximidade 0-400 m	10.498,03	4,43
Proximidade 400-800 m	24.432,57	10,31
Proximidade 800-1.200 m	29.297,56	12,35
Proximidade 1.200-1.600 m	28.939,36	12,21
Sem Informação	143.899,18	60,70
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

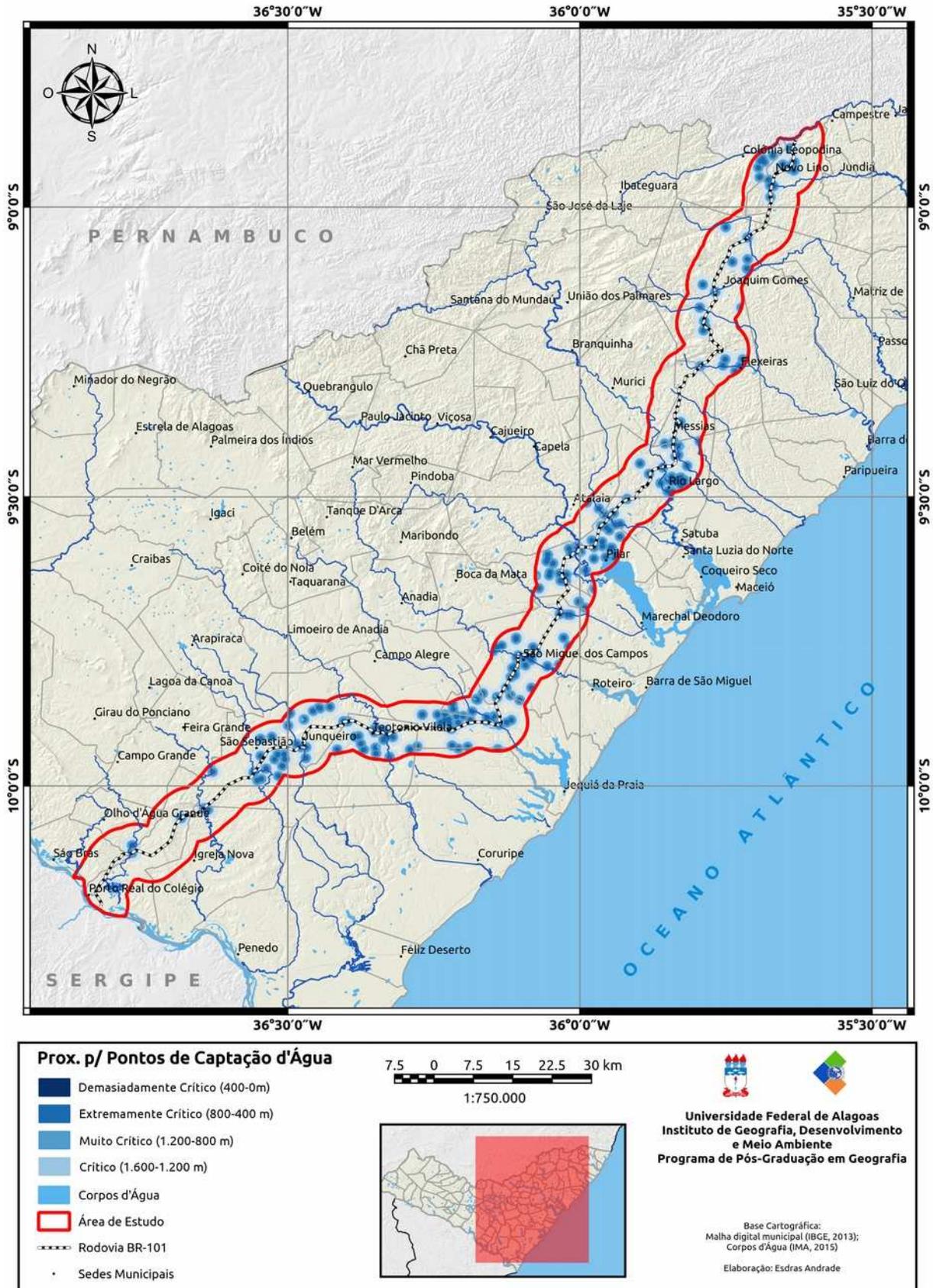
Fonte: Autor (2016).

A classe Proximidade 0-400m reflete uma realidade diferente das demais, possuindo apenas 4,43% de presença na área em questão. Sua distribuição espacial dessas classes se dá de forma esparsada por toda área de estudo, tendendo a uma leve concentração na porção central estudada. Ela se situa, com maior presença, entre os municípios de Messias até São Sebastião em meio a grandes áreas em vazio.

Esses vazios representam a classe Sem Informação, pois são partes da área de estudo não alcançadas pelas faixas concêntricas em torno das áreas críticas/vulneráveis. Totaliza-se, assim, uma extensão de 143.899,18 hectares, o que equivale a 60,70% de toda superfície analisada.

Esses espaços sem informações se distribuem com maior evidência em 2 parcelas da área de estudo. A primeira estende-se na porção norte, entre os municípios de Novo Lino e Atalaia, e a segunda, entre São Sebastião e Porto Real do Colégio (Figura 18).

Figura 18 - Proximidades para pontos de captação de água



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.1.13 Planimetria do mapa de proximidades para unidades de conservação

Esse mapa temático apresenta uma proporção de áreas compreendidas pelas classes de proximidade para as unidades de conservação da ordem de 26,14% de toda superfície estudada. Contudo, desse percentual, 71,45% pertence à classe Proximidade 0-400m, com 44.313,87 hectares, ou seja, 18,69% de presença na área de estudo (Tabela 16) e corresponde à quantificação das faixas de 0 a 400 metros com as poligonais das unidades de conservação compreendidas pela área de estudo (Figura 19).

**Tabela 16 - Planimetria das proximidades para unidades de conservação**

<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Proximidade 0-400 m	44.313,87	18,69
Proximidade 400-800 m	5.785,84	2,44
Proximidade 800-1.200 m	5.868,17	2,48
Proximidade 1.200-1.600 m	6.003,44	2,53
Sem Informação	175.095,38	73,86
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

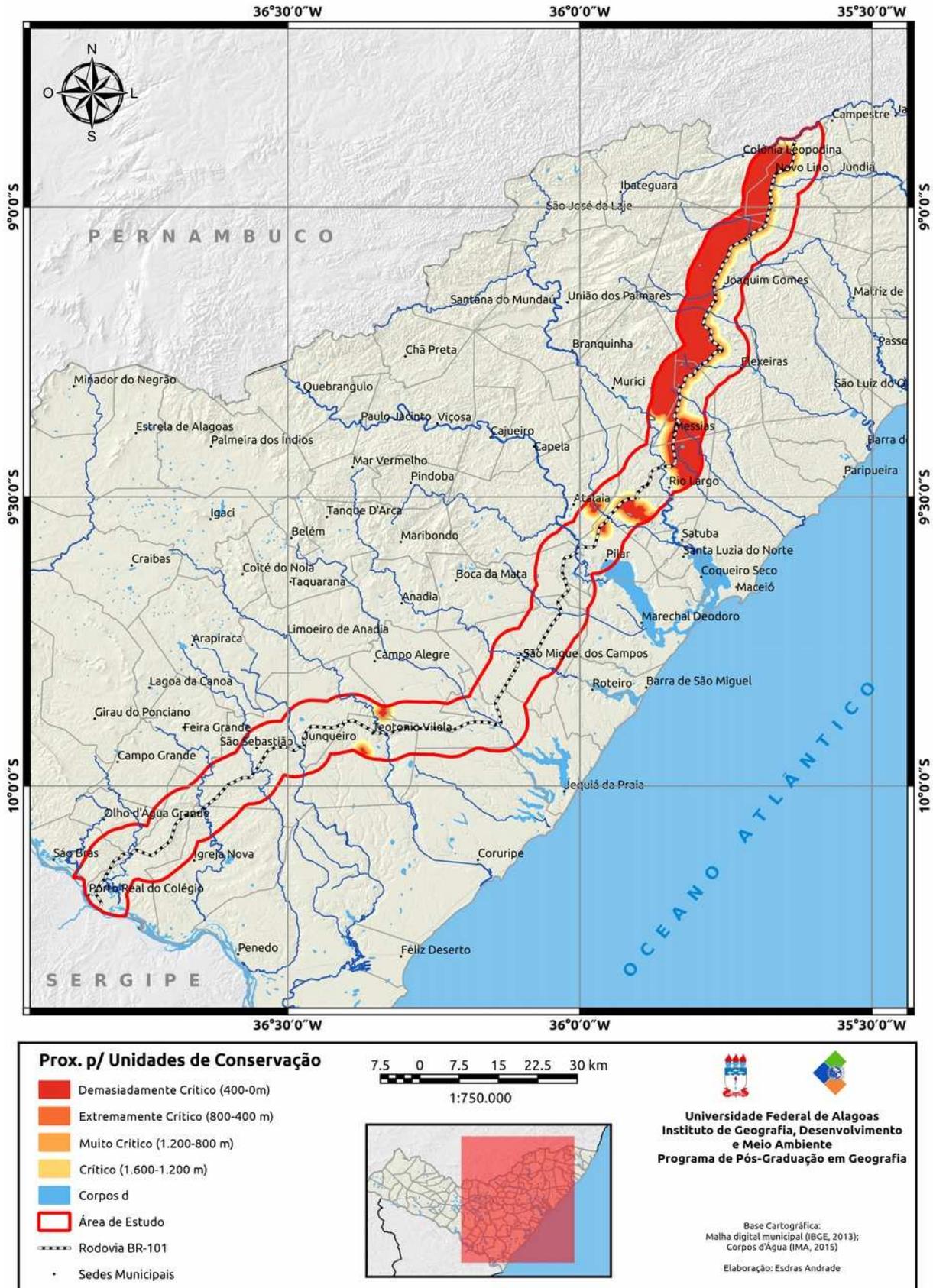
Fonte: Autor (2016).

Essas áreas se expressam, majoritariamente, na porção centro-norte da superfície analisada, o que corresponde às APAs de Murici, Pratagy, sendo estas as de maiores dimensões, abrangendo partes dos territórios dos municípios de Rio Largo, Messias, Murici, Flexeiras, Joaquim Gomes, Novo Lino e Colônia Leopoldina.

Outras pequenas manifestações ocorrem ainda em Rio Largo, Pilar, Atalaia, Teotônio Vilela e Junqueiro e equivalem, respectivamente, às RPPNs Mata do Cedro, São Pedro, Santa Tereza, Madeiras e Gulandim.

As áreas vazias representam a classe Sem Informação, pois são partes da área de estudo não alcançados pelas faixas concêntricas em torno das áreas críticas/vulneráveis. Isso totaliza uma extensão de 175.095,38 hectares, o que equivale a 73,86% de toda superfície analisada.

Figura 19 - Proximidades para unidades de conservação



Fonte: Autor (2016).

#### 5.1.1.14 Planimetria do mapa de proximidades para corpos d'água

As medições realizadas sobre esse plano de informação apontam para a classe Proximidade 0-400m. Dentre aquelas com representatividade geográfica, é a que detém maior extensão, com 52.295,64, ou 22,06% da área de estudo (Tabela 17).

Essa classe se distribui por quase toda superfície em análise; no entanto, ela detém maior alcance territorial no sul, e se concentra entre os municípios de São Sebastião, Igreja Nova, Olho d'Água Grande, São Brás e Porto Real do Colégio (Figura 20).

A conjunção dessa classe se dá por meio de grande quantidade de corpos d'água, representados no mapeamento de uso da terra, e se deve, em sua maioria, à presença dos açudes e barreiros construídos em função do deficiente regime hidrológico atuante nessa porção do território e estão associados, não somente nessa região, mas, em toda área estudada, às atividades agrícolas e pastoris.

**Tabela 17 - Planimetria das proximidades para os corpos d'água**

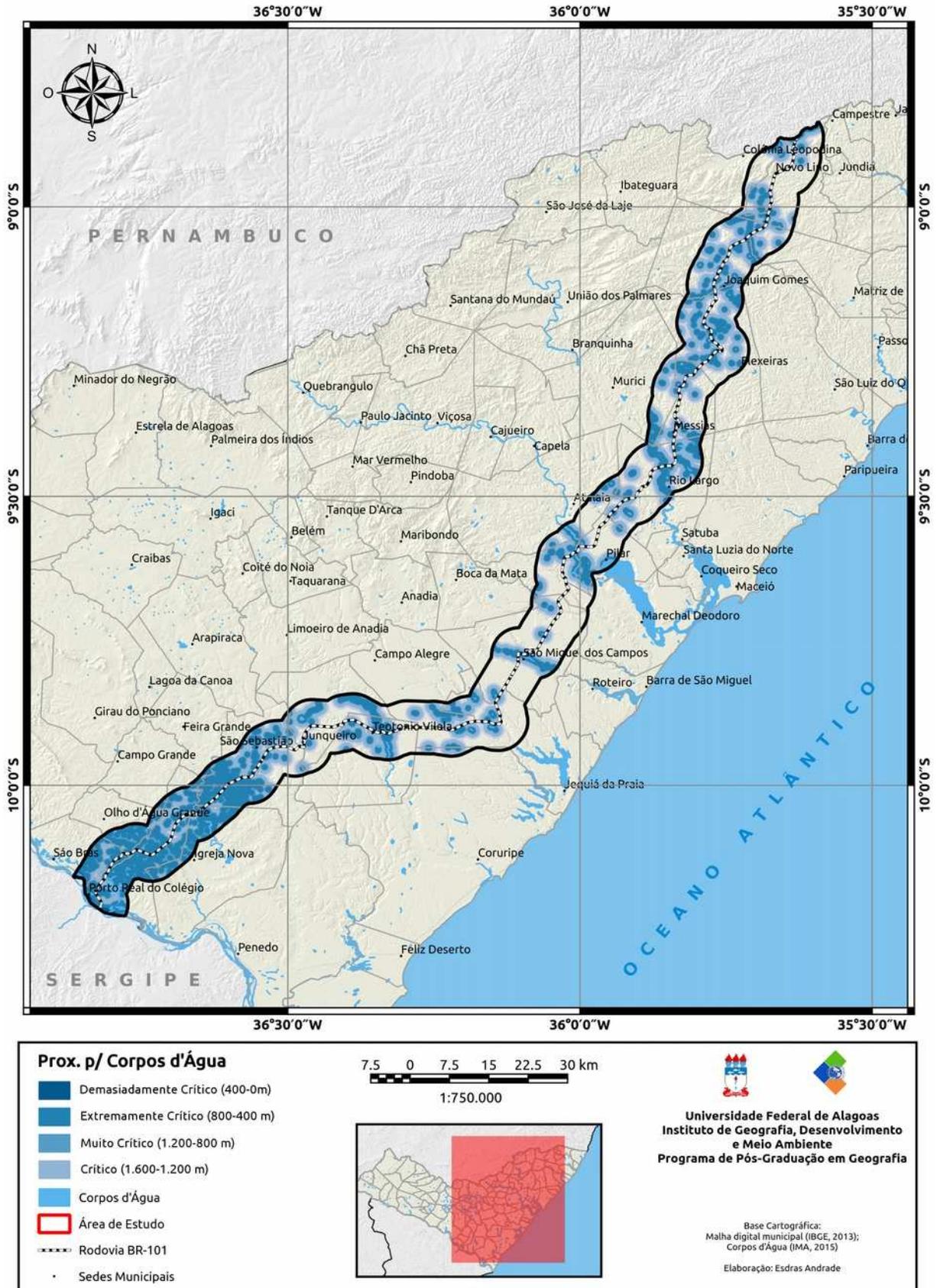
<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Proximidade 0-400 m	52.295,64	22,06
Proximidade 400-800 m	47.274,41	19,94
Proximidade 800-1.200 m	36.662,20	15,46
Proximidade 1.200-1.600 m	27.213,67	11,48
Sem Informação	73.620,78	31,06
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

As demais classes, Proximidade 400-800m, Proximidade 800-1.200m e Proximidade 1.200-1.600m, têm participações menores na medida em que vão ocorrendo menos conjunções entre si.

As áreas Sem Informação são partes da área de estudo não alcançadas pelas faixas concêntricas em torno das áreas críticas/vulneráveis, o que totaliza uma extensão de 73.620,78 hectares, correspondente a 31,06% de toda superfície analisada.

Figura 20 - Proximidades para corpos d'água



Fonte: Autor (2016).

### 5.1.2 Integração dos dados

A integração dos dados é entendida, neste estudo, como a conjugação das variáveis selecionadas mediante atribuição de pesos e notas, instruídas pelas planimetrias realizadas previamente para as classes pertencentes à base de dados e pelo conhecimento empírico da área estudada. Em analogia direta, corresponde à Avaliação Ambiental, concebida por Xavier da Silva (2001).

Devido a sua natureza integradora, o geoprocessamento dispõe de diversas técnicas de integração, sendo a álgebra de mapas a adotada neste estudo. Esta consiste na aplicação de operações aritméticas voltadas à associação de vários planos de informação (variáveis), de modo a obter como resultado classificações que permitem análises diversas. Assim, o emprego da análise multicritério pelo algoritmo da média ponderada permitiu agrupar e classificar áreas que contribuem na identificação das áreas de risco aos danos provenientes dos potenciais acidentes com transporte de cargas perigosas.

Nas integrações realizadas por meio de média ponderada, cada mapa é ponderado pela utilização de pesos, distribuídos entre as variáveis até se atingir 100% da responsabilidade pelo fenômeno estudado, segundo o grau de importância. Em relação às classes pertencentes às variáveis adotadas, estas recebem notas de 0 a 10, conforme a possibilidade de sua associação com a ocorrência do fenômeno estudado.

Assim sendo, foi definido no estudo que as classes com uma participação nula ou quase nula na ocorrência do fenômeno estudado receberiam nota 0 e 1, respectivamente. As classes com uma pequena participação receberiam notas de 2 a 4. Já para aquelas com participação média, as notas variariam entre 5 e 6, e aquelas com grande participação, entre 7 e 8. Nas classes em que as ocorrências eram muito possíveis e extremamente possíveis, foram atribuídas as notas 9 e 10, respectivamente.

De acordo com Calheiros (2000, p. 77), o algoritmo da média ponderada se dá pelo somatório do produto de pesos versus notas para cada célula (*pixel*) dos planos de informação submetidos à integração, de modo a resultar no mapa síntese para a finalidade desejada.

O algoritmo utilizado é representado pela seguinte expressão:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \cdot N_k) \quad (4)$$

Onde:

$A_{ij}$  = Célula qualquer da matriz

$n$  = Número de parâmetros envolvidos

$k$  = Plano de informação

$P$  = Peso atribuído do parâmetro, no intervalo de 0 a 1

$N$  = Nota atribuída à categoria encontrada na célula da matriz (0 a 10)

Os pesos e notas foram atribuídos com base no conhecimento teórico e prévio da área de estudo e também nas observações e anotações de campo, com vistas a equalizar os pesos e notas, a fim de se obter um produto verossímil junto à realidade.

Em estudos dessa natureza, usando técnicas de geoprocessamento, os procedimentos analíticos moldam-se à escala de investigação admitida, para organizar as variáveis de acordo com as correlações temáticas entre si. Nesse caso, as 14 variáveis foram classificadas entre os aspectos potenciais de perigo, de áreas suscetíveis ou frágeis e das áreas vulneráveis (Quadro 10).

**Quadro 10 - Classificação das variáveis selecionadas para elaboração do mapa das áreas de risco.**

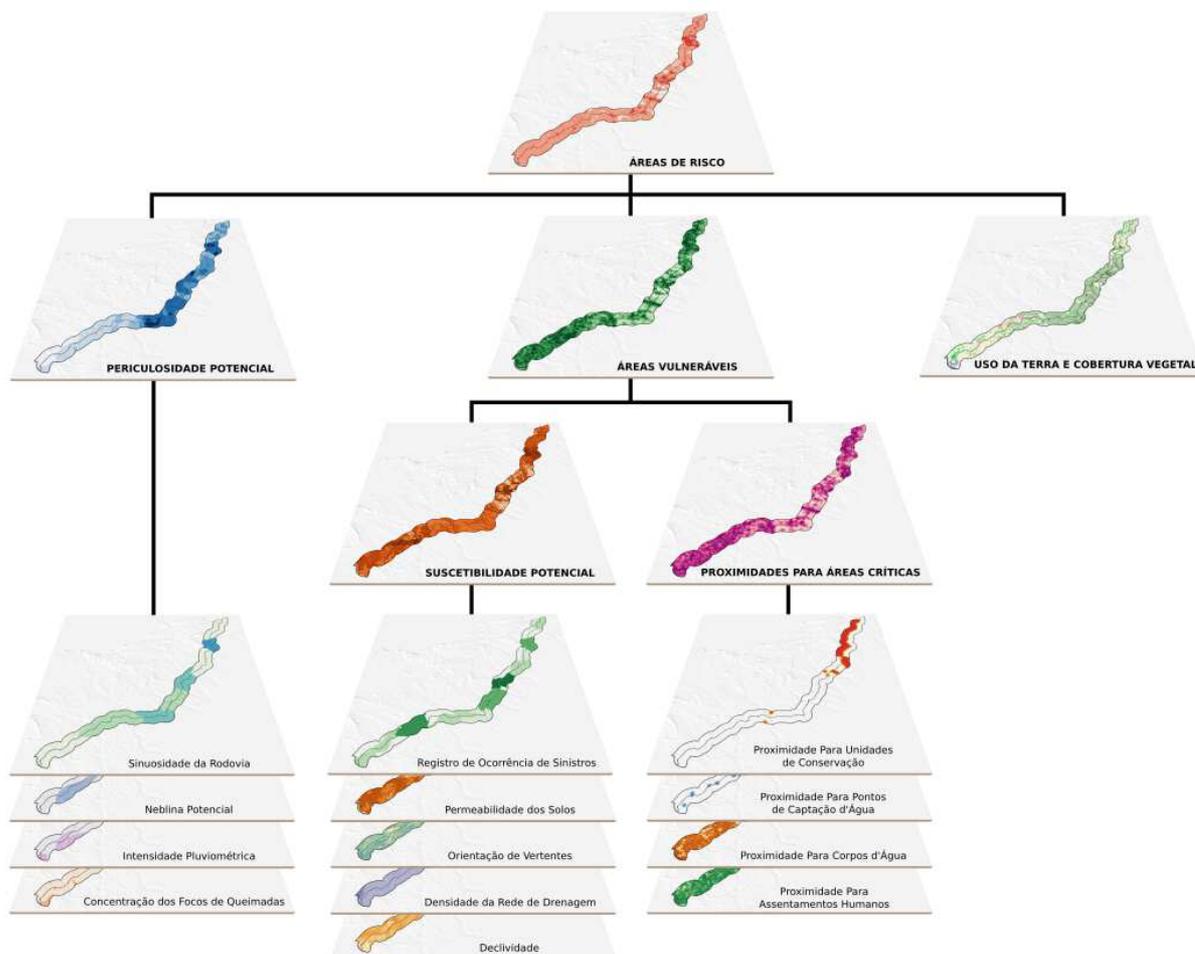
Classificações		Variáveis
Periculosidade Potencial		Índice de Sinuosidade da Rodovia
		Concentração dos Focos de Queimadas
		Intensidade Pluviométrica
		Neblina Potencial
Vulnerabilidade	Suscetibilidade Potencial	Declividade
		Densidade da Rede de Drenagem
		Permeabilidade dos Solos
		Orientação de Vertentes
		Registro de Ocorrência de Sinistros
	Áreas Críticas	Proximidade Para Corpos d'Água
		Proximidade Para Assentamentos Humanos
		Proximidade Para Unidades de Conservação
		Proximidade Para Pontos de Captação d'Água
Sem Classificação		Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Fonte: Autor (2016).

Após o agrupamento das variáveis em fatores que correspondem aos elementos constituintes do risco, procederam-se às integrações.

Para se chegar ao resultado final e representar cartograficamente as áreas de risco a acidentes com produtos perigosos na área de estudo, concebeu-se o modelo de inferência indutiva (Figura 22), no qual se vislumbra a metodologia proposta de integração dos dados.

Figura 21 - Árvore de decisão da metodologia de mapeamento de áreas de risco.



Fonte: Autor (2016).

Em um primeiro momento, foram realizadas integrações simples, ou seja, as variáveis foram combinadas de forma direta, isto é, sobre os dados originais (XAVIER DA SILVA, 2001, p. 175), decorrente da seguinte mecânica:

$$\text{VariávelA} + \text{VariávelB} + (\dots) + \text{VariávelZ} = \text{MapaSínteseA} \quad (5)$$

Posteriormente, para se chegar ao mapa sinótico de áreas de risco, recorreu-se ao processamento por intermédio da integração complexa. Isso corresponde à combinação que usa integrações prévias, como base para sua elaboração (XAVIER DA SILVA, 2001, p. 178), a partir da seguinte sintaxe:

$$\text{MapaSínteseA} + \text{MapaSínteseB} + (\dots) + \text{MapaSínteseZ} = \text{MapaFinal} \quad (6)$$

### 5.1.3 Integração das variáveis para obtenção da periculosidade potencial

A Periculosidade Potencial diz respeito à conjugação direta dos dados e representa a potencialidade de atribuir perigo iminente na elaboração das áreas de risco. Ela está associada às áreas onde podem ocorrer os acidentes com produtos perigosos.

Para a obtenção do mapa de Periculosidade Potencial, foram combinadas as variáveis Índice de Sinuosidade da Rodovia, Intensidade Pluviométrica, Concentração dos Focos de Queimadas, Neblina Potencial e Registro de Ocorrência de Sinistros, as quais receberam pesos e notas, conforme Quadro 11.

**Quadro 11 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração.**

Variáveis	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Índice de Sinuosidade da Rodovia	0,35	Retilíneo (1,00-1,25)	4	Baixo
		Moderadamente Sinuoso (1,25-1,50)	5	Médio
		Sinuoso (1,50-2,00)	7	Alto
		Demasiadamente Sinuoso (>2,00)	9	Muito Alto
Intensidade Pluviométrica	0,25	100-128 mm/ano	4	Baixo
		128-156 mm/ano	5	Médio
		156-184 mm/ano	6	Médio
		184-212 mm/ano	7	Alto
		212-240 mm/ano	8	Alto
		240-268 mm/ano	9	Muito Alto
Concentração de Focos de Queimadas	0,2	0-15 focos	4	Baixo
		15-30 focos	7	Alto
		>30 focos	10	Muito Alto
Neblina Potencial	0,2	Baixo Potencial	2	Muito Baixo
		Médio Potencial	5	Médio
		Alto Potencial	8	Alto

Fonte: Autor (2016).

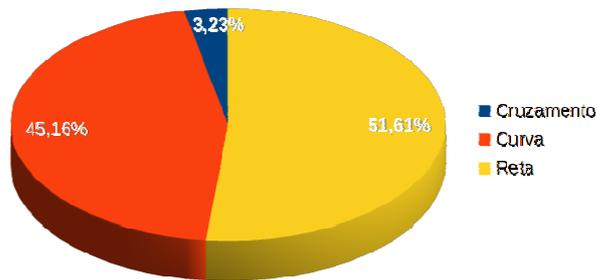
#### 5.1.3.1 Participação da variável índice de sinuosidade da rodovia

A variável Índice de Sinuosidade da Rodovia recebeu peso 0,3, o que corresponde a 30% de participação na responsabilidade pelo fator de periculosidade, porque, dentre os dados considerados para essa integração, é o único que se expressa permanentemente na área de estudo, pelo traçado da própria rodovia BR-101. Esse fato é potencializado pela relação força centrípeta vs. pseudo-força centrífuga, as quais agem/reagem sobre os veículos em velocidade

desproporcional ao ângulo aplicado nas trajetórias curvilíneas, de modo a conferir, assim, grau de dificuldade no controle de veículos.

As notas foram consideradas de acordo com o grau de possibilidade de envolvimento das classes como fator de perigo à ocorrência de sinistro, balizadas pelas informações prestadas pela Polícia Rodoviária Federal quanto ao tipo do traçado nos eventos de acidentes envolvendo veículos que transportam produtos químicos perigosos (Gráfico 2).

**Gráfico 2 - Relação acidentes vs. traçado da rodovia**



Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2016)

Ao analisar isoladamente a classe Retilíneo (1,00-1,25), o grau de possibilidade de ocorrência de acidentes em um trecho retilíneo seria muito baixo, mas, ao ser ponderado com a informação de que 51,61% dos sinistros ocorreram em trechos retos, atribuiu-se uma nota 4, elevando-se, assim, o nível de probabilidade desses eventos em segmentos retos da rodovia BR-101.

Em relação aos trechos curvilíneos da rodovia, estes foram divididos nas classes Sinuoso (1,50-2,00) e Demasiadamente Sinuoso (>2,00) e receberam notas 7 e 9, respectivamente, em função da relação da intensidade angular das curvas e os graus de possibilidade com o fenômeno em questão.

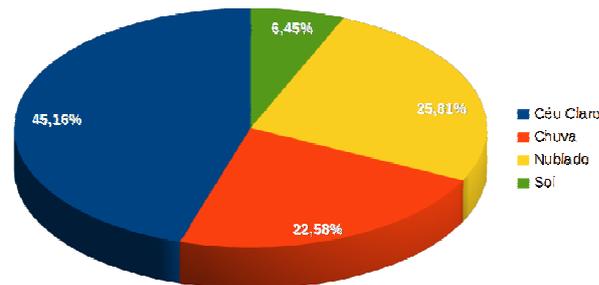
#### 5.1.3.2 Participação da variável intensidade pluviométrica

Esta variável colabora na integração com o peso 0,2, o que corresponde a 20% de participação na responsabilidade pelo fator de periculosidade, porque é uma variável que comporta em sua elaboração o fator tempo; por isso, ela ocorre mais intensamente nas estações apropriadas.

Além disso, considerou-se esse peso também em razão de se acrescentar fatores de perigo durante ou após sua ocorrência, como a possibilidade de erosão da rodovia ou encostas, formação de lâmina d'água sobre o asfalto, além de se afetar a visibilidade do condutor.

As notas foram concebidas de acordo com o grau de possibilidade de envolvimento das classes como fator de perigo à ocorrência de sinistro, balizadas pelas informações prestadas pela Polícia Rodoviária Federal quanto ao tipo das condições meteorológicas nos eventos de acidentes que envolvem veículos transportando produtos químicos perigosos (Gráfico 3).

**Gráfico 3 - Relação acidentes vs. condições meteorológicas.**



Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2016)

Ademais, essas notas foram atribuídas de acordo com a gradação da intensidade das chuvas, variando de 4 até a 9, o que corresponde a graus de possibilidade baixo e muito alto, respectivamente; elas, portanto, foram equalizadas pela proporção dos acidentes com TRPP (22,58%) sob condições meteorológicas de precipitação pluvial.

#### 5.1.3.3 Participação da variável concentração dos focos de queimadas

Esta variável contribui para a integração com o peso 0,15, o que corresponde a 15% de participação na responsabilidade pelo fator de periculosidade. Isso acontece porque, igualmente à variável anterior, considerou-se a escala temporal, por ela estar associada às queimadas sazonais nas áreas cultivadas pela cana-de-açúcar, representando aproximadamente 40% da área estudada. Esse fato constitui fator de perigo pela ameaça à visibilidade dos condutores de veículos nas temporadas de colheita e a possibilidade de incendiar um veículo transportador de produto perigoso, quando perpassa a área atingida pela queimada.

As notas concedidas às classes variaram de acordo com o registro da incidência dos focos de queimadas e suas representações espaciais, e isso está diretamente ligado à frequência de queimadas, de modo a ocasionar, por conseguinte, fumaça em um período de tempo maior, e não em concentração de fumaça, o que sugere o mapa dessa variável.

Assim, a classe pertinente à concentração de 0-15 focos recebeu nota 4, graças a sua vasta extensão espacial, que abrange a 47,30% da área estudada. A categoria 15-30 focos, obteve nota 7, proporcional à classe anterior, por corresponder basicamente ao dobro de incidência de focos associada a sua representatividade espacial, ou seja, 40,54% da superfície total analisada. Já a categoria >30 focos percebeu uma nota 10, diferenciando-se dos critérios das classes anteriores, isto é, o fator espacial foi analisado inversamente aos demais, o que representa uma maior incidência de focos de queimadas em uma área mais restrita. Isso significa dizer que em áreas onde há uma frequência maior de queimadas, portanto, agrega-se mais perigo.

#### 5.1.3.4 Participação da variável neblina potencial

A variável Neblina Potencial recebeu peso 0,15, o que corresponde a 15% de participação na responsabilidade pelo fator de periculosidade, devido ser uma variável estimada, não sendo possível precisar sua representação espacial, e porque essa possibilidade de ocorrência se limita às condições meteorológicas do ambiente e a um determinado horário do dia. É uma variável que possui significância probabilística como fator causador de acidentes.

As notas atribuídas corresponderam às das classes obtidas na sua elaboração. Dessa forma, a classe Baixo Potencial recebeu nota 2 por representar um grau de possibilidade de envolvimento muito baixo com o fator de periculosidade à ocorrência de acidentes com TRPP. Esse princípio é reproduzido para as outras duas categorias deste tema.

#### 5.1.3.5 Elaboração do mapa de periculosidade potencial

Antes de proceder à integração dos dados, fez-se necessária a conversão das variáveis do modelo geométrico de representação gráfica, passando-se do formato vetorial Shapefile (.SHP) para o formato matricial Geotiff (.TIF).

O procedimento de integração de dados em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) se deu através da aplicação da Calculadora Raster do *software* QGIS, no qual foi possível construir a expressão matemática que permitiu a combinação das variáveis. Por resultado dessa operação, apresenta-se o mapa de Periculosidade Potencial, ao se considerar os pesos e as notas atribuídas, conforme explicado no item anterior.

A fórmula adotada na calculadora Raster para a elaboração do mapa Periculosidade Potencial, foi a seguinte:

$$PP = (SR \times 0,35) + (IP \times 0,25) + (FQ \times 0,20) + (NP \times 0,20) \quad (7)$$

Onde:

PP = Periculosidade Potencial

SR = índice de Sinuosidade da Rodovia

IP = Intensidade Pluviométrica

FQ = Concentração de Focos de Queimadas

NP = Neblina Potencial

#### 5.1.4 Integração das variáveis para obtenção da suscetibilidade potencial

A Suscetibilidade Potencial refere-se à combinação direta das variáveis e representa a potencialidade de o ambiente sofrer e propagar os efeitos diretos e imediatos dos produtos químicos perigosos envolvidos em sinistros; em outras palavras, representa a propensão da área ser afetada por um determinado perigo. Ela é parte inerente à elaboração das áreas de risco e está associada às áreas que se apresentam frágeis aos eventos dessa natureza.

Para a obtenção do mapa de Suscetibilidade Potencial, foram conjugadas as variáveis Declividade, Densidade da Rede de Drenagem, Permeabilidade dos Solos e Orientação de Vertentes, as quais receberam pesos e notas, conforme Quadro 12.

**Quadro 12 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração.**

(continua)

Variáveis	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Declividade	0,2	Plano (0-3%)	4	Baixo
		Suave Ondulado (3-8%)	5	Médio
		Ondulado (8-20%)	6	Médio
		Forte Ondulado (20-45%)	8	Alto
		Montanhoso (45-75%)	8	Alto
		Forte Montanhoso (>75%)	7	Alto
Densidade da Rede de Drenagem	0,2	Baixa (<0,50)	5	Médio
		Medianamente Baixa (0,50-1,50)	6	Médio
		Medianamente Alta (1,50-2,50)	7	Alto
		Alta (2,50-3,50)	8	Alto
Permeabilidade dos Solos	0,3	Muito Baixa	1	Muito Baixo
		Baixa	4	Baixo
		Média	7	Alto
		Alta	9	Muito Alto
Orientação de Vertentes	0,15	Sudeste (135°)	6	Médio
		Sul (180°)	7	Alto
		Sudoeste (225°)	5	Médio

**Quadro 12 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração.**

(continuação)

Variáveis	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Orientação de Vertentes	0,15	Norte (0°)	7	Alto
		Nordeste (45°)	7	Médio
		Leste (90°)	7	Alto
		Oeste (270°)	5	Médio
		Noroeste (315°)	5	Médio
Registro de Ocorrência de Sinistros	0,15	0 Ocorrência	1	Muito Baixo
		1 Ocorrência	2	Muito Baixo
		2 Ocorrências	3	Baixo
		4 Ocorrências	6	Médio
		5 Ocorrências	8	Alto
		6 Ocorrências	10	Muito Alto

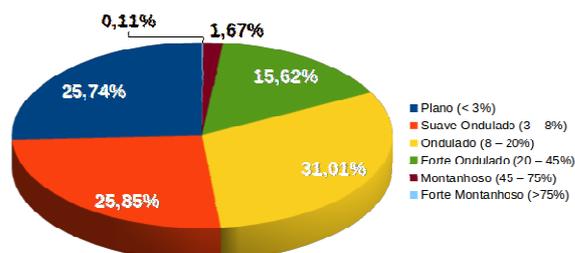
Fonte: Autor (2016).

#### 5.1.4.1 Participação da variável declividade

A variável Declividade, como fator de fragilidade, contribuiu com o peso 0,2, o que corresponde a 20% de participação total na análise em razão de ser um fator catalisador dos danos decorrentes de acidentes com TRPP no meio, com potencial de deflagrar uma situação de crise.

As notas foram equalizadas com base na planimetria realizada sobre o mapa de Declividade (Gráfico 4), a qual apontou que o relevo com declividades Planas (0-3%) e Suave Onduladas (3-8%), somadas, abrangem 51,59% da área estudada. Esse fato firma as notas 4 e 5 recebidas, respectivamente, de maneira a aumentar o grau de possibilidade de danos ao meio provenientes de potenciais acidentes.

**Gráfico 4 - Distribuição percentual da declividade na área de estudo.**



Fonte: Autor (2016).

A classe Forte Montanhoso (>75%) recebeu apenas a nota 7 devido ao fato de inclinações dessas proporções terem pouca representatividade espacial e se encontrarem inalcançáveis pela rodovia BR-101 em solo alagoano.

#### 5.1.4.2 Participação da variável densidade da rede de drenagem

Esta variável recebeu peso 0,25, o que corresponde a 25% de participação na elaboração do mapa de Suscetibilidade, porque influencia diretamente no escoamento superficial dos produtos químicos líquidos perigosos, drenando-os para corpos d'água à jusante do local do sinistro.

As notas foram atribuídas em função do grau de possibilidade de associação dessa variável com a declividade para fenômeno proposto e tiveram seus valores ponderados proximamente, variando de 5 para a classe Baixa (<0,50) a 8 para a classe Alta (2,50-3,50) em intervalos unitários.

#### 5.1.4.3 Participação da variável permeabilidade dos solos

A permeabilidade dos solos obteve um peso de 0,35, o que corresponde a 35% de participação na responsabilidade pelo fator suscetibilidade, porque indica o grau de facilidade de passagem de fluidos para as camadas subsuperficiais dos solos. Dentre os dados considerados para essa conjugação, esse é aquele que recebe o primeiro impacto dos danos ambientais provenientes de sinistros com TRPP.

A análise primou pela infiltração/percolação, visto que as demais variáveis têm uma perspectiva direcionada ao escoamento.

As notas foram distribuídas às classes de acordo com o seu grau de possibilidade de ocorrência com a natureza do mapeamento, proposto em razão da textura dos tipos de solos ocorrentes na área estudada.

A classe Muito Baixa Permeabilidade recebeu nota 1 por estar associada a uma textura argilosa e muito argilosa do solo Latossolo Amarelo. Como se expressa predominantemente em relevo plano, restringe-se a uma percolação baixa e pouca tendência ao escoamento superficial.

A categoria Baixa Permeabilidade obteve nota 4 devido a sua associação à textura argilosa dos tipos Cambissolos Flúvicos, Argissolos Vermelhos e Latossolo Vermelho-Amarelo, com ocorrência predominante nos relevos movimentados, desde suave-ondulados até montanhosos. Essa categoria tende mais ao escoamento do que à infiltração.

A classe Média Permeabilidade adquiriu nota 7 por corresponder às texturas médias e arenoargilosas dos tipos Argissolos Acinzentados, Amarelos e Vermelho-Amarelos, Gleissolos Háplicos, Latossolo Vermelho, Luvisolos Crômicos e Planossolos Háplicos.

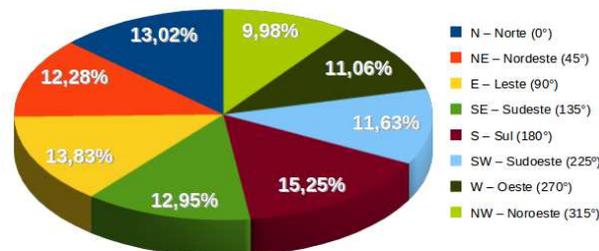
A categoria Alta Permeabilidade recebeu nota 9 por estar associada às texturas predominantemente arenosas dos solos do tipo Espodossolo Ferrihumilúvico e Neossolos Flúvico e Litólico.

#### 5.1.4.4 Participação da variável orientação de vertentes

Esta variável participou na composição do fator de suscetibilidade com o peso 0,20 (20%), porque pode influenciar tanto no escoamento superficial quanto na infiltração dos produtos químicos líquidos perigosos.

As notas foram pesadas de acordo com as informações de área extraídas do mapa da própria variável (Gráfico 5) e atribuídas em função das proporções espaciais de cada categoria; elas variaram de médio a alto grau de possibilidade de associação com o fenômeno pertinente às áreas suscetíveis.

**Gráfico 5 - Distribuição percentual das classes de orientação de vertentes na área de estudo.**



Fonte: Autor (2016).

Todas as categorias obtiveram notas balizadas pelas participações proporcionais às áreas abrangidas.

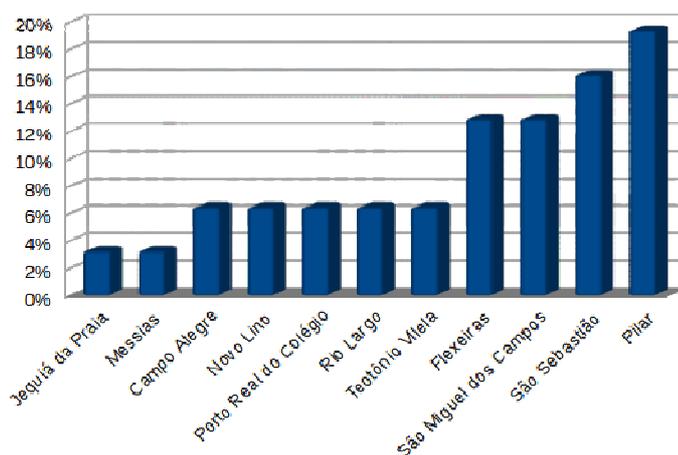
Destacam-se as classes Norte (0°), Nordeste (45°) e Leste (90°) que receberam nota 7, igualando-se em importância à classe Sul (180°), porque na região Nordeste do Brasil há uma incidência solar maior nessas vertentes, de modo a deixar os solos mais secos e duros, o que favorece o escoamento superficial mais rápido em comparação com as demais orientações.

#### 5.1.4.5 Participação da variável registro de ocorrência de sinistros

A variável Registro de Ocorrência de Sinistros recebeu peso 0,2, ou seja, 20% de participação na elaboração do fator de periculosidade, por representar estatisticamente a contabilização dos acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos, isto é, são fatos concretizados.

As notas foram distribuídas de acordo com o grau de possibilidade de envolvimento das classes como fator de perigo à ocorrência de sinistro, apoiadas nas informações prestadas pela Polícia Rodoviária Federal quanto à quantidade de eventos de acidentes envolvendo veículos transportando produtos químicos perigosos por municípios (Gráfico 6).

**Gráfico 6 - Distribuição percentual do registro de sinistros nos municípios abrangidos pela área de estudo.**



Fonte: Autor (2016).

A classe 0 Ocorrência recebeu nota 1 por não registrar nenhuma ocorrência de acidentes entre os anos de 2007 e 2015, nos municípios constituintes da área estudada; portanto, apresenta muito baixo grau de possibilidade de eventos dessa natureza acontecer, sem desprezar a chance de isso suceder.

As categorias 5 Ocorrências e 6 Ocorrências receberam respectivamente notas 9 e 10. Por isso, são considerados graus de possibilidades alto e muito alto, respectivamente, devido ao fato de já haver um registro histórico, o que indica que eventos que envolvem TRPP tendem a continuar ocorrendo em maior quantidade nesses lugares.

#### 5.1.4.6 Elaboração do mapa de suscetibilidade potencial

Anteriormente à integração dos dados, foi realizada a conversão das variáveis do formato vetorial *Shapefile* (.SHP) para o formato matricial *Geotiff* (.TIF).

O procedimento de integração de dados em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) se deu através da função Calculadora *Raster* do *software* QGIS, no qual foi possível executar a expressão matemática que permitiu a conjugação das variáveis. O resultado dessa operação foi o mapa de Suscetibilidade Potencial, com atribuição dos pesos e das notas como já explicado.

A fórmula adotada na calculadora *Raster* para a elaboração do mapa Suscetibilidade Potencial se expressa da seguinte forma:

$$SP = (PS \times 0,30) + (DD \times 0,20) + (OV \times 0,15) + (DV \times 0,20) + (OS \times 0,15) \quad (8)$$

Onde:

SP = Suscetibilidade Potencial

PS = Permeabilidade dos Solos

DD = Densidade da Rede de Drenagem

OV = Orientação de Vertentes

DV = Declividade

OS = Registro de Ocorrência de Sinistros

#### 5.1.5 Integração das variáveis para obtenção das áreas críticas

O fator Proximidades para Áreas Críticas refere-se à integração direta das variáveis e representa os níveis de criticidade de locais mais sensíveis aos efeitos diretos do impacto causado pelos produtos perigosos.

Para a obtenção do mapa de Áreas Críticas, foram combinadas as variáveis de Proximidades para Unidades de Conservação, Assentamentos Humanos, Corpos d'Água e Pontos de Captação d'Água, as quais receberam os pesos e notas, conforme Quadro 13.

**Quadro 13 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração.**

Variáveis	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Proximidades para Corpos d'Água	0,3	Proximidade 0-400 m	10	Muito Alto
		Proximidade 400-800 m	7	Alto
		Proximidade 800-1.200 m	5	Médio
		Proximidade 1.200-1.600 m	3	Baixo
Proximidades para Assentamentos Humanos	0,35	Proximidade 0-400 m	10	Muito Alto
		Proximidade 400-800 m	7	Alto
		Proximidade 800-1.200 m	5	Médio
		Proximidade 1.200-1.600 m	3	Baixo

Variáveis	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Proximidades para Unidades de Conservação	0,15	Proximidade 0-400 m	10	Muito Alto
		Proximidade 400-800 m	7	Alto
		Proximidade 800-1.200 m	5	Médio
		Proximidade 1.200-1.600 m	3	Baixo
Proximidades para Pontos de Captação d'Água	0,2	Proximidade 0-400 m	10	Muito Alto
		Proximidade 400-800 m	7	Alto
		Proximidade 800-1.200 m	5	Médio
		Proximidade 1.200-1.600 m	3	Baixo

Fonte: Autor (2016).

#### 5.1.5.1 Participação da variável proximidades para corpos d'água

A variável Proximidades para Corpos d'Água recebeu peso 0,3, o que corresponde a 30% de participação na avaliação de elaboração do fator de proximidades para as áreas críticas, porque os corpos d'água são ecossistemas frágeis e eficientes veículos de contaminação, ao potencializar o alastramento de substâncias químicas, as quais comprometem a qualidade da saúde ambiental.

As classes dessa variável receberam notas que variaram entre 3 e 10, compatíveis com o grau de possibilidade de ocorrência em função dos níveis de criticidade estabelecidos pelas faixas de distâncias, a partir de 1.600 metros até aos locais onde a exposição à concentração tóxica possam comprometer o recurso natural e a saúde.

#### 5.1.5.2 Participação da variável proximidades para assentamentos humanos

Esta variável recebeu peso 0,35, o que corresponde a 35% de participação na avaliação de elaboração do fator de proximidades para as áreas críticas, dado que os assentamentos humanos representam os locais mais vulneráveis à exposição dos produtos químicos perigosos rodotransportados, pois afetam diretamente a saúde e a vida.

As classes dessa variável receberam notas que variaram de 3 a 10, compatíveis ao grau de possibilidade de ocorrência em função dos níveis de criticidade estabelecidos pelas faixas de distâncias, a partir de 1.600 metros até aos locais onde a exposição à concentração tóxica possam comprometer a saúde e a vida humanas.

#### 5.1.5.3 Participação da variável proximidades para unidades de conservação

Esta variável recebeu peso 0,15, correspondente a 15% de participação na avaliação de

elaboração do fator de proximidades para as unidades de conservação da natureza, tendo em vista que são áreas de relevante interesse ecológico em razão de abrigarem importantes espécies da biodiversidade faunística e florística e dos recursos naturais.

As classes dessa variável receberam notas que variaram de 3 a 10, compatíveis ao grau de possibilidade de ocorrência em função dos níveis de criticidade estabelecidos pelas faixas de distâncias, a partir de 1.600 metros distantes das áreas protegidas até aos seus limites.

#### 5.1.5.4 Participação da variável proximidades para pontos de captação d'água

A participação desta variável obteve peso 0,20, o que corresponde a 20% de participação na avaliação de elaboração do fator de proximidades para os pontos de captação d'água, visto que são locais que correspondem às outorgas superficiais e subsuperficiais de uso da água para as finalidades de irrigação, abastecimento industrial e abastecimento humano. São aspectos de relevante suscetibilidade, pois, em caso de afetação desses locais por produtos perigosos, podem ser ampliados os danos ao meio e à saúde pública.

As classes dessa variável receberam notas que variaram de 3 a 10, compatíveis ao grau de possibilidade de ocorrência em função dos níveis de criticidade estabelecidos pelas faixas de distâncias, a partir de 1.600 metros até aos locais onde a exposição à toxicidade possam alcançar áreas, lugares e pessoas em maior escala.

#### 5.1.5.5 Elaboração do mapa de proximidades para áreas críticas

Preliminarmente à integração dos dados, realizou-se a conversão das variáveis do formato vetorial *Shapefile* (.SHP) para o formato matricial *Geotiff* (.TIF).

O procedimento de combinação de dados em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) se deu através da função Calculadora *Raster* do software QGIS, no qual foi possível executar a expressão matemática que permitiu a conjugação das variáveis. O resultado dessa operação foi o mapa de Proximidades para Áreas Críticas, atribuindo-se os pesos e as notas como já explicado.

A fórmula adotada na calculadora *Raster* para a elaboração do mapa Áreas Críticas se expressa da seguinte forma:

$$PAC = (PCA \times 0,30) + (PAH \times 0,35) + (PUC \times 0,15) + (PPA \times 0,20) \quad (9)$$

Onde:

PAC = Proximidades Para Área Críticas

PCA = Proximidades Para Corpos d' Água  
 PAH = Proximidades Para Assentamentos Humanos  
 PUC = Proximidades Para Unidades de Conservação  
 PPA = Proximidades Para Pontos de Captação d' Água

### 5.1.6 Integração das variáveis para obtenção das áreas vulneráveis

As Áreas Vulneráveis dizem respeito ao entrecruzamento de dados de Suscetibilidade Potencial e de Proximidades para Áreas Críticas, elaborados previamente, pois correspondem a uma integração complexa, baseado no entendimento de Hossini (2008) de que a vulnerabilidade é considerada função da suscetibilidade e do grau de criticidade ou de exposição ao perigo. Os temas integrados receberam pesos e notas, conforme Quadro 14.

**Quadro 14 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração.**

Parâmetros	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Suscetibilidade Potencial	0,5	Potencial Muito Baixo (Nota 2)	2	Muito Baixo
		Potencial Baixo (Notas 3-4)	3	Baixo
		Potencial Médio (Notas 5-6)	5	Médio
		Potencial Alto (Nota 7)	7	Alto
Áreas Críticas	0,5	Criticidade Nula (Nota 0)	0	Nulo
		Moderadamente Crítica (Notas 1-2)	2	Muito Baixo
		Crítica (Notas 3-4)	4	Baixo
		Muito Crítica (Notas 5-6)	6	Médio
		Extremamente Crítica (Notas 7-8)	8	Alto

Fonte: Autor (2016).

#### 5.1.6.1 Participação das variáveis suscetibilidade potencial e áreas críticas

Estas variáveis receberam peso de 0,5, o que representa 50% de responsabilidade na elaboração do mapa de áreas vulneráveis, porque, conjugados, complementam-se na construção de um tema de magnitude mais abrangente, de modo a refletir os graus de vulnerabilidade ao risco estudado.

As notas atribuídas consideraram as mesmas que retornaram como resultado nas respectivas avaliações que lhes deram origem, obedecendo, assim, ao grau de possibilidade de associação das classes com a ocorrência do fenômeno estudado.

### 5.1.6.2 Elaboração do mapa de áreas vulneráveis

Previamente à integração dos dados, converteram-se as variáveis do formato vetorial Shapefile (.SHP) para o formato matricial Geotiff (.TIF).

O procedimento de combinação de dados em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) se deu através da função Calculadora Raster do software QGIS, no qual foi possível executar a expressão matemática que permitiu a conjugação das variáveis, tendo por resultado dessa operação o mapa de Áreas Vulneráveis, atribuindo-se os pesos e as notas como já explicado.

A fórmula adotada na calculadora Raster para a elaboração do mapa Áreas Vulneráveis se expressa da seguinte forma:

$$AV = (SP \times 0,50) + (PAC \times 0,50) \quad (10)$$

Onde:

AV = Áreas Vulneráveis

SP = Suscetibilidade Potencial

PAC = Proximidades Para Área Críticas

### 5.1.7 Integração das variáveis para obtenção das áreas de risco

As Áreas de Risco correspondem à combinação dos dados de Periculosidade Potencial, Áreas Vulneráveis, elaborados previamente e do Uso da Terra e Cobertura Vegetal, visto que coincidem com uma integração complexa. Essa integração adotou o modelo conceitual de Pécurto (2010), o qual sustenta que o risco se apoia em três pilares: a) Perigo; b) Vulnerabilidade; e c) Elementos Expostos. Neste estudo, considerou-se este último pilar como sendo a variável Uso da Terra e Cobertura Vegetal. As variáveis integradas receberam pesos e notas, conforme Quadro 15.

**Quadro 15 - Atribuição de pesos e notas para as variáveis e respectivas classes utilizados na integração.**

(continua)

Variáveis	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Periculosidade Potencial	0,35	Baixa (Notas 3-4)	4	Baixo
		Média (Notas 5-6)	6	Médio
		Alta (Notas 7-8)	8	Alto
Áreas Vulneráveis	0,3	Muito Baixa (Nota 2)	2	Muito Baixo
		Baixa (Notas 3-4)	3	Baixo
		Média (Notas 5-6)	5	Médio
		Alta (Nota 7)	7	Alto

Variáveis	Pesos	Classes	Notas	Graus de Possibilidade
Uso da Terra e Cobertura Vegetal	0,35	Afloramento Rochoso	0	Nulo
		Arrozal	5	Médio
		Exploração Mineral	2	Baixo
		Campo Sujo	4	Baixo
		Eucalipto	4	Baixo
		Coqueiral	5	Médio
		Sítio Industrial	5	Médio
		Canavial	6	Médio
		Macega	6	Médio
		Solo Exposto	5	Médio
		Pastagem	7	Alto
		Áreas Urbanizadas	9	Muito Alto
		Pequenas Lavouras	9	Muito Alto
		Vegetação em Estágio de Sucessão Natural	9	Muito Alto
		Corpos d'Água	10	Muito Alto
Remanescentes de Vegetação	10	Muito Alto		

Fonte: Autor (2016).

#### 5.1.7.1 Participação das variáveis periculosidade potencial e áreas vulneráveis

Estas variáveis receberam peso de 0,35 e 0,3, o que representa 35% e 30%, respectivamente, de responsabilidade na elaboração do mapa das áreas de risco, porque foram ponderadas suas importâncias relativas de responsabilidade pela situação analisada. Assim, entendeu-se que o fator perigo exerce maior participação na avaliação em relação ao fator vulnerabilidade.

As notas atribuídas a essas variáveis consideraram aquelas que retornaram como resultado nas respectivas avaliações que lhes deram origem, observando-se, assim, o grau de possibilidade de associação das classes com a ocorrência do fenômeno estudado.

#### 5.1.7.2 Participação da variável uso da terra e cobertura vegetal

A variável Uso da Terra e Cobertura Vegetal obteve peso 0,35, correspondente a 35% de responsabilidade na elaboração do mapa das áreas de risco, pelo motivo de suas classes serem consideradas como os elementos expostos ao perigo.

As notas foram consideradas de acordo com o grau de possibilidade de envolvimento das classes como fator de perigo à ocorrência de sinistro com produtos perigosos, no que diz

respeito aos prejuízos e perdas causados às atividades agropecuárias, ao meio ambiente, à vida e à saúde humana.

Destacam-se as notas empregadas às pastagens e pequenas lavouras, 7 e 9, respectivamente, em face da possibilidade de prejuízos financeiros ou perdas materiais.

Ganham notoriedade também os elementos naturais Remanescente de Vegetação, Corpos d'Água e Vegetação em Estágio de Sucessão Natural, com nota 9, baseados na expectativa de danos ao meio ambiente (fauna e flora) e aos recursos naturais.

### 5.1.7.3 Elaboração do mapa de áreas de risco

Antes de proceder à conjugação dos dados, fez-se necessário converter as variáveis do formato vetorial *Shapefile* (.SHP) para o formato matricial *Geotiff* (.TIF).

O procedimento de combinação de dados em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) se deu através da função Calculadora *Raster* do software QGIS, no qual foi possível executar a expressão matemática que permitiu a conjugação das variáveis, tendo por resultado dessa operação o mapa de Áreas de Risco, atribuindo-se os pesos e as notas como explicado anteriormente.

A fórmula adotada na calculadora *Raster* para a elaboração do mapa Áreas de Risco é representada pela seguinte expressão:

$$AR=(PP\times 0,35)+(AV\times 0,30)+(UT\times 0,35) \quad (11)$$

Onde:

AR = Áreas de Risco

PP = Periculosidade Potencial

AV = Áreas Vulneráveis

UT = Uso da Terra e Cobertura Vegetal

## 5.2 Resultados finais

Os resultados apresentados nesta seção dizem respeito às integrações simples e complexas entre os cartogramas constituintes na base de dados, os quais resultaram nos planos de informação de Áreas de Periculosidade Potencial, Áreas de Suscetibilidade Potencial, Áreas Críticas, Áreas Vulneráveis e, corolariamente, no cartograma das Áreas de Risco, objeto deste estudo, os quais estão descritos a seguir.

### 5.2.1 Áreas de periculosidade potencial

O mapeamento das áreas de periculosidade potencial foi realizado a partir da conjugação dos planos de informação de Índice de Sinuosidade da Rodovia, de Concentração dos Focos de Queimadas, da Intensidade Pluviométrica e da Neblina Potencial.

As áreas de periculosidade potencial referem-se àquelas que apresentam ameaça de proporcionar acidentes que envolvem veículos transportadores de produtos químicos, os quais podem contaminar o meio e as pessoas. No entanto, vários são os fatores que podem favorecer a ocorrência desses acidentes, por exemplo, a saúde física e emocional dos condutores, a precariedade do asfalto e dos veículos, dentre outros. Porém, foram adotados, neste estudo, fatores associados à meteorologia e intervenções antrópicas que têm relação direta com o fenômeno abordado.

O cômputo da média ponderada aplicada às variáveis acima mencionadas retornou às notas compreendidas entre 3 e 8; estas, ordenadas da menor para maior, foram agrupadas em três níveis de perigo que podem favorecer os acidentes com TRPP na área analisada. Esses graus se apresentaram como Baixo Potencial, Médio Potencial e Alto Potencial.

Para que isso fosse possível, foi realizada a transposição das classes que se encontravam na escala ordinal (quantitativa) para a escala nominal (qualitativa), uma vez que elas permitem agrupamentos de categorias por similaridade. Por essa razão, as notas 3 e 4 foram agrupadas em uma única classe e renomeadas como Baixo Potencial (Quadro 16). Seguindo esse princípio, as notas 5 e 6 foram aglutinadas na categoria Médio Potencial e, por fim, as notas 7 e 8 foram coligidas na classe Alto Potencial.

**Quadro 16 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de periculosidade potencial.**

Notas	Classes Agrupadas	Ocorrência das Classes
0	Nulo	-
1 e 2	Muito Baixo	-
3 e 4	Baixo	Sim
5 e 6	Médio	Sim
7 e 8	Alto	Sim
9 e 10	Muito Alto	-

Fonte: Autor (2016).

As notas compreendidas de 0 a 2 e de 9 a 10 não foram expressas no resultado da integração, o que significa que não houve representações dos potenciais muito baixo e muito alto, respectivamente.

Dessa forma, foi possível identificar, a partir da planimetria realizada sobre esse cartograma, que a classe Médio Potencial (Notas 5-6) se sobressai espacialmente em relação às demais, com uma extensão de 98.222,47 hectares, o que corresponde a 41,43% da superfície total analisada (Tabela 18).

Sua representação geográfica se dá de maneira mais destacada na porção norte da área de estudo, compreendida entre os municípios de Novo Lino, Colônia Leopoldina, Matriz de Camaragibe e Joaquim Gomes, assim como entre Messias e Rio Largo. Há ainda outras 5 pequenas manifestações nos territórios municipais de Pilar, São Miguel dos Campos, Teotônio Vilela e Junqueiro.

**Tabela 18 - Planimetria das áreas de periculosidade potencial**

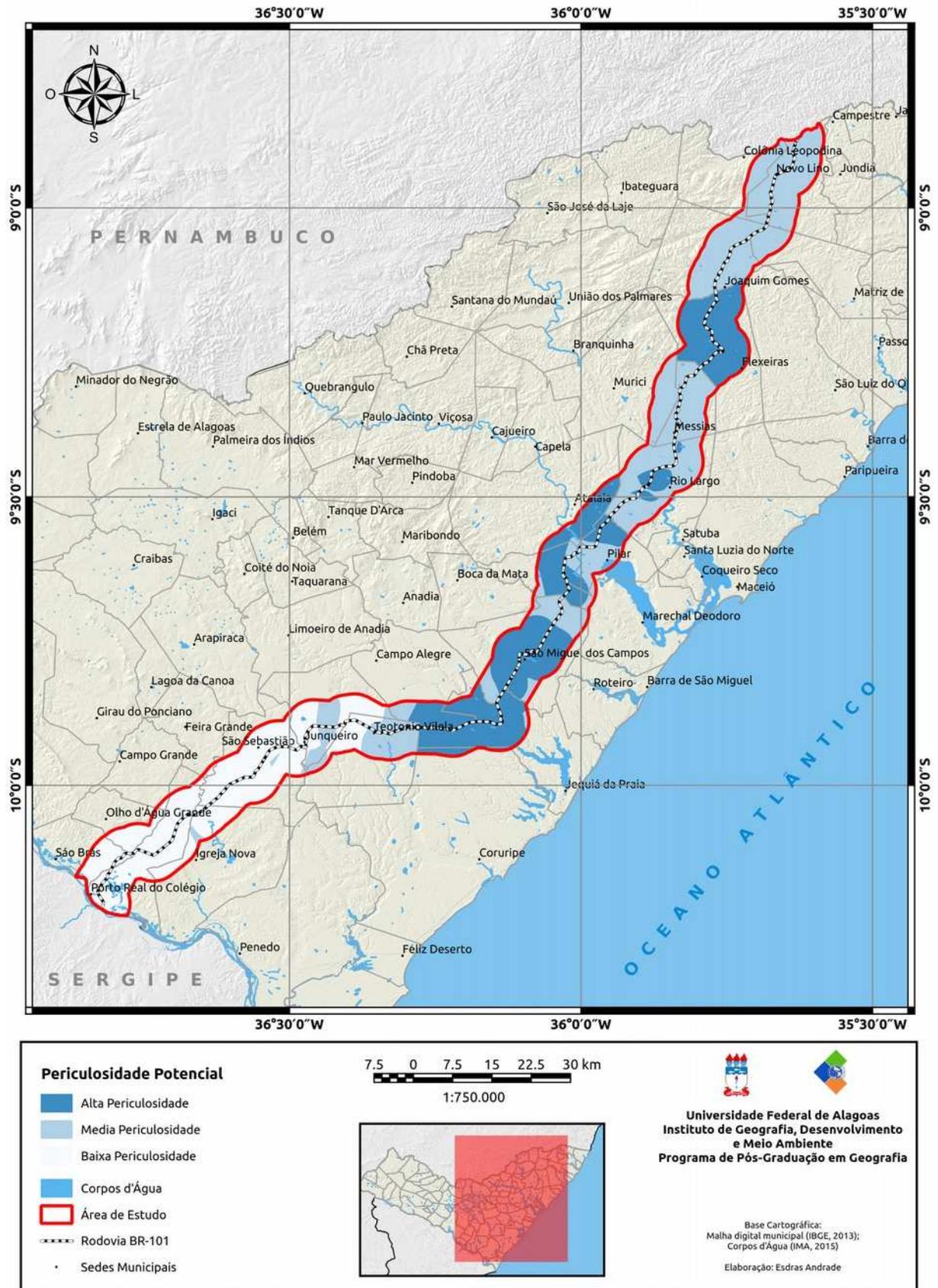
<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Baixo Potencial (Notas 3-4)	64.523,83	27,22
Médio Potencial (Notas 5-6)	98.222,47	41,43
Alto Potencial (Notas 7-8)	74.320,40	31,35
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

A classe Alto Potencial (Notas 7-8) abrange 31,35% da área total estudada, expressando-se através de 3 grandes partições preponderantes. No norte, entre Messias e Joaquim Gomes; no centro, compreendendo partes dos municípios de Atalaia, Pilar e Boca da Mata; e entre São Miguel dos Campos e Jequiá da Praia (Figura 22).

A categoria que detém a menor cobertura areal corresponde ao Baixo Potencial (Notas 3-4), com 27,22%, e se estende por toda porção sul da área de estudo, de Junqueiro a São Brás e Porto Real do Colégio.

Figura 22 - Áreas potenciais a periculosidade de acidentes com produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101.



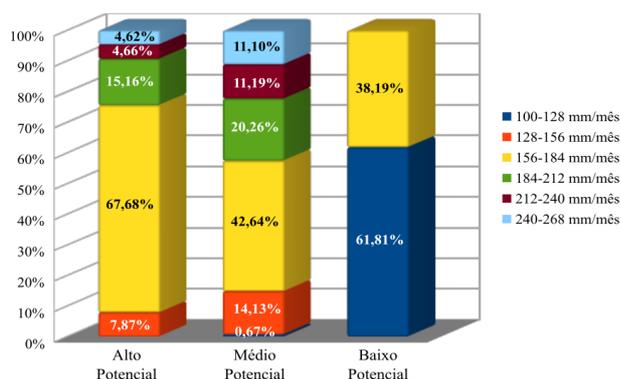
Fonte: Autor (2016).

Diante disso, ao se analisar o Gráfico 7, é possível verificar que a faixa 156-184mm/mês da variável intensidade pluviométrica influencia em 67,68% (50.302,19ha), seguida da faixa 184-212mm/mês com 15,16% (11.266,91ha) na área abrangida pela classe de periculosidade Alto Potencial (Notas 7-8).

No que se refere à classe Médio Potencial (Notas 5-6), este mesmo fator contribui com cerca de 77% (75.660ha) através das faixas somadas entre 128 e 212mm/mês; ao passo que a ocorrência da categoria Baixo Potencial (Notas 3-4) admite a predominância da faixa 100-128mm/mês com 61,81% (39.879,02) da intensidade pluviométrica.

De forma geral, as faixas pluviométricas mais intensas, como a 240-268mm/mês, têm pouca participação espacial no fenômeno em questão, com aproximadamente 14,70% da área estudada. Em contrapartida, a classe 156-184mm/mês atua em mais de 49%, ou seja, 116.833,70 hectares desta mesma área.

**Gráfico 7 - Distribuição percentual da intensidade pluviométrica no mapa de periculosidade potencial**

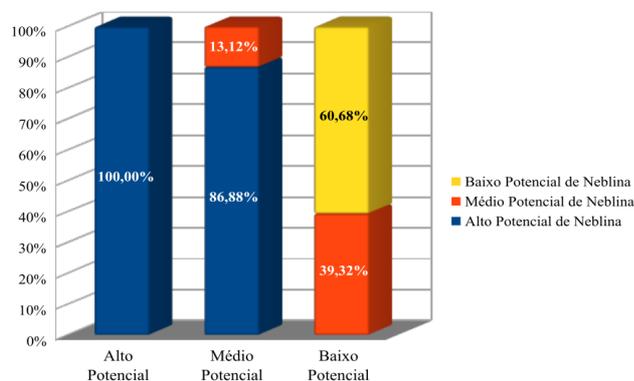


Fonte: Autor (2016).

No que diz respeito à análise do Gráfico 8, a classe Alto Potencial (Notas 7-8) está totalmente inserida (237.066,70ha) em zona que possui alto potencial de ocorrência de neblina, enquanto a classe Médio Potencial (Notas 5-6) se estabelece em 86,88% (85.333,56ha) da mesma região de incidência da neblina potencial.

O baixo potencial de neblina coincide em aproximadamente 61% (39.152,19ha) com a categoria Baixo Potencial (Notas 3-4) de periculosidade, ao tempo em que cerca de 39% (25.371,64ha) dessa classe se dá em áreas de médio potencial de neblina.

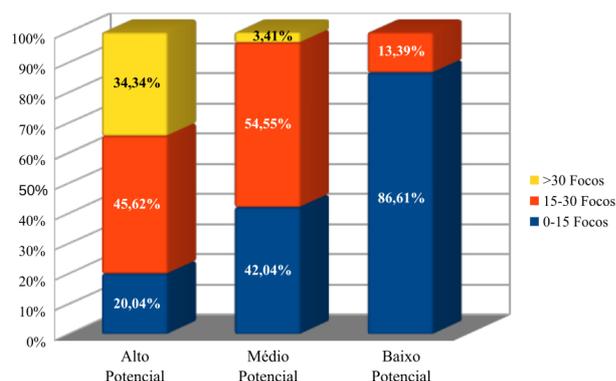
**Gráfico 8 - Distribuição percentual da neblina potencial no mapa de periculosidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

Em relação à concentração dos focos de queimadas (Gráfico 9) na área de abrangência da categoria Alto Potencial (Notas 7-8) de periculosidade, verifica-se uma incidência em regiões que detêm de nenhuma a muita possibilidade de ocorrência de fumaça, decorrentes do registro histórico de focos de queimadas sazonais em áreas agrícolas; nesse caso, a queima da cana-de-açúcar. Cerca de 45%, ou seja, 33.905,54ha dessa categoria está sujeita à concentração de 15-30 focos de queimadas e outros 34% (25.518,53ha) à concentração de valores superiores a 30 focos.

**Gráfico 9 - Distribuição percentual da concentração dos focos de queimadas no mapa de periculosidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

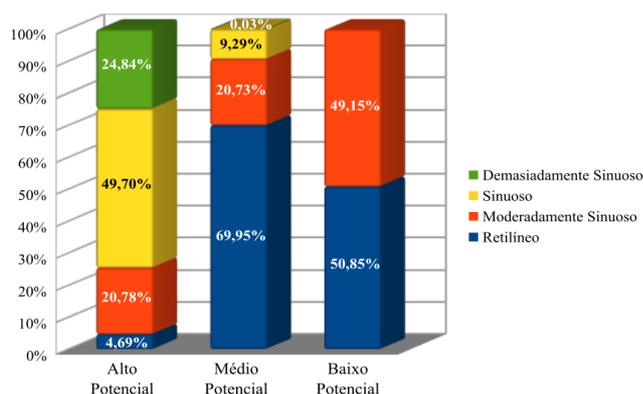
Na classe Médio Potencial (Notas 5-6), predominam com 54,55% (53.578,58ha) as áreas submetidas a um cenário mediano de possibilidade de ocorrência de fumaça, representado pela concentração de 15-30 focos de queimadas. Enquanto que, na classe Baixo Potencial (Notas 3-4) de periculosidade, em torno de 86% da superfície abrangida por essa categoria, essa ocorrência se dá em regiões com baixo registro de focos de queimadas

sazonais, como é o caso dos lugares que possuem atividades pecuárias.

No que se refere à distribuição percentual da sinuosidade da rodovia BR-101 no Estado de Alagoas, a análise ao Gráfico 10 indica que, para a classe Alto Potencial (Notas 7-8), cerca de 75% (55.395,16ha) de sua expressão espacial efetua-se em trechos sinuosos e demasiadamente sinuosos.

Para a categoria Médio Potencial (Notas 5-6), há um predomínio de aproximadamente 90%, isto é, 89.066,21 hectares, de trechos retilíneos e moderadamente sinuosos da rodovia, enquanto que 100% (98.222,47ha) desses trechos compõem a categoria Baixo Potencial (Notas 3-4) de periculosidade a proporcionar acidentes com veículos transportadores de produtos químicos.

**Gráfico 10 - Distribuição percentual do índice de sinuosidade da rodovia no mapa de periculosidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

De maneira geral, é possível comprovar que a prevalência dos graus de perigo delimitados equivale às classes de mesmos níveis das variáveis que a compõem. Por exemplo, na classe Alto Potencial (Notas 7-8), prevalece a ocorrência das classes de maiores valores, concentrações e intensidades. O mesmo silogismo vale para as outras classes.

### 5.2.2 Áreas de suscetibilidade potencial

O mapeamento das áreas de suscetibilidade potencial foi realizado a partir da combinação dos planos de informação de Declividade, Densidade da Rede de Drenagem, Permeabilidade dos Solos, Orientação de Vertentes e Registro de Ocorrência de Sinistros.

A avaliação por média ponderada entre as variáveis acima citadas retornou notas compreendidas entre 2 e 7, sendo, portanto, agrupadas em quatro níveis de suscetibilidade, por meio dos quais o ambiente está exposto ao perigo.

Esses níveis de suscetibilidade foram nominados seguindo a técnica da transposição de classes, pois se apresentavam na escala ordinal e foram transformadas para a escala nominal, o que permitiu, assim, o agrupamento das categorias por níveis de similaridade. Dessa forma, as notas 2 e 7 não sofreram aglutinamento, pois se apresentaram isoladas, mas foram reclassificadas como Muito Baixo Potencial e Alto Potencial, respectivamente. Entretanto, as notas 3 e 4 foram unidas em uma única classe e renomeada como Baixo Potencial, e as notas 5 e 6 foram agrupadas na categoria Médio Potencial (Quadro 17).

**Quadro 17 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de suscetibilidade potencial.**

Notas	Classes Agrupadas	Ocorrência das Classes
0	Nulo	-
1 e 2	Muito Baixo	Sim, apenas 2
3 e 4	Baixo	Sim
5 e 6	Médio	Sim
7 e 8	Alto	Sim, apenas 7
9 e 10	Muito Alto	-

Fonte: Autor (2016).

As notas compreendidas de 9 a 10 não foram expressas no resultado da integração, o que significa que não houve representações do potencial muito alto.

Assim, identificou-se através da mensuração realizada neste plano de informação que a classe Médio Potencial (Notas 5-6) se destaca espacialmente em relação às demais, e, assim, atinge uma extensão de 170.503,48 hectares, o que corresponde a 71,92% da superfície total analisada (Tabela 19).

Sua abrangência territorial ocorre em todos os setores da área estudada, de norte a sul, sendo intercalada por pequenos segmentos referentes às outras classes. Na porção centro, entre os municípios de Rio Largo e São Miguel dos Campos, sua incidência é considerada tímida em proporção aos outros setores abrangidos por essa classe.

**Tabela 19 - Planimetria das áreas de suscetibilidade potencial**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Muito Baixo Potencial (Nota 2)	48,39	0,02
Baixo Potencial (Notas 3-4)	34.199,52	14,46
Médio Potencial (Notas 5-6)	170.503,48	71,92
Alto Potencial (Nota 7)	32.315,31	13,60
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

A classe Alto Potencial (Nota 7) abrange 13,60% da área total estudada, expressando-se em 3 partições da área de estudo. Na porção norte, sua maior representação acontece no município de Flexeiras, nas adjacências da Serra do Ouro, onde se situa parte da Estação Ecológica de Murici. A parte central da área estudada ganha notoriedade nos municípios de Boca da Mata e Pilar, destacando-se, neste último, a planície de inundação do rio Paraíba do Meio. Já, na porção sul, a maior representatividade espacial se dá no município de São Sebastião (Figura 23).

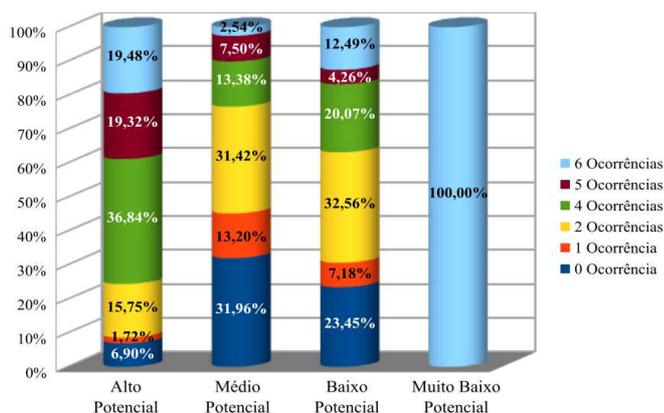
Com 14,46% de participação no fenômeno estudado, a classe Baixo Potencial (Notas 3-4) desponta no norte, nas terras dos municípios de Colônia Leopoldina e Novo Lino, enquanto que, no centro, expressa-se em 5 fragmentos de espaço, sendo o primeiro compreendido entre o sul de Messias e nordeste de Rio Largo; o segundo, no leste deste último município; o terceiro, entre o norte de Pilar e o sudeste de Atalaia; o quarto trecho, no sul de Pilar e norte de São Miguel dos Campos e, por fim, no nordeste deste último município, no interflúvio dos rios Sumaúma e São Miguel.

As áreas de suscetibilidade potencial correspondem àquelas que apresentam propensão a serem acometidas pelo perigo de acidentes com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos e estão relacionados à fragilidade do ambiente a esse tipo de evento. Para este estudo, adotaram-se fatores ligados à topografia, pedologia e hidrografia com relação direta com o fenômeno estudado. Além desses fatores, admitiu-se o cartograma de registro de ocorrência de sinistros como fator norteador dos locais onde ocorreram os acidentes envolvendo TRPP, apontando-se as áreas mais suscetíveis a partir desse registro.

Diante do exposto, em análise ao Gráfico 11, observa-se que cerca de 75% (24.477,61ha) da classe Alto Potencial (Nota 7) compreende áreas onde há os maiores registros de ocorrência de acidentes com produtos perigosos rodotransportados, sendo divididos em 36,84% (11.923,35ha) para áreas com 4 registros de acidentes, 19,32% (6.251,41ha) para 5 registros de sinistros e 19,48% (6.302,85ha) para 6 ocorrências.

Quanto à classe Médio Potencial (Notas 5-6), aproximadamente, 76%, representando 130.566,66 hectares de sua cobertura espacial, dá-se em áreas que não contêm registros de acidentes até 2 ocorrências de natureza igual. Ao fracionar a distribuição percentual da ocorrência de sinistros na classe médio potencial de suscetibilidade, obtêm-se 31,96% (54.498,20ha) para áreas sem registro de acidentes, 13,20% (22.501,92ha) para locais contendo 1 ocorrência e 31,42% (53.566,54ha) para as áreas com 2 sinistros.

**Gráfico 11 - Distribuição percentual do registro de ocorrência de sinistros no mapa de suscetibilidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

Em relação à classe Baixo Potencial (Notas 3-4), sua expressão territorial abrange aproximadamente 33% (11.119,13ha) de áreas com histórico de 2 acidentes com produtos perigosos, à medida que a categoria Muito Baixo Potencial (Nota 2) está totalmente contida em áreas onde foram registrados 6 eventos envolvendo TRPP.

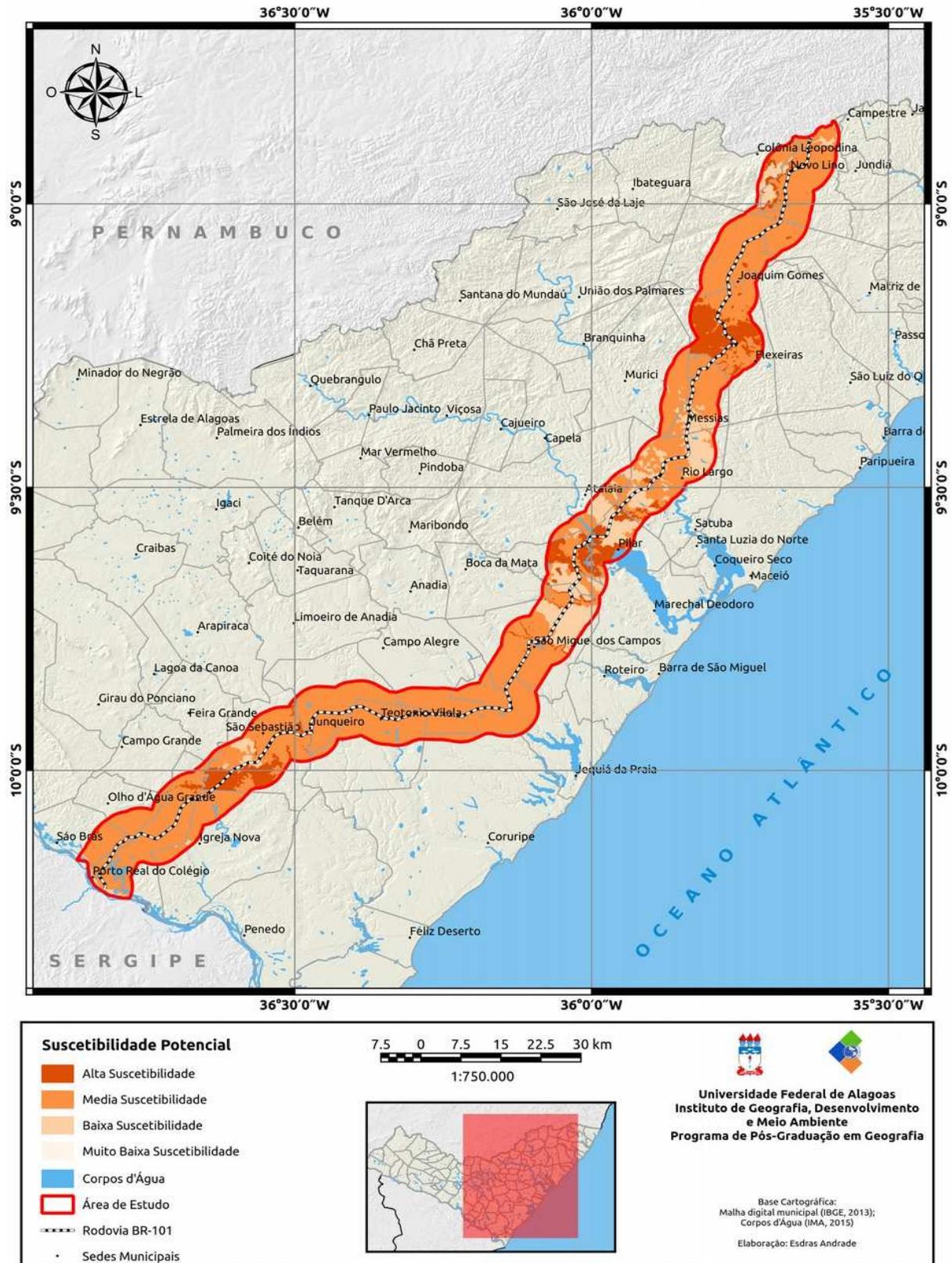
Ao observar o Gráfico 12, a seguir, é possível verificar que os níveis mais altos de suscetibilidade atuantes na área de estudo estão relacionados aos solos mais porosos, ou seja, os considerados de média e alta permeabilidade. Já para as categorias mais baixas delimitadas, constata-se a atuação dos solos menos permeáveis.

Diante dessa constatação, 68,10% da classe Alto Potencial (Nota 7), o que corresponde a 22.040,85 hectares da área estudada, abrangem os solos de média permeabilidade, enquanto que os 31,90% (10.322,84ha) remanescentes se expressam em solos de alta permeabilidade.

Na categoria Médio Potencial (Notas 5-6), predominam-se os solos de média permeabilidade, com 82,34% (140.384,89ha), ao passo que os solos de baixa e muito baixa textura, somados, totalizam apenas 6,46% da área estudada, respondendo, assim, por 11.008,43 hectares.

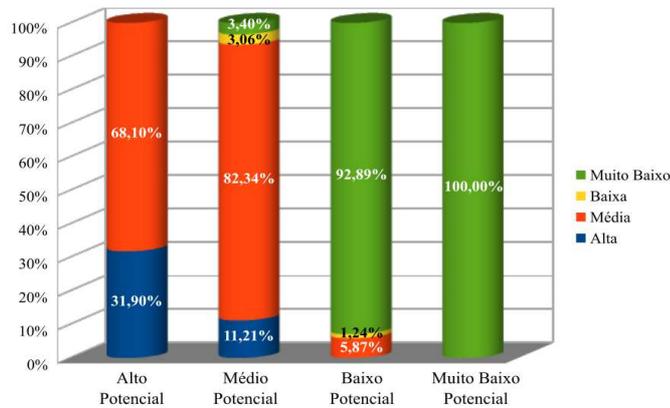
Já nas categorias Baixo Potencial (Notas 3-4) e Muito Baixo Potencial (Nota 2), prevalecem os solos de muito baixa permeabilidade, abrangendo 92,89% (31.724,08 hectares) e 100% (48,39ha), respectivamente.

Figura 23 - Áreas potencialmente suscetíveis aos impactos ambientais decorrentes de acidentes com produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101.



Fonte: Autor (2016).

**Gráfico 12 - Distribuição percentual da permeabilidade dos solos no mapa de suscetibilidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

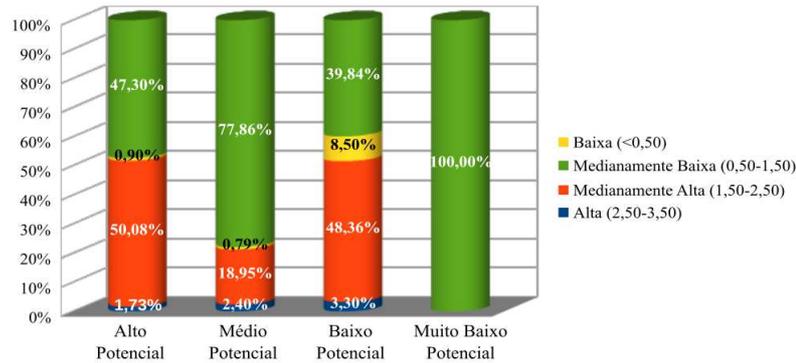
A análise do Gráfico 13 conduz ao entendimento de que todas as classes de suscetibilidade são fortemente influenciadas por dois tipos de densidade de drenagem: Medianamente Baixa (0,50-1,50) e Medianamente Alta (1,50-2,50).

A classe Alto Potencial (Nota 7) se expressa fracamente em áreas de baixa e alta densidade de rede drenagem, ocupando, respectivamente, apenas 289,69ha (0,9%) e 558,96ha (1,73%) da sua área de abrangência. As principais faixas de densidades da drenagem contidas nessa classe de suscetibilidade potencial dizem respeito à medianamente alta, com cerca de 50% (16.206,30ha) e medianamente baixa, com mais de 47% (15.308,74ha) da superfície analisada.

Na categoria Médio Potencial (Notas 5-6), a proporção dessas densidades se distribui por 132.747,19 hectares, o que representa 77,86% da área que contém uma densidade medianamente baixa e 32.306,27ha (18,95%) relativo à densidade medianamente alta.

Para a classe Baixo Potencial (Notas 3-4), esses mesmos índices de densidade da rede de drenagem, somados, ocupam uma área de 30.121,32 hectares, o que equivale a mais de 88% da superfície abrangida pela classe, e, para a categoria Muito Baixo Potencial (Nota 2), 100% dos 48,39ha situam-se em áreas de densidade medianamente baixa.

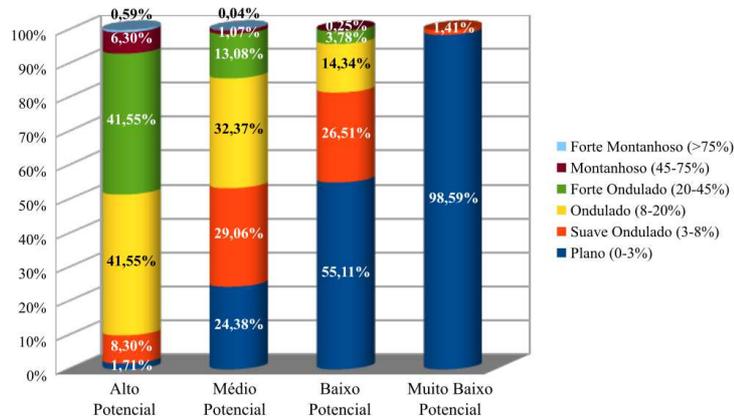
**Gráfico 13 - Distribuição percentual da densidade da rede de drenagem no mapa de suscetibilidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

Em relação à distribuição percentual da declividade como fator componente na delimitação das áreas suscetíveis a acidentes com TRPP, representada pelo Gráfico 14, pode-se inferir que os tipos de relevo mais representativos na definição do fenômeno variam de plano a ondulado, ou seja, suas declividades vão de 0 a 20%.

**Gráfico 14 - Distribuição percentual da declividade no mapa de suscetibilidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

Fica nítido também que a abrangência superficial dos relevos menos movimentados está diretamente associada às classes de suscetibilidade mais baixas, ao tempo em que aqueles relevos mais acidentados estão ligados às classes mais altas de suscetibilidade. Ou seja, quanto maior o grau de suscetibilidade, menor é a extensão das áreas menos declivosas. O inverso é igualmente verdadeiro.

A classe de suscetibilidade Alto Potencial (Nota 7) delimita-se em um relevo, no qual predomina uma declividade que varia de ondulado (8%-20%) a forte ondulado (20%-45%). Congregadas, essas declividades ocupam uma área de 26.892,25 hectares, o que equivale a 88,2% da classe analisada. Verificam-se ainda declividade plana (0-3%) com 1,71%

(554,37ha) de participação, suave ondulada (3%-8%) com presença de 8,3% (2.684,58ha), montanhoso (45%-75%), detendo 2.039,73 hectares (6,30%), e forte montanhoso (>75%), com apenas 0,59% (192,27ha).

Para a categoria Médio Potencial (Notas 5-6), há uma distribuição equitativa entre os tipos de relevo plano a ondulado, variando de 0 a 20%. Essas declividades mais amenas representam 85,81% (146.310,47ha) da classe em questão. As declividades mais abruptas, que vão de forte ondulado a forte montanhoso, ou seja, inclinações superiores a 20%, complementam a participação na categoria da suscetibilidade em questão, registrando 14,19% (24.193,01ha).

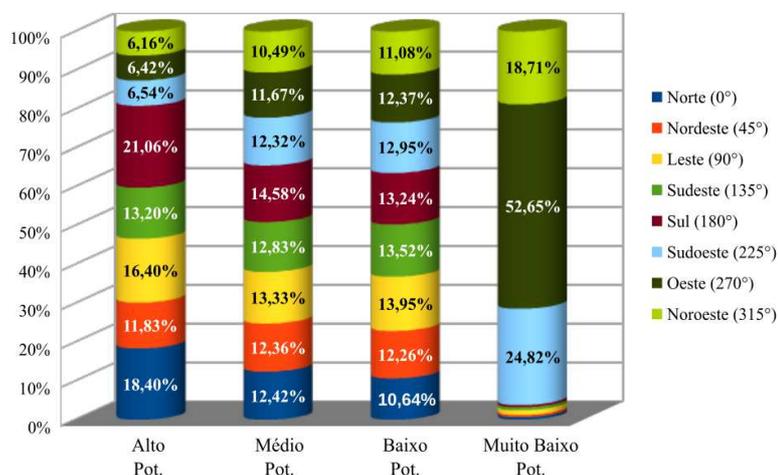
Na categoria Baixo Potencial (Notas 3-4), a clinometria mais suave, que varia da topografia plana (0-3%) à suave ondulada (3%-8%), estende-se por 27.876,06 hectares, correspondente a 81,63% dessa classe. Os demais tipos de relevo perfazem 18,37%, encerrando a área com 6.275,08 hectares.

No que concerne à classe Muito Baixo Potencial (Nota 2), 98,59% (47,71ha) estão circunscritas em declividade plana (0-3%), sendo complementada por meio do relevo suave ondulado (3%-8%).

Ao apreciar o Gráfico 15, a seguir, constata-se que, via de regra, para os potenciais Alto, Médio e Baixo, há uma divisão homomórfica na distribuição das orientações das vertentes nessas três classes.

No entanto, para o Alto Potencial (Nota 7), percebe-se uma variação a maior das orientações de vertentes voltadas para o Sul (180°) com 21% de participação nessa classe, de modo a representar os 6.815,01 hectares, e para o Norte (0°) com 18,40% (5.955,37ha).

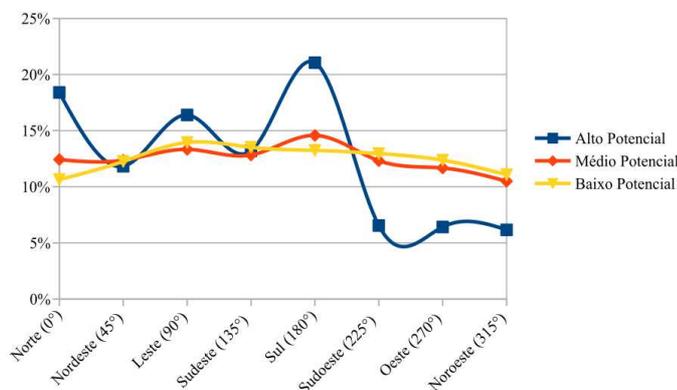
**Gráfico 15 - Distribuição percentual da orientação de vertentes no mapa de suscetibilidade potencial.**



Fonte: Autor (2016).

Também apresenta leve dissemelhança a orientação de vertente Leste (90°), a qual contém 5.306,25 hectares, ou seja, 16,40% de cobertura da classe em questão (Gráfico 16).

**Gráfico 16 - Variação da distribuição dos percentuais da orientação de vertentes para as classes de suscetibilidade alto, médio e baixo potencial**



Fonte: Autor (2016).

Essas diferenças influenciam na diminuição da participação das orientações direcionadas para o Sudoeste (225°), Oeste (270°) e Noroeste (315°), as quais, somadas, respondem por 19,12% da área delimitada para o alto potencial de suscetibilidade.

No Gráfico 16 acima, para os 48,39 hectares mapeados na categoria Muito Baixo Potencial (Nota 2), 52,65% das vertentes, ou seja, 25,48ha, são voltadas para Oeste (270°), 24,85% (12,01ha) direcionam-se para Sudoeste (225°) e 18,71% (9,05ha) para Noroeste (315°).

### 5.2.3 Áreas críticas

A elaboração do mapa de áreas críticas foi realizada a partir da integração dos cartogramas de Proximidades para Corpos d'Água, para Assentamentos Humanos, para Unidades de Conservação e para Pontos de Captação de Água.

O cômputo por meio de média ponderada executado entre essas variáveis selecionadas teve como resultado notas dispostas entre 0 e 8; posteriormente, agrupadas em 4 classes, a partir da aplicação da transposição de classes da escala ordinal para nominal, permitiu-se o agrupamento em função da similaridade das notas. Dessa forma, as notas 1 e 2 foram unidas em uma única classe e renomeada para Moderadamente Crítica (Quadro 18). Seguindo esse princípio, as notas 3 e 4 foram agrupadas na categoria Crítica, as notas 5 e 6 foram aglutinadas na classe Muito Crítica e as notas 7 e 8 foram coligidas na categoria Extremamente Crítica.

As notas 9 e 10 não constaram do resultado obtido após a combinação dos planos de informação, o que significa que não houve representação do grau Demasiadamente Crítico. A nota 0 (zero) foi registrada no resultado da integração, mas corresponde à classe Sem Áreas Críticas por não deter representatividade espacial no fenômeno analisado.

**Quadro 18 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de áreas críticas.**

Notas	Classes Agrupadas	Ocorrência das Classes
0	Sem Áreas Críticas (Nota 0)	-
1 e 2	Moderadamente Crítica (Notas 1-2)	Sim
3 e 4	Crítica (Notas 3-4)	Sim
5 e 6	Muito Crítica (Notas 5-6)	Sim
7 e 8	Extremamente Crítica (Notas 7-8)	Sim
9 e 10	Demasiadamente Crítica	-

Fonte: Autor (2016).

À vista disso, foi possível constatar, com suporte na planimetria efetuada no mapa das Áreas Críticas, que a categoria Extremamente Crítica (Notas 7-8) detém uma abrangência espacial na área estudada de 52.569,02 hectares, o que corresponde a 22,17% de participação no tema em questão (Tabela 20). Ela se representa geograficamente com maior incidência nas porções norte e sul da área de estudo e em menor proporção na parte central. As maiores expressões areais são 4 e ocorrem entre Novo Lino e Flexeiras, Messias e Rio Largo, São Miguel dos Campos e em São Sebastião.

**Tabela 20 - Planimetria das áreas críticas.**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Sem Áreas Críticas (Nota 0)	9.348,41	3,94
Moderadamente Crítica (Notas 1-2)	34.152,73	14,41
Crítica (Notas 3-4)	55.121,68	23,25
Muito Crítica (Notas 5-6)	85.874,86	36,22
Extremamente Crítica (Notas 7-8)	52.569,02	22,17
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

A classe Muito Crítica (Notas 5-6) possui a maior distribuição espacial, com 85.874,86 hectares, equivalendo a 36,22% da superfície estudada e envolve a classe Extremamente Crítica. Dessa forma, verte-se em todas as regiões onde há representação dessa categoria.

Com a segunda maior cobertura extensão espacial, a classe Crítica (Notas 3-4) se distribui mais uniformemente na área de estudo, especialmente na porção central, para a qual se conferem manifestações entre Atalaia, Pilar até Jequiá da Praia. Totaliza uma área de 55.121,68 hectares, o que representa 23,25% do total do espaço analisado (Figura 25).

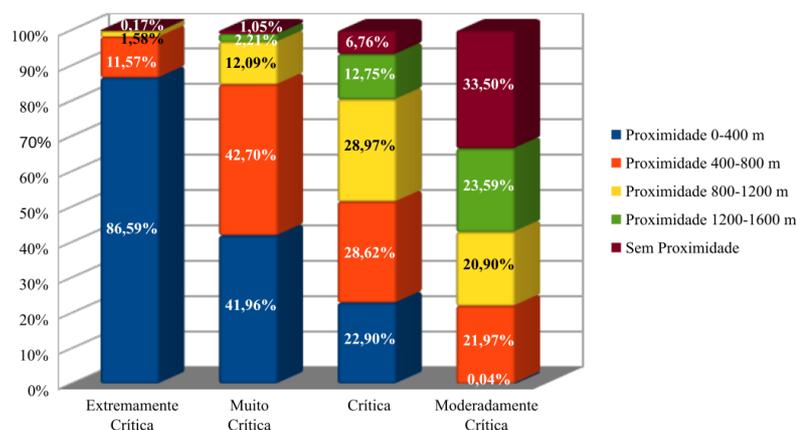
Em relação à categoria Moderadamente Crítica (Notas 1-2), a dimensão geográfica é de 34.152,73 hectares, correspondente a 14,41% da superfície estudada, mostrando-se espacialmente de forma majoritária na parte central, no sentido nordeste-noroeste, desde o norte de Rio Largo até o leste de Teotônio Vilela.

A classe Sem Áreas Críticas (Nota 0) constitui-se de uma área vazia de 9.348,41 hectares (3,94%) do espaço estudado, sem presença de classes que pudessem entrar na avaliação. Corresponde às áreas não consideradas pelos *buffers* na integração dos cartogramas de proximidades.

As áreas críticas aqui abordadas dizem respeito àquelas que, de certo modo, representam as localizações mais vulneráveis ao perigo, neste caso, aos sinistros com TRPP. Por esse motivo, é parte integrante, junto à suscetibilidade potencial, do mapa de Áreas Vulneráveis.

Mediante o exposto, a análise do Gráfico 17, a seguir, revela que, para os assentamentos humanos, quanto maior o grau de criticidade, maior é a distribuição percentual dos níveis de proximidade relativos a essa criticidade. Em outras palavras, isso significa que quanto mais próximo das áreas mais críticas, maior é a expressão areal das proximidades. Esses valores percentuais praticamente duplicam a cada subida de nível para o mais crítico.

**Gráfico 17 - Distribuição percentual das proximidades para assentamentos humanos no mapa de áreas críticas.**



Fonte: Autor (2016).

Nessa linha de pensamento, para a classe Extremamente Crítica (Notas 7-8), a proximidade 0-400 metros compreende uma área de 45.520,22 hectares, o que representa 86,59% de um total de 52.569,02 hectares; enquanto que a proximidade 400-800 metros responde por 11,57% (6.081,97ha). Nota-se que 99,83% da área pertinente a essa categoria contêm alguma faixa de proximidade com os *hot points*<sup>6</sup>, isto é, há quase uma totalidade da área nessa classe.

Já para a classe Muito Crítica (Notas 5-6), a proximidade 0-400 metros abrange uma área de 36.028,86 hectares, ou seja, 41,96% dos 85.874,86 hectares da categoria, ao tempo em que a faixa de distância de 400-800 metros envolve 42,70% (36.664,31ha) da mesma classe. Em comparação com a classe Extremamente Crítica, essa proximidade mais que triplicou sua participação percentual.

A categoria Crítica (Notas 3-4) apresenta equilíbrio na distribuição percentual para as faixas 0-400, 400-800 e 800-1.200 metros. Somadas, elas compõem 80,49% dos 5.5121,68 hectares abrangidos pela classe.

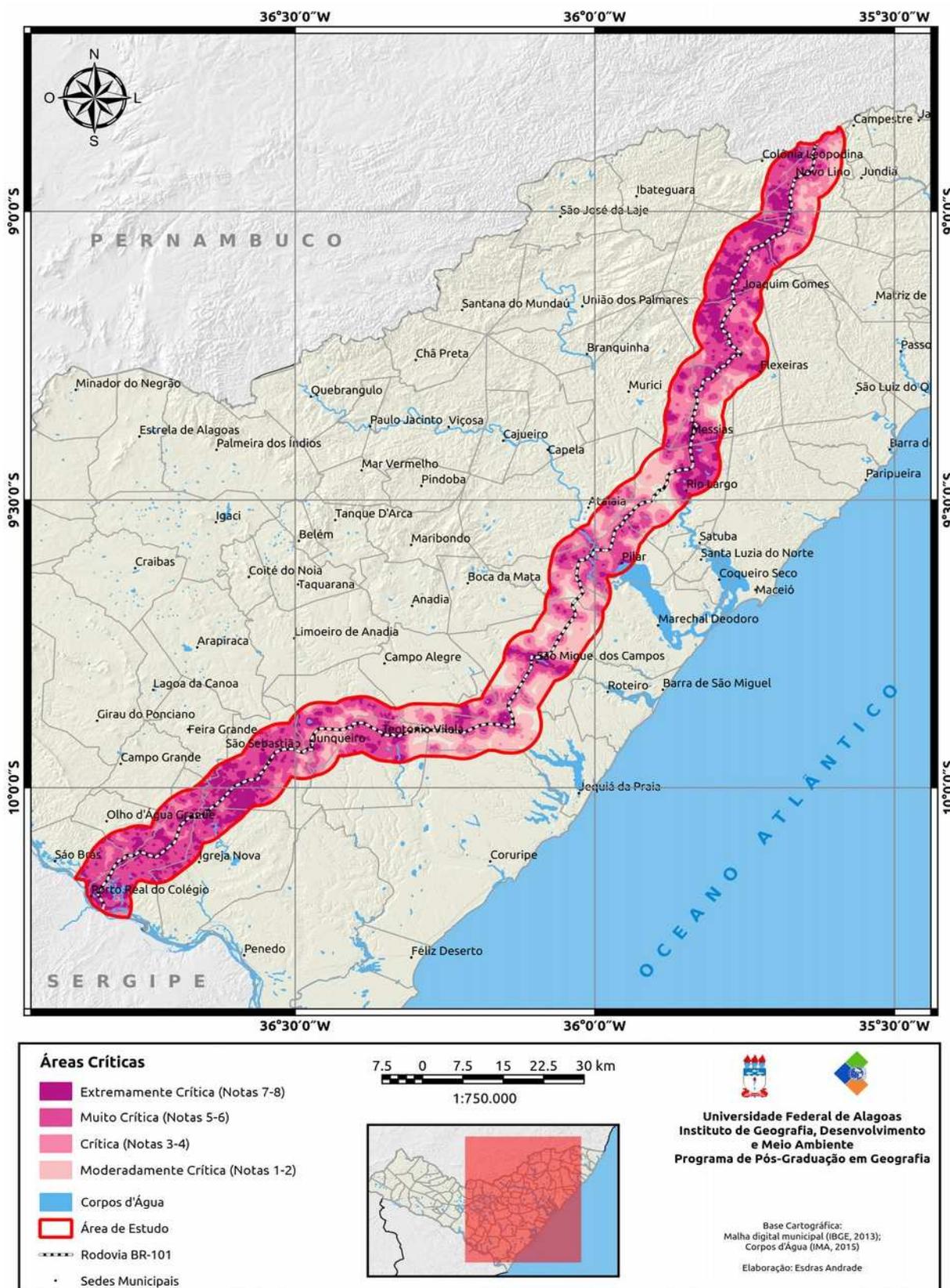
A realidade verificada na categoria anterior também se aplica à categoria Moderadamente Crítica (Notas 1-2). O destaque aqui fica por conta da quantidade de área sem proximidades, pois aproximadamente 1/3 da classe não possui representação espacial.

A análise ao Gráfico 18 mostra que, pela quantidade de área sem proximidades para as áreas críticas, há muitos vazios nas classes de criticidade. Cabe, dessa forma, a interpretação de que há uma quantia reduzida de hot spots correspondentes aos pontos de captação d'água ou outorgas para uso do recurso hídrico disponível na área de estudo. Essa proporção varia de 50% a 70% das classes Extremamente Crítica (Notas 7-8) para Moderadamente Crítica (Notas 1-2), respectivamente.

---

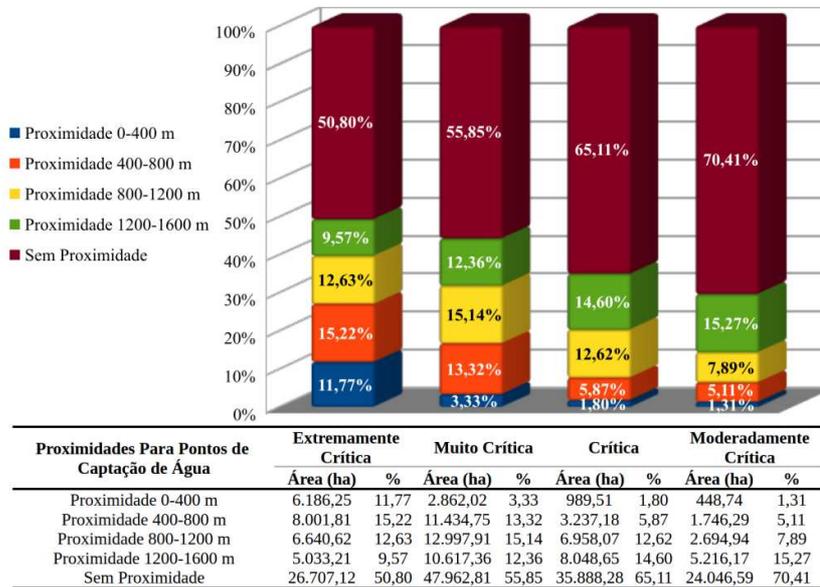
<sup>6</sup> Do inglês, significa pontos quentes. É um termo usado para os pontos que representam a distribuição e/ou a localização de grande quantidade de eventos ou lugares.

Figura 24 - Áreas críticas sujeitas aos danos socioambientais provenientes de acidentes com produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101.



Fonte: Autor (2016).

**Gráfico 18 - Distribuição percentual das proximidades para pontos de captação de água no mapa de áreas críticas.**

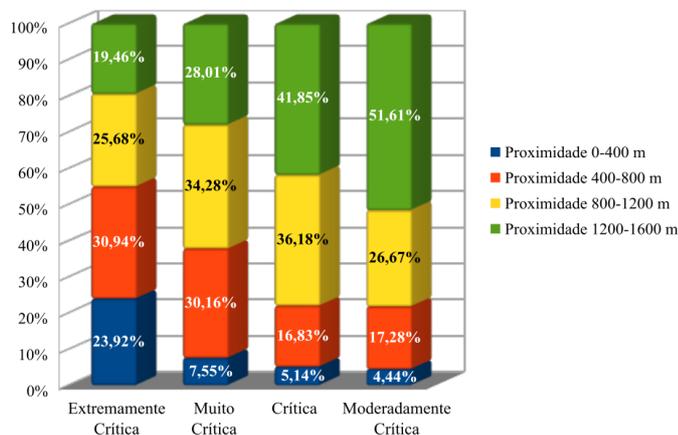


Fonte: Autor (2016).

A categoria Extremamente Crítica (Notas 7-8) tem na proximidade 400-800 metros a faixa com maior participação espacial, contendo 8.001,81 hectares, o que representa 15,22% da área total da classe. Descontada a porcentagem das porções sem proximidades, isso corresponde a aproximadamente 31% da área espacializada (Gráfico 19).

A faixa de proximidade de 0-400 metros é aquela que envolve os pontos de captação de água e, portanto, são as localizações com maior criticidade. Assim, abrange apenas 11,77% da superfície da classe em questão ou 23,92%, desconsiderando-se as áreas sem registro de proximidades.

**Gráfico 19 - Distribuição percentual corrigida das proximidades para pontos de captação de água no mapa de áreas críticas.**



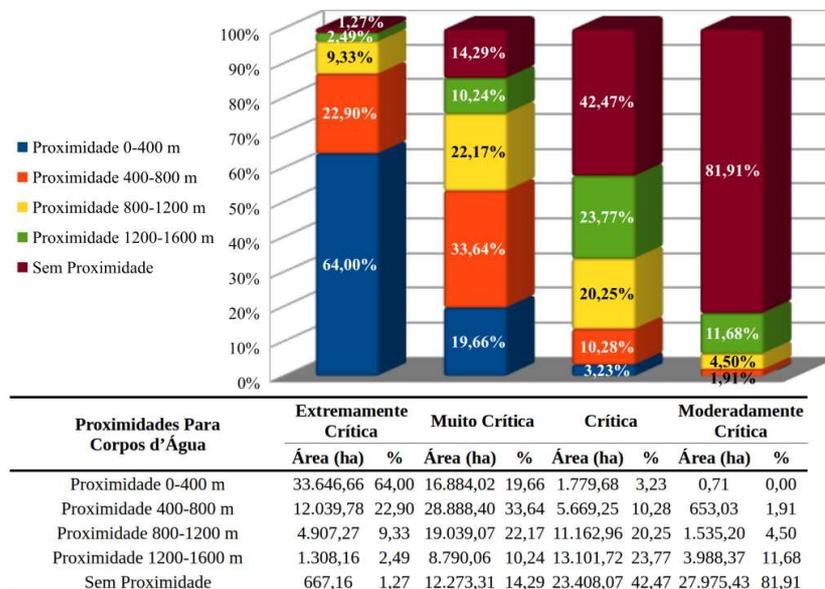
Fonte: Autor (2016).

Na classe Muito Crítica (Notas 5-6), a faixa de proximidade de 0-400 metros é exceção, ao possuir uma distribuição superficial de 7,55%, ou seja, 37.912,05 hectares da área mapeada. Isso significa que à medida que o nível de criticidade se afasta dos hot points menor fica sua abrangência areal.

Nas categorias Crítica (Notas 3-4) e Moderadamente Crítica (Notas 1-2), predominam as faixas de proximidades mais afastadas dos pontos quentes, diminuindo proporcionalmente com o grau de criticidade. Nessas duas classes, no somatório das faixas 800-1200 e 1200-1600 metros, suas contribuições espaciais superam os 78% de ocupação superficial em ambos os casos.

Ao analisar os Gráficos 20 e 21, que concernem à distribuição percentual das faixas de proximidades para os corpos d'água, em relação aos níveis de criticidade na área de estudo, é possível identificar que a classe Extremamente Crítica (Notas 7-8) pouco sofreu alterações dos percentuais relativos às faixas de proximidades, quando da dedução da classe sem registro de proximidades, visto que essa faixa sem proximidade correspondia a apenas 1,27% da área pertencente a essa classe, o que a diferia, portanto, das demais classes, uma vez que há proporções mais significativas para a referida faixa de proximidade.

**Gráfico 20 - Distribuição percentual das proximidades para corpos d'água no mapa de áreas críticas.**



Fonte: Autor (2016).

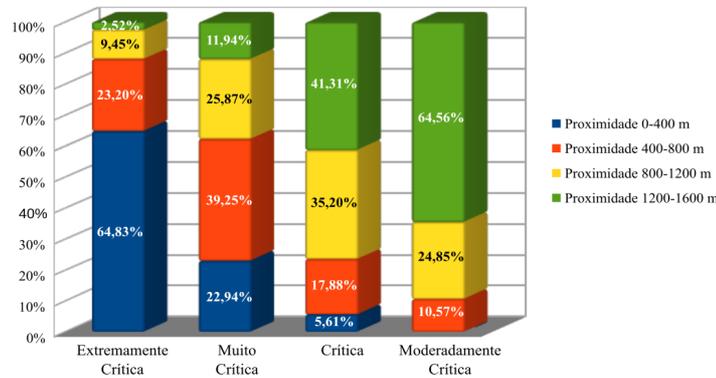
Na classe Muito Crítica (Notas 5-6), a faixa de proximidade 400-800 metros é a que possui representatividade mais proeminente. Ela assume uma área de 28.888,40 hectares,

conferindo-lhe uma proporção de 33,64% da categoria. Ao excluir a classe Sem Proximidade, essa proporção aumenta para 39,25% (Gráfico 21).

Em relação à categoria Crítica (Notas 3-4), em concordância com o gráfico 21, predominam-se as faixas mais distantes dos hot points, o que equivale às faixas de proximidades 800-1200m e 1200-1600m, respectivamente. Juntas, elas respondem por mais de  $\frac{3}{4}$  da classe, com uma área de 24.264,68 hectares.

No que diz respeito à classe Moderadamente Crítica (Notas 1-2), após a dedução da faixa sem proximidades, dos 6.177,30ha de área mapeada, 3.988,37ha correspondem à faixa de proximidade 1200-1600 metros, o que equivale a 64,56% da categoria em questão.

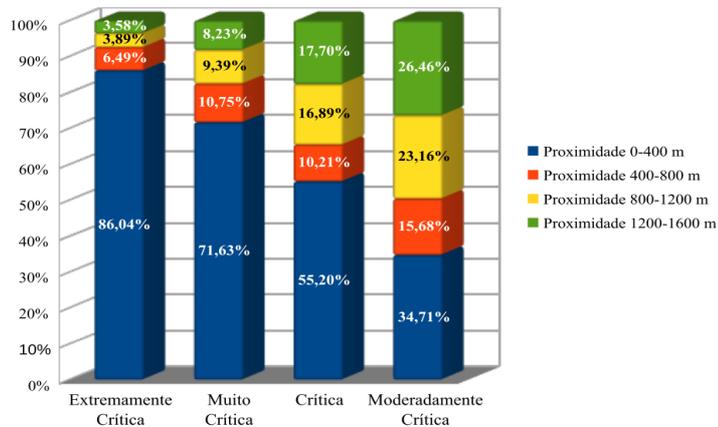
**Gráfico 21 - Distribuição percentual corrigida das proximidades para corpos d'água no mapa de áreas críticas.**



Fonte: Autor (2016).

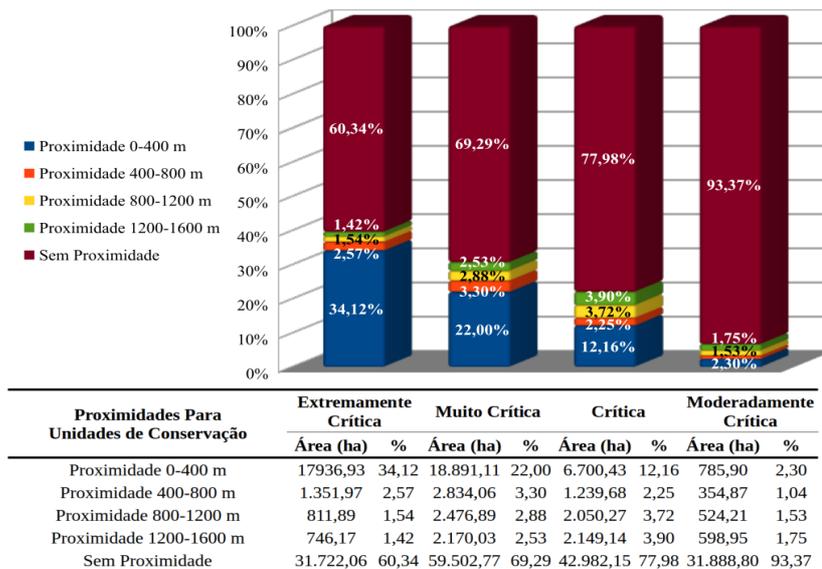
A apreciação do Gráfico 22 associada ao Gráfico 23 permite inferir que, para todas as classes de criticidade, a faixa de 0-400 metros destaca-se na participação da distribuição percentual das proximidades para as unidades de conservação, quando comparada às demais faixas de distâncias; isso porque foram contabilizadas as respectivas áreas das unidades de conservação partícipes da área de estudo.

**Gráfico 22 - Distribuição percentual corrigida das proximidades para unidades de conservação no mapa de áreas críticas.**



Fonte: Autor (2016).

**Gráfico 23 - Distribuição percentual das proximidades para unidades de conservação no mapa de áreas críticas.**



Proximidades Para Unidades de Conservação	Extremamente Crítica		Muito Crítica		Crítica		Moderadamente Crítica	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Proximidade 0-400 m	17936,93	34,12	18.891,11	22,00	6.700,43	12,16	785,90	2,30
Proximidade 400-800 m	1.351,97	2,57	2.834,06	3,30	1.239,68	2,25	354,87	1,04
Proximidade 800-1200 m	811,89	1,54	2.476,89	2,88	2.050,27	3,72	524,21	1,53
Proximidade 1200-1600 m	746,17	1,42	2.170,03	2,53	2.149,14	3,90	598,95	1,75
Sem Proximidade	31.722,06	60,34	59.502,77	69,29	42.982,15	77,98	31.888,80	93,37

Fonte: Autor (2016).

### 5.2.4 Áreas vulneráveis

O mapeamento das áreas vulneráveis foi realizado a partir da combinação dos planos de informação Suscetibilidade Potencial e Áreas Críticas.

A integração complexa realizada mediante aplicação de média ponderada entre essas variáveis retornou notas compreendidas entre 2 e 7, sendo, portanto, recategorizadas em quatro níveis de vulnerabilidade, nos quais o meio se sujeita ao grau de magnitude do dano potencial resultante de um cenário de risco.

Esses níveis de vulnerabilidade foram nominados seguindo a técnica da transposição de classes, pois se apresentavam na escala ordinal e foram transformadas para a escala nominal; isso permitiu o agrupamento das categorias por níveis de similaridade. Dessa forma, as notas 2 e 7 não sofreram aglutinamento, pois se apresentaram isoladas, mas foram reclassificadas como Muito Baixa Vulnerabilidade e Alta Vulnerabilidade, respectivamente. Entretanto, as notas 3 e 4 foram unidas em uma única classe e identificadas como Baixa Vulnerabilidade, e as notas 5 e 6 foram agrupadas na categoria Média Vulnerabilidade (Quadro 19). As notas compreendidas entre 9 a 10 não foram expressas no resultado da integração, o que significa que não houve representações da vulnerabilidade muito alta.

**Quadro 19 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de áreas vulneráveis.**

Notas	Classes Agrupadas	Ocorrência das Classes
0	Nulo	-
1 e 2	Muito Baixa	Sim, apenas 2
3 e 4	Baixa	Sim
5 e 6	Média	Sim
7 e 8	Alta	Sim, apenas 7
9 e 10	Muito Alta	-

Fonte: Autor (2016).

Nessa perspectiva, após a planimetria realizada no cartograma de Áreas Vulneráveis, permitiu-se observar que a classe Média Vulnerabilidade (Notas 5-6) possui relevância espacial em relação às demais classes, ao estender-se por 134.723,23 hectares, o que representa 56,83% da área total estudada (Tabela 21).

Essa abrangência ocorre proeminentemente nas porções norte e sul, entre os municípios de Colônia Leopoldina e Novo Lino até Rio Largo, e de Teotônio Vilela a Porto Real do Colégio, respectivamente. Registram-se ainda pequenas ocorrências em Pilar, Boca da Mata, São Miguel dos Campos, Jequiá da Praia e Campo Alegre.

**Tabela 21 - Planimetria das áreas de vulnerabilidade.**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Muito Baixa Vulnerabilidade (Nota 2)	4.257,70	1,80
Baixa Vulnerabilidade (Notas 3-4)	53.608,91	22,61
Média Vulnerabilidade (Notas 5-6)	134.723,23	56,83
Alta Vulnerabilidade (Nota 7)	44.476,85	18,76
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

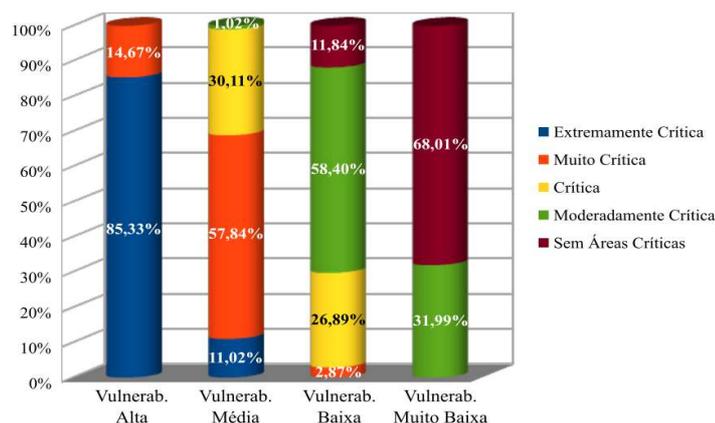
A categoria Alta Vulnerabilidade (Nota 7) compreende uma área de 44.476,85 hectares, equivalente a 18,76% da superfície estudada. Sua distribuição espacial se dá de maneira esparsada, representada por pequenos fragmentos areais, entre os quais se destacam quatro (4) dos de maior representatividade espacial: duas localizadas no norte, uma em Novo Lino e Joaquim Gomes e outra em Flexeiras (Figura 25). No centro, verifica-se uma área em Rio Largo e, no sul, uma no município de São Sebastião.

As áreas vulneráveis referem-se àquelas que estão sujeitas ao dano potencial que os produtos químicos perigosos podem ocasionar em decorrência de acidentes com TRPP. Esses danos podem ser considerados como a perda e/ou prejuízo de vidas, saúde, bens, atividades econômicas ou recursos naturais. Por esse motivo, foram considerados os planos de informação das áreas suscetíveis e áreas críticas como fatores constituintes da vulnerabilidade ambiental.

Assim, mediante análise do Gráfico 24 abaixo, pode-se verificar que os graus de criticidade se relacionam espacialmente de forma direta com os níveis de mesma intensidade da vulnerabilidade para as classes média e alta vulnerabilidade.

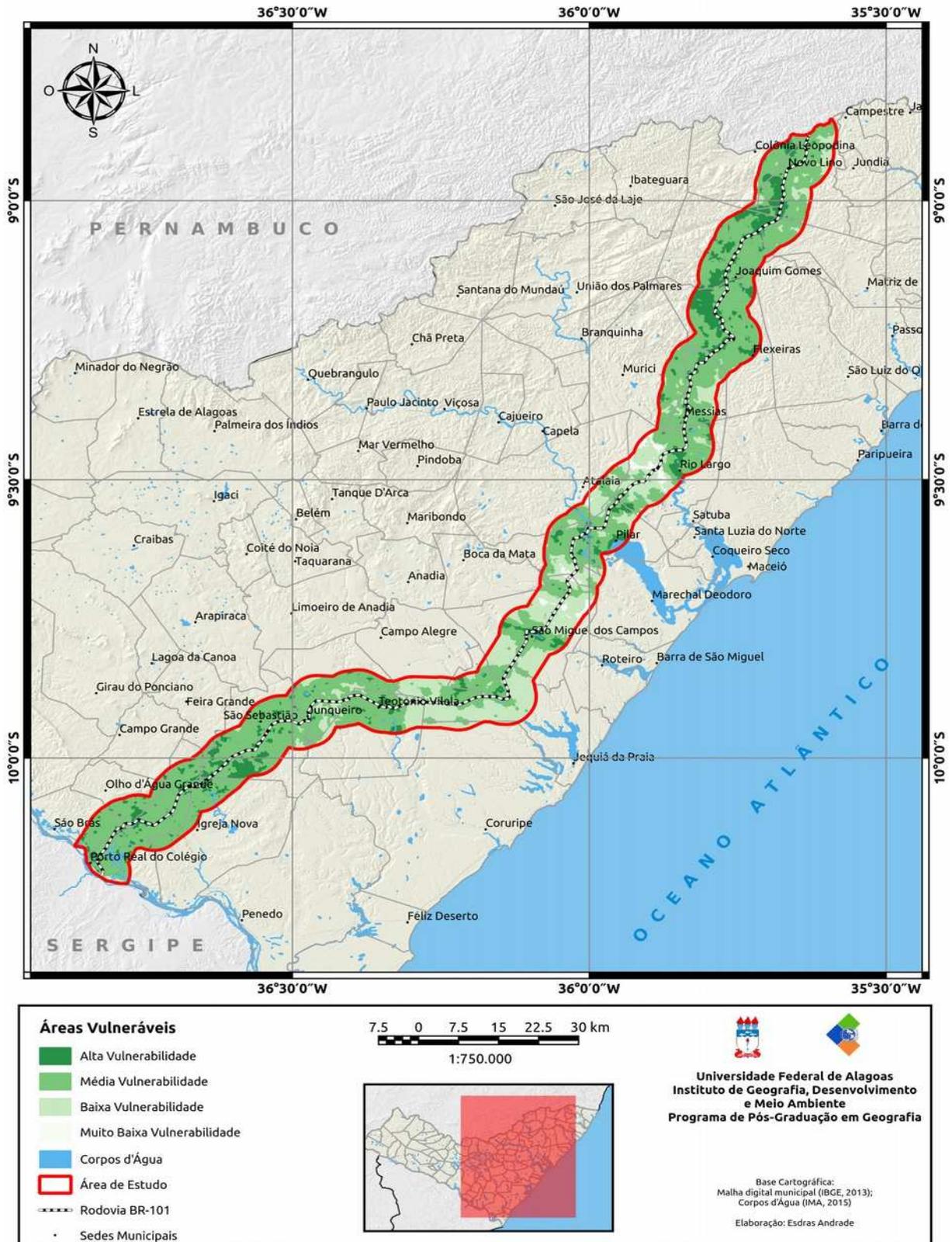
Desse modo, a classe Vulnerabilidade Alta (Nota 7) detém a participação majoritária no nível de criticidade Extremamente Crítica, com 85,33% da categoria em questão; isso corresponde a uma área de 37.951,73 hectares.

**Gráfico 24 - Distribuição percentual das áreas críticas no mapa de áreas vulneráveis.**



Fonte: Autor (2016).

Figura 25 - Áreas vulneráveis aos danos e efeitos dos produtos químicos perigosos decorrentes de acidentes rodoviários contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101.



Fonte: Autor (2016).

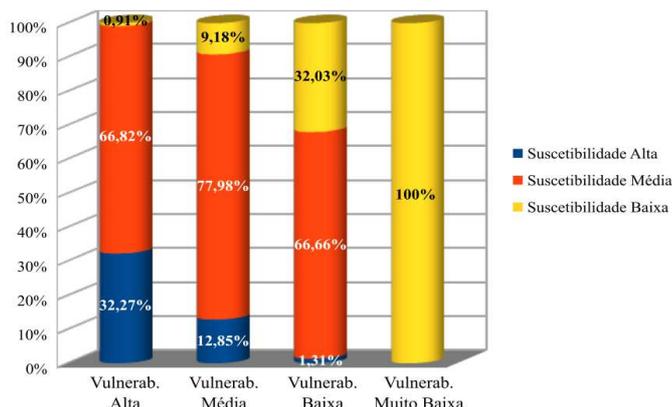
Na classe Vulnerabilidade Média (Notas 5-6), a legenda Muito Crítica prevalece com uma parcela de 57,84%, representando os 77.925,43 hectares de abrangência na classe.

Dessemelhante das duas categorias anteriormente descritas, a categoria Vulnerabilidade Baixa (Notas 3-4) apresenta um predomínio da classe Moderadamente Crítica na ordem de 31.310,26 hectares, o que equivale a 58,40% da categoria. Assim, a classe Crítica, que tem relação direta com o nível de vulnerabilidade, ocupa apenas 26,89% da área pertinente à vulnerabilidade em análise.

Em relação à categoria Vulnerabilidade Muito Baixa (Nota 2), cerca de 2/3 de sua área não possui áreas críticas, sendo o terço remanescente ocupado por 1.362,07 hectares.

A apreciação do Gráfico 25 mostra que as áreas vulneráveis são compostas de significativas porções territoriais da classe de suscetibilidade média, sempre com proporções superiores a 66% de participação nas áreas vulneráveis.

**Gráfico 25 - Distribuição percentual da suscetibilidade potencial no mapa de áreas vulneráveis.**



Fonte: Autor (2016).

A suscetibilidade alta tem pouca participação espacial na definição das áreas relacionadas às classes de vulnerabilidade. Isso se torna exceção para a categoria Alta Vulnerabilidade (Nota 7), pois aproximadamente 1/3 de sua área (14.352,47ha) é composta por superfícies de alta suscetibilidade. Essa mesma proporção é verificada na classe Vulnerabilidade Baixa (Notas 3-4), mas o fator baixa suscetibilidade é quem se diferencia ao abranger uma área de 17.170,98 hectares.

A classe Vulnerabilidade Muito Baixa (Nota 2) possui 100% de sua área composta pelo fator suscetibilidade baixa. Isso representa uma área de 4.257,70 hectares.

### 5.2.5 Áreas de risco

No processo de análise das áreas de risco ambiental, a seguir, está implícito o entendimento dos elementos conceituais de risco para as áreas delimitadas.

Assim, tem-se em mente que as áreas de risco são resultantes da probabilidade de acontecimentos de evento de natureza perigosa com estimativa de consequências danosas diretas e indiretas às pessoas e ao meio ambiente. Nesse caso, essa probabilidade está circunscrita aos acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos químicos perigosos na área de influência ambiental da rodovia BR-101 no estado de Alagoas.

Diante disso, o mapa sinótico das áreas de risco, objeto deste estudo, foi realizado a partir da conjugação dos planos de informação de Periculosidade Potencial, Áreas Vulneráveis e Uso da Terra e Cobertura Vegetal.

Tal conjugação se deu mediante à aplicação do cômputo da média ponderada às variáveis acima mencionadas, o que retornou como resultado notas compreendidas entre 3 e 8; estas foram ordenadas da menor para maior, e agrupadas em três níveis de risco, nos quais as áreas podem ser direta e indiretamente afetadas por produtos químicos perigosos provenientes de acidentes envolvendo o transporte rodoviário desses produtos na área analisada.

Para que fosse possível a recategorização das notas resultantes da integração, transpondo-as da escala ordinal (quantitativa) para a escala nomina (qualitativa), em níveis de intensidade, realizou-se a sua transposição a partir de agrupamentos de categorias por similaridade.

Esses agrupamentos se basearam em técnicas simples do método hierárquico aglomerativo, no qual as notas resultantes da integração dos cartogramas foram particionadas em grupos de interesse, de forma que a representação dos resultados facilitasse a visualização da semelhança e a proximidade entre as notas.

Por essa razão, as notas 3 e 4 foram agrupadas em uma única classe e renomeadas como Baixo Risco (Quadro 20). Seguindo esse mesmo princípio, as notas 5 e 6 foram aglutinadas na categoria Médio Risco e, por fim, as notas 7 e 8 foram coligidas na classe Alto Risco.

As notas compreendidas de 0 a 2 e de 9 a 10 não foram registradas no resultado da integração, o que significa que não houve representações dos níveis de risco Muito Baixo e Muito Alto, respectivamente.

**Quadro 20 - Transposição das classes da escala ordinal para nominal do mapa de áreas de risco.**

Notas	Classes Agrupadas	Ocorrência das Classes
0	Nulo	-
1 e 2	Muito Baixo	-
3 e 4	Baixo	Sim
5 e 6	Médio	Sim
7 e 8	Alto	Sim
9 e 10	Muito Alto	-

Fonte: Autor (2016).

As discussões a respeito das classes do mapa de áreas de risco (Baixo, Médio e Alto) serão detalhadas, de modo a se apreciar as variáveis constituintes do fenômeno analisado à guisa da proteção ambiental.

Após a elaboração do mapa das áreas de risco a acidentes com transporte de produtos perigosos (Figura 26), foi possível realizar planimetrias ou mensurações nesse cartograma, que resultou na informação de que 76,28%, ou seja, 180.830,31 hectares da área avaliada (Tabela 22) pertence à classe Médio Risco, caracterizando-se como a categoria de maior abrangência espacial.

**Tabela 22 - Mensurações das classes das áreas risco a acidentes com produtos perigosos.**

Classes	Área (ha)	Área (%)
Baixo Risco (Notas 3-4)	31.468,73	13,24
Médio Risco (Notas 5-6)	180.830,31	76,28
Alto Risco (Notas 7-8)	24.767,66	10,45
<b>Totais</b>	<b>237.066,70</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2016).

Também se constatou que 31.468,73 hectares da área estudada, ou 13,24%, foram classificados como sendo de Baixo Risco, e apenas 24.767,66 hectares, o que corresponde a 10,45% da área analisada, são tidos como Alto Risco ambiental aos acidentes com TRPP.

De modo geral, a presente análise busca entender, baseada na corografia, a participação espacial das 14 variáveis integrantes do processo avaliativo e suas relações com as classes risco para a área de influência ambiental da rodovia BR-101 no território alagoano.

#### 5.2.5.1 Áreas de baixo risco

As áreas de baixo risco, compreendidas neste estudo, correspondem àquelas que resultaram de um processo de conjugação de fatores e elementos ponderados em função dos

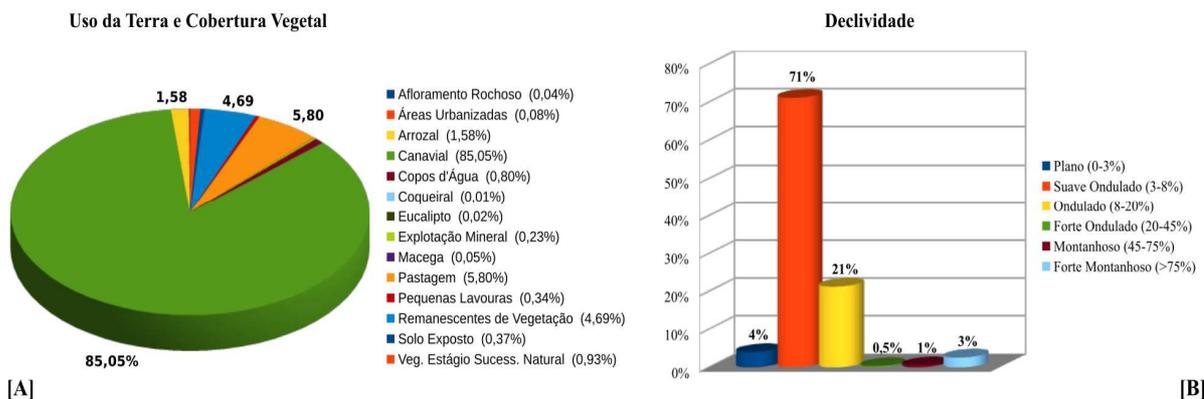
seus graus de importância e possibilidades de associação com os acidentes rodoviários de produtos perigosos, o que apresentou baixa probabilidade de danos e pequena dimensão de perdas.

Isso posto, essa classe se distribuiu espacialmente em 80 segmentos da área de estudo, totalizando uma extensão de 31.468,73 hectares, correspondentes a 13,24% da superfície em questão. Essa área está concentrada, em sua maioria, na porção central, que se estende desde o município de Messias até Junqueiro. Minoritariamente, verificam-se apenas 8 pequenos segmentos nos extremos norte (Colônia Leopoldina e Novo Lino) e sul (Porto Real do Colégio e Olho d'Água Grande). Entretanto, devido ao fato de serem segmentos isolados e totalizarem apenas 1.700 hectares, perdem relevância espacial quando comparadas à classe médio risco que as circundam.

De forma geral, cerca de 85% (26.764,01ha) dessa classe é constituída por terras dedicadas à cultura da cana-de-açúcar (Figura 27A), as quais se estabelecem, majoritariamente, em terrenos de moderada declividade, variando de plano (0-3%) a ondulado (8%-20%), e se estendem por aproximadamente 96% da área pertinente ao baixo risco (Figura 27B).

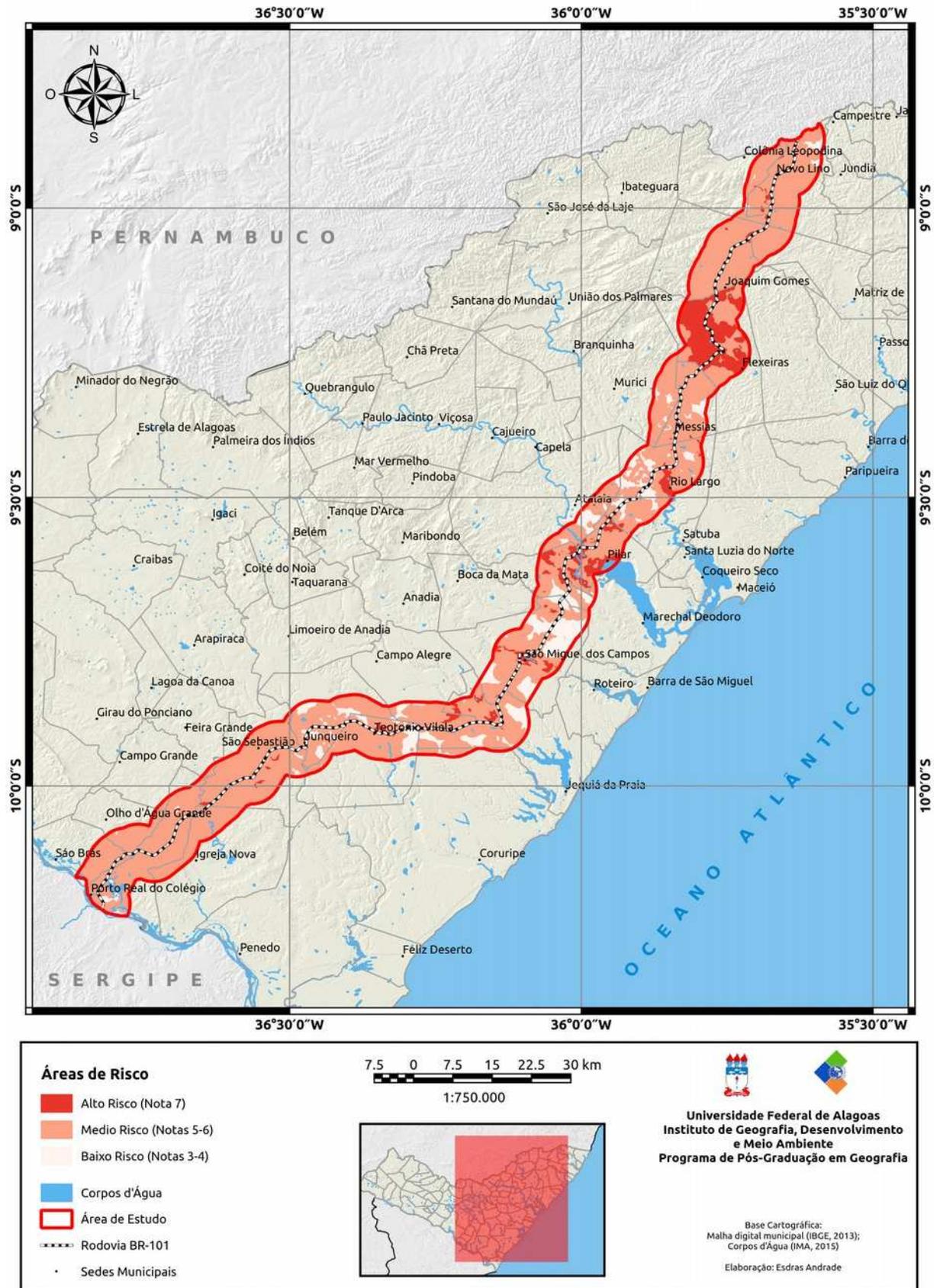
Também é possível observar que outros 7,38% (2.322,43ha) da classe são comprometidos com o sistema produtivo agropecuário, ou seja, a terra é usada para os arrozais e pastos.

**Figura 27 - Participação percentual das classes de uso da terra e cobertura vegetal [A] e declividade [B] nas áreas de baixo risco.**



Fonte: Autor (2016).

Figura 26 - Áreas de risco ambiental aos acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos contidas no buffer de 5 km no trecho alagoano da rodovia BR-101.



Fonte: Autor (2016).

Ainda sobre o aspecto topográfico, vale mencionar que aproximadamente 45% (13.270ha) da superfície desta classe de risco situam-se sobre os Platôs Tabuliformes e Interflúvios Tabuliformes da Formação Barreiras (Figura 28 A e B) na porção central da área de estudo, onde estão concentradas sua maior extensão (Figura 29).

**Figura 28 - Fotografias aéreas oblíquas das paisagens das áreas de baixo risco na porção central da área de estudo.**

[A] Platôs Tabuliformes.

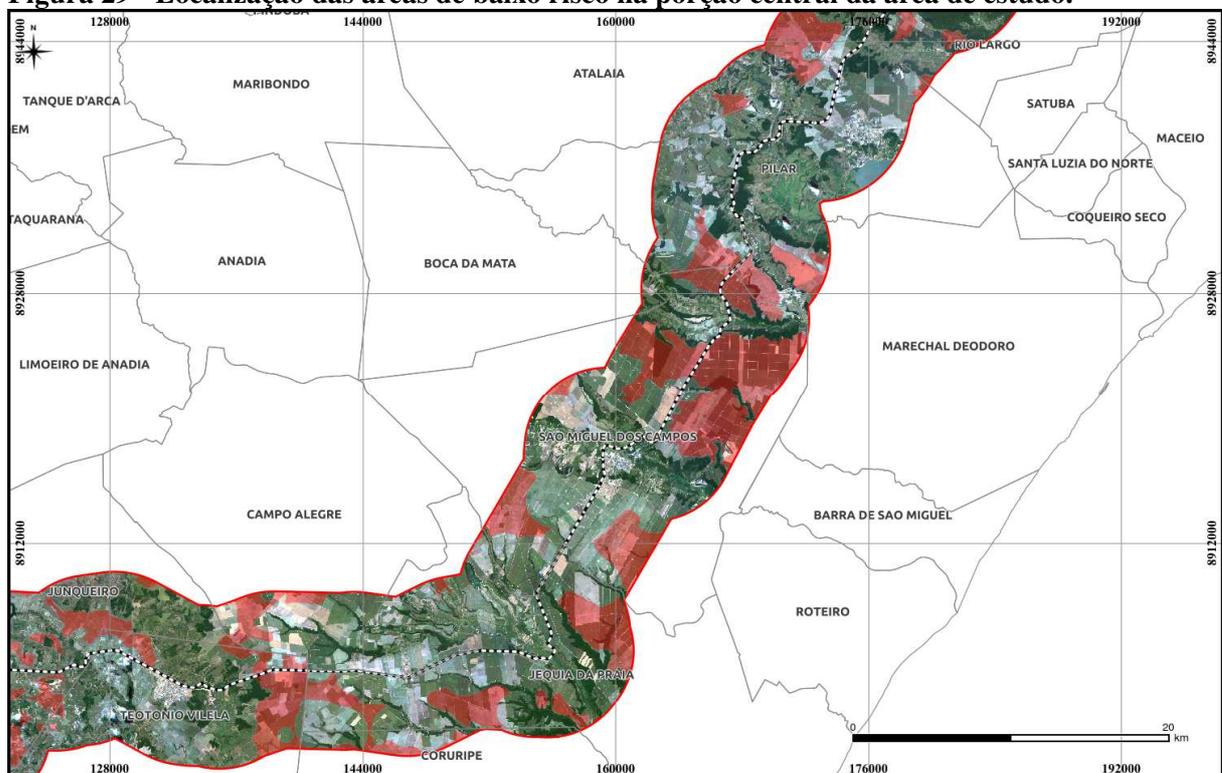
[B] Interflúvios Tabuliformes.



Fonte: Acervo pessoal do autor (2016).

Fonte: Acervo pessoal do autor (2016).

**Figura 29 - Localização das áreas de baixo risco na porção central da área de estudo.**



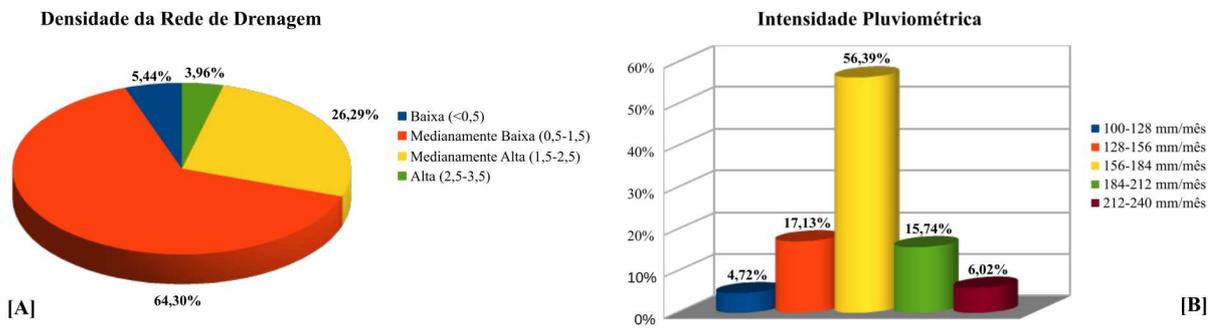
Fonte: Autor (2016).

Esse relevo, pouco movimentado, é típico de ambientes em que há uma densidade de

rede de drenagem baixa e moderadamente baixa. Fato é que cerca de 70% da extensão da classe de risco em questão abrange essas faixas de densidade da drenagem (Figura 30A).

Essa constatação se dá em virtude da condição climática a qual a área está sujeita, correspondente ao clima subúmido, segundo a classificação de Thornthwaite, e isso influencia diretamente na intensidade pluviométrica da região, que é abrangida majoritariamente pela faixa intermediária de 156-184mm/mês (Figura 30B), com 56,39% (17.745,51ha) da área estudada.

**Figura 30 - Participação percentual das classes de densidade da rede de drenagem [A] e intensidade pluviométrica [B] nas áreas de baixo risco.**

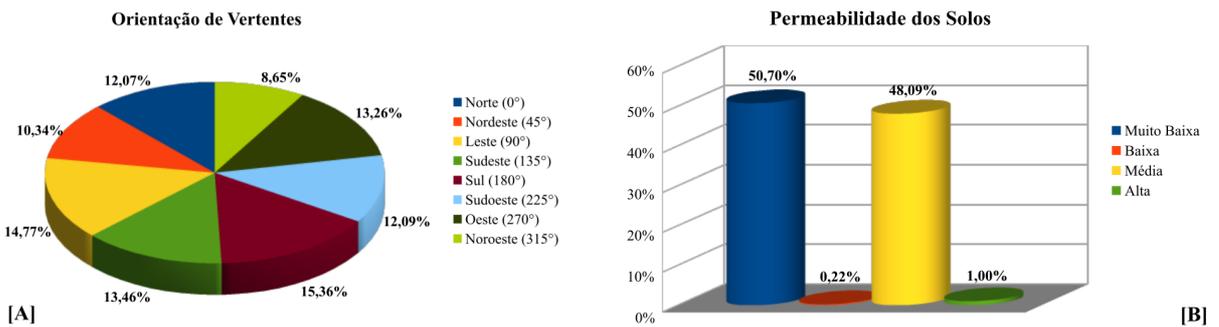


Fonte: Autor (2016).

Nesse contexto, de forma sucinta, entende-se que há uma relação diretamente proporcional entre a pouca ou moderada incidência de precipitação pluvial com a escassa quantidade de cursos d'água e ao fato de o relevo ser menos trabalhado por esses agentes.

Assim, com a superfície dessas áreas coberta predominante por solos do tipo Argissolo Amarelo e Latossolo Amarelo, a permeabilidade é considerada média em 48,09% (15.132,21ha) e muito baixa em 50,70% (15.953,58ha) dos casos, respectivamente (Figura 31B).

**Figura 31 - Participação percentual das classes de orientação de vertentes [A] e permeabilidade dos solos [B] nas áreas de baixo risco.**



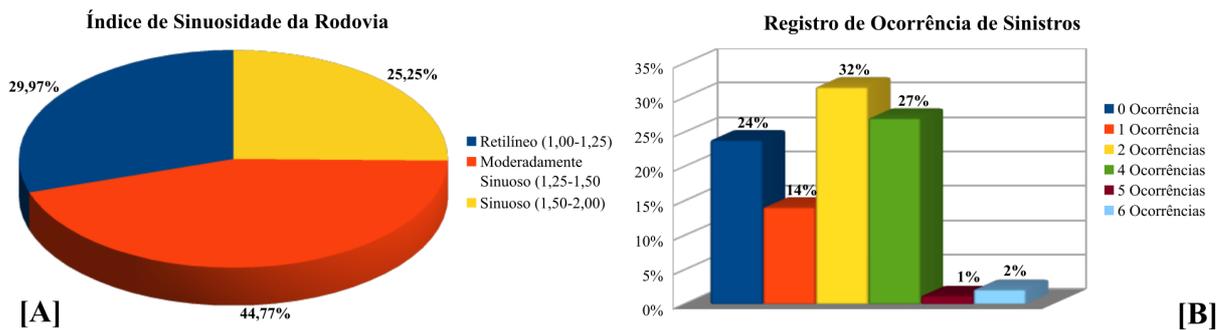
Fonte: Autor (2016).

No que se refere à orientação das vertentes, 38,57% (12.137,49ha) da abrangência espacial do terreno pertinente à classe de baixo risco estão direcionados para nordeste, leste e sudeste (Figura 31A). Isso significa que, em caso de vazamento de produtos químicos provenientes de acidentes rodoviários, o escoamento tende a dirigir-se para os cursos d'água a jusante do local do evento, uma vez que a rede de drenagem, nessa porção do território alagoano, no qual a rodovia BR-101 está inserida, orienta-se para o oceano atlântico.

Em relação ao índice de sinuosidade da rodovia, aproximadamente 30% (9.431,94ha) da área que corresponde à classe de baixo risco é abrangida por trechos retilíneos e 45% (14.089,88ha) por segmentos viários moderadamente sinuosos (Figura 32A).

Os sinistros ocorridos nessa classe de risco abrangem cerca de 70% da sua área, ou seja, 21.890,08 hectares, com o registro máximo de 2 acidentes, ao tempo em que os 30% restantes (9.578,65ha) concentram entre 4 e 6 acidentes com TRPP (Figura 32B).

**Figura 32 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de baixo risco.**



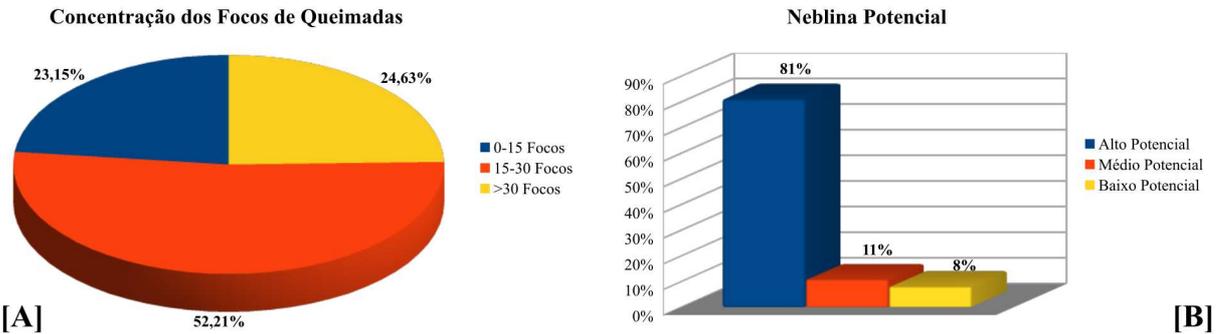
Fonte: Autor (2016).

Fatores como topografia plana e moderadamente declivosa associada a um uso da terra eminentemente agropecuário, com práticas de queimadas sazonais, seja para colheita da cana-de-açúcar ou para limpeza de terreno dos pastos, propiciam condições ideais para a geração de fumaça, o que pode ocasionar acidentes.

Dessa forma, as áreas de baixo risco comportam, majoritariamente, uma concentração entre 15 e 30 de focos de queimadas a cada 5km<sup>2</sup>, de modo a ocupar uma extensão de 16.430,72 hectares, o que corresponde a 52,21% da classe em questão (Figura 33A).

No caso da possibilidade de acontecimentos de neblina, em condições atmosféricas propícias para tal, a categoria está inserida predominante em uma região onde 81% (25.532,50ha) de sua área é altamente passível de ocorrência (Figura 33B).

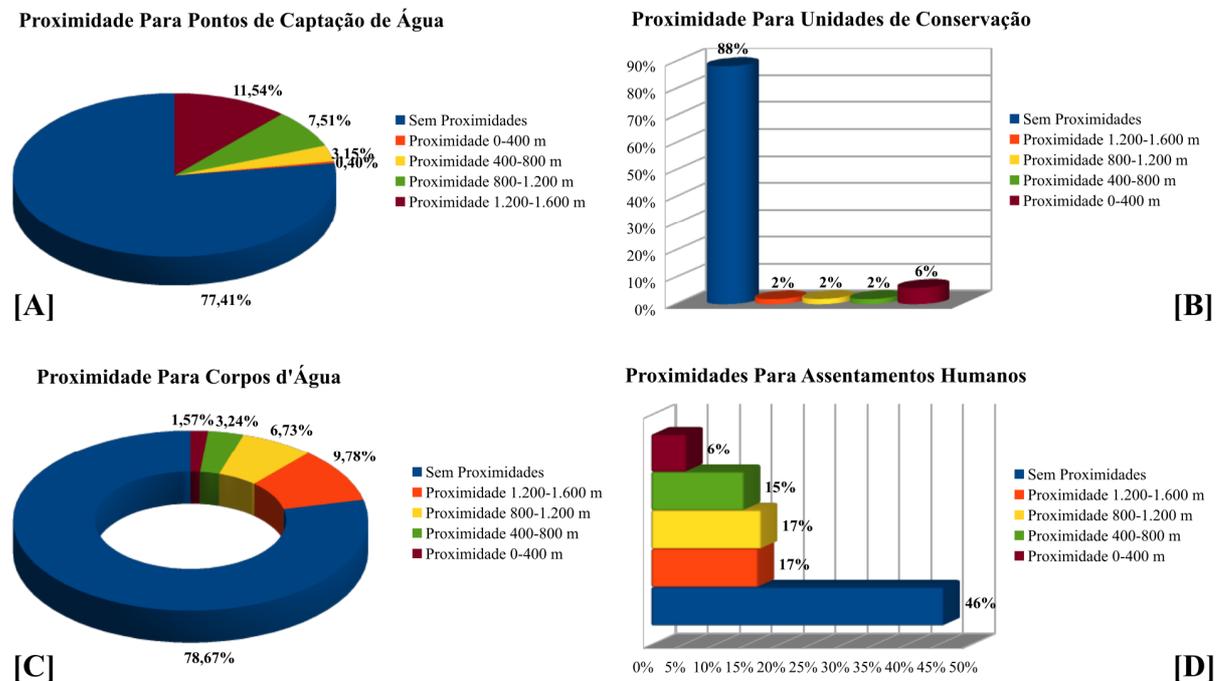
**Figura 33 - Participação percentual das classes de concentração dos focos de queimadas [A] e neblina potencial [B] nas áreas de baixo risco.**



Fonte: Autor (2016).

Ao admitir as proximidades ou distâncias como faixas concêntricas com intervalos de 400 metros, a partir dos locais mais críticos à exposição aos danos e consequências dos produtos perigosos, infere-se pela Figura 34 que, em todas as situações, as áreas de baixo risco, possuem uma grande participação percentual de áreas sem proximidades para essas localizações delicadas.

**Figura 34 - Participação percentual das classes proximidades para pontos de captação de água [A], unidades de conservação [B], corpos d'água [C] e assentamentos humanos [D] nas áreas de baixo risco.**



Fonte: Autor (2016).

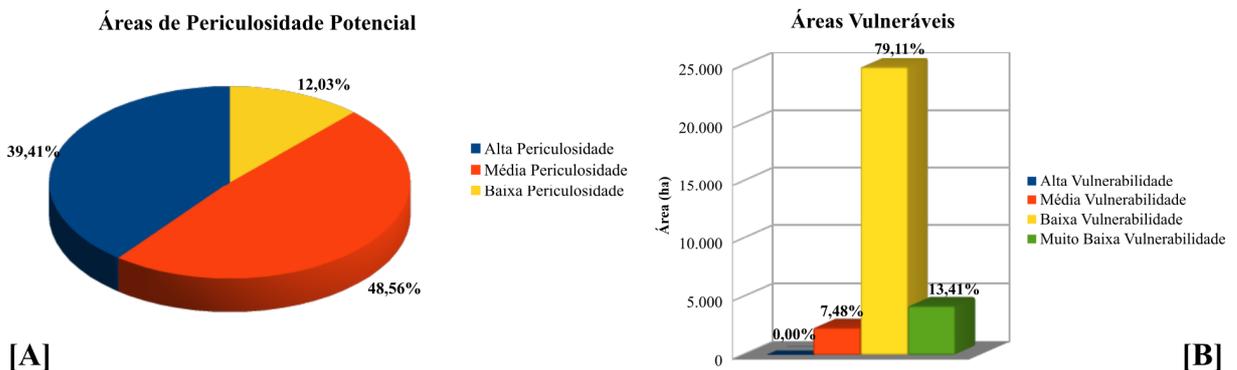
Assim sendo, verifica-se que a proximidade que mais ocupa espaço nas áreas de baixo risco para os pontos de captação de água corresponde à faixa de 1.200-1.600 metros, com 3.630,75 hectares, o que representa 11,54% da classe em questão (Figura 34A). Para as unidades de conservação, a faixa de proximidade que abriga a maior representatividade areal diz respeito àquela de 0-400 metros, com 1.899,47 hectares, ou seja, 6% da superfície da classe de baixo risco (Figura 34B).

Em relação às distâncias para os corpos d'água, a Figura 34C acima mostra que as faixas que mais participam espacialmente são as proximidades de 800-1.200 metros e 1.200-1600 metros com 6,73% (2.118,23ha) e 9,78% (3.078,18ha), respectivamente.

No que se refere às proximidades para os assentamentos humanos, os intervalos que ocupam mais áreas na classe de baixo risco representam as faixas de 400-800m 800-1.200m e 1.200-1.600m. Juntos, esses intervalos detêm uma extensão de 12.287,44 hectares, correspondentes a 48,58% da área em questão (Figura 34D).

A Figura 35, a seguir, permite analisar a participação percentual das categorias de periculosidade identificadas na delimitação das áreas de baixo risco a acidentes com TRPP. Assim, toma-se conhecimento de que 48,56% (15.280,86ha) da delimitação do baixo risco estão sob influência de áreas potenciais de média periculosidade (Figura 35A), ao tempo em que 79,11% (24.893,96ha) dessa classe de risco, em questão, possuem áreas de baixa vulnerabilidade (Figura 35B).

**Figura 35 - Participação percentual das classes de periculosidade potencial [A] e áreas vulneráveis [B] nas áreas de baixo risco.**



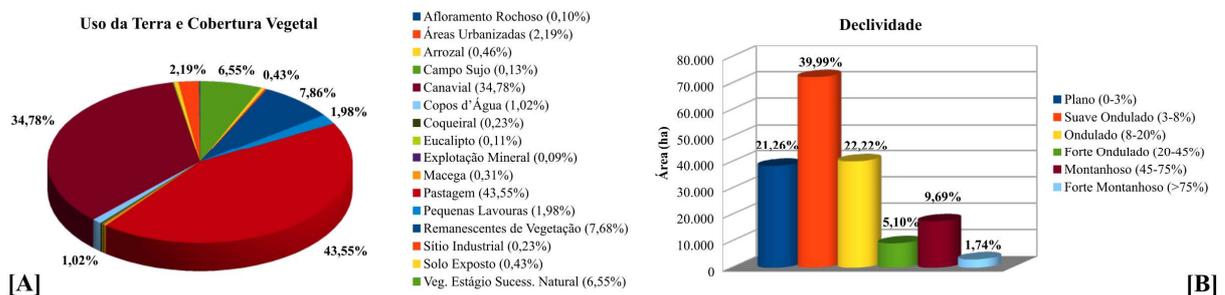
Fonte: Autor (2016).

Essas duas constatações aliadas ao uso da terra e cobertura vegetal possibilitam inferir que, apesar da atribuição equiparada dos pesos, no processo de integração, o fator vulnerabilidade contribuiu mais significativamente na conformação da delimitação das áreas



De acordo com a Figura 37A, é possível constatar que cerca de 78% da área dessa classe, ou seja, 141,641,22 hectares, é ocupada por pastagens e pela cana-de-açúcar. Entretanto, outros tipos de usos e ocupações também se fazem representar, dentre eles, destacam-se os ambientes naturais como os remanescentes de vegetação, a vegetação em estágio de sucessão natural e os corpos d'água. Juntos, ocupam uma área de 27.907,82 hectares, ou seja, correspondem a 15,43% da classe médio risco.

**Figura 37 - Participação percentual das classes de uso da terra e cobertura vegetal [A] e declividade [B] nas áreas de médio risco.**



Fonte: Autor (2016).

No que diz respeito à declividade, o fato de essa classe de risco se desdobrar por quase todos os ambientes da área de estudo, permite que ela se estenda por diferentes paisagens e, conseqüentemente, abranja todos níveis de declividade, partindo de uma topografia monótona a uma totalmente acidentada (Figura 38).

A Figura 38B revela que aproximadamente 40% (72.309,80ha) da superfície da classe de risco em questão representam um relevo suave ondulado (3-8%), e, dentre outras áreas, esse aspecto é bastante presente na porção sul da área estudada, mais precisamente nos municípios de São Brás e Porto Real do Colégio, próximo ao rio São Francisco (Figura 38B).

Assim, o terreno mais planificado se situa na porção central da área de estudo sobre a morfologia dos topos dos tabuleiros costeiros, típico da litologia da Formação Barreiras, nessa região do Estado de Alagoas (Figura 38A). Esse tipo de relevo abrange uma área de 38.444,22 hectares, o que equivale a 21,26% da classe de médio risco.

O relevo contendo declividades de ondulada a montanhosa responde por 37% da categoria em questão; isso representa 66.921,68 hectares de participação areal e se destaca na porção norte da área estudada, onde se situa a Suíte Intrusiva Itaporanga, entre os municípios de Flexeiras e Joaquim Gomes (Figura 38C).

**Figura 38 - Fotografias aéreas oblíquas das diferentes paisagens das áreas de médio risco na área de estudo. [A] São Miguel dos Campos. [B] São Brás. [C] Murici. [D] Rio Largo.**

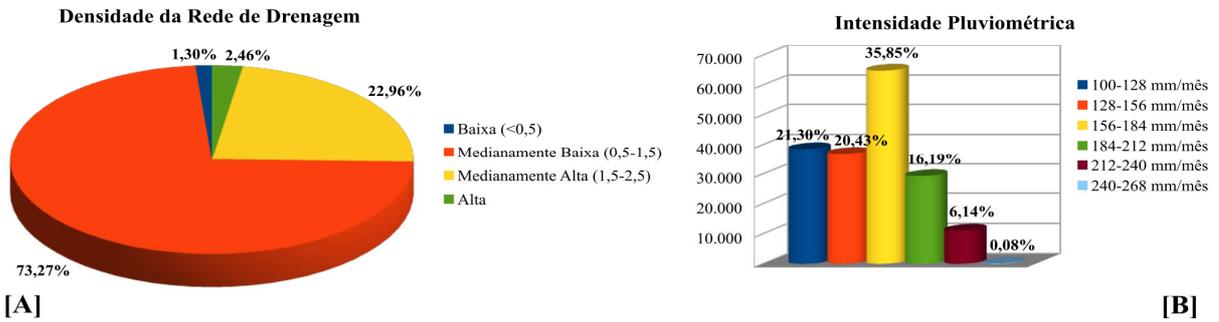


Fonte: Acervo pessoal do autor (2016).

No entanto, com um relevo predominantemente ondulado, tendendo às baixas e médias declividades, nota-se que as participações percentuais se assemelham, tanto com as densidades da rede de drenagem predominantes, quanto aos valores da intensidade pluviométrica prevalentemente mais brandas.

Dessa forma, a participação percentual da densidade da rede drenagem na classe de médio risco a acidentes com produtos perigosos, conforme Figura 39A, apresenta uma divisão – 96,23%, ou seja, 174.023,50 hectares da área da categoria – composta por densidades medianamente baixa (0,50-1,50) e medianamente alta (1,50-2,50); ao mesmo tempo, a participação da pluviometria é considerada, predominantemente, de baixa a média intensidade, com valores variando de 100 a 184mm/mês (Figura 39B). Neste caso, ocupa-se uma área de 140.304,63 hectares, representando 77,59% da delimitação das áreas de médio risco a TRPP.

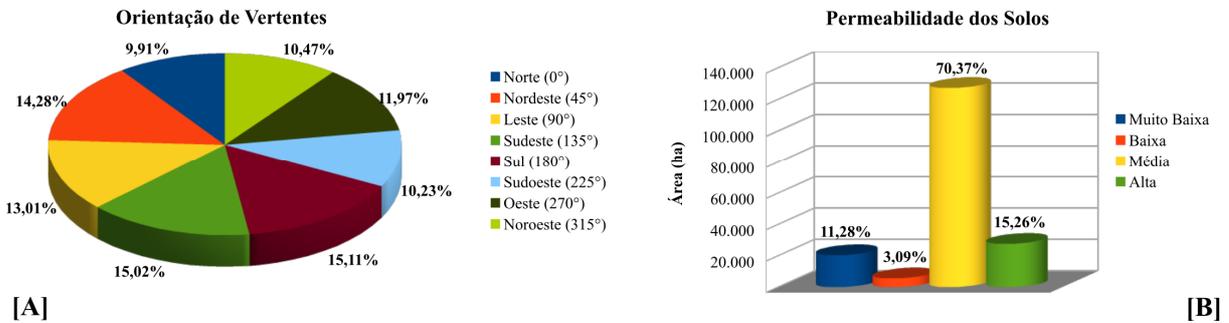
**Figura 39 - Participação percentual das classes da densidade da rede de drenagem [A] e intensidade pluviométrica [B] nas áreas de médio risco.**



Fonte: Autor (2016).

Em relação à orientação das vertentes, a participação percentual se assemelha ao que foi constatado com a classe das áreas de baixo risco. Neste caso, 42,31% (76.509,30ha) da abrangência espacial do terreno pertinente à classe de médio risco estão voltadas para nordeste, leste e sudeste (Figura 40A). Fato este que, em situações em que houver vazamento de produtos químicos provenientes de acidentes rodoviários, o escoamento dirigir-se-á para os cursos d’água a jusante do local do sinistro.

**Figura 40 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de médio risco.**



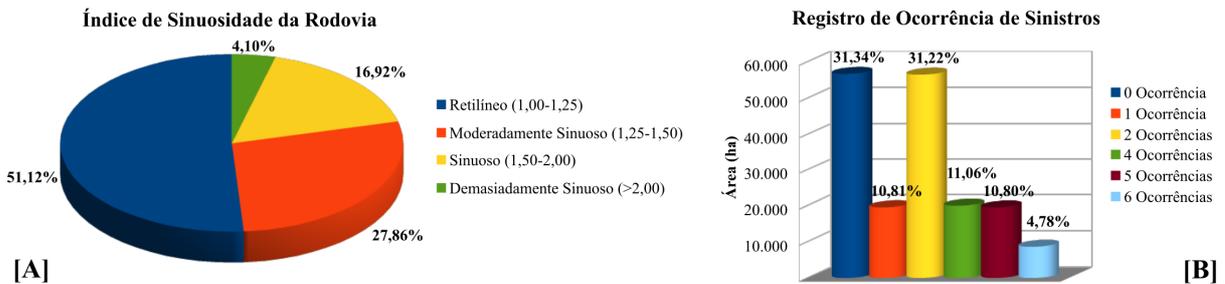
Fonte: Autor (2016).

No que se refere à participação percentual da permeabilidade dos solos (Figura 40B), observa-se que aproximadamente 85% da área em questão é abrangida por solos do tipo Argissolo Bruno Acinzentado, Amarelo e Vermelho-Amarelo, além dos Espodossolo Ferrihumilúvico, Gleissolo Háplico, Latossolo Vermelho, Luvissole Crômico, Planossolo Háplico e os Neossolos Flúvicos e Litólico. Todos esses são de textura predominantemente areno-argilosa, constituindo, assim, permeabilidades médias e altas.

Ao analisar a Figura 41A, que se refere ao índice de sinuosidade da rodovia, constata-se que 51,12% (92.444,01ha) da área que corresponde à classe em questão é abrangida por trechos retilíneos. Outros 27,86% (50.379,27ha) são compreendidos por segmentos viários moderadamente sinuosos (Figura 41A). Já os trechos sinuosos e demasiadamente sinuosos alcançam uma extensão de 38.007,03 hectares, o que equivale a 21,02% da classe pertinente às áreas de médio risco.

Os acidentes ocorridos nessa classe de risco ocupam 73,37% da sua área, ou seja, representam 132.660,27 hectares, em áreas com nenhum até 2 registros de sinistros, ao tempo em que os 26,63% restantes (48.170,04ha) se concentram entre 4 e 6 acidentes com TRPP (Figura 41B).

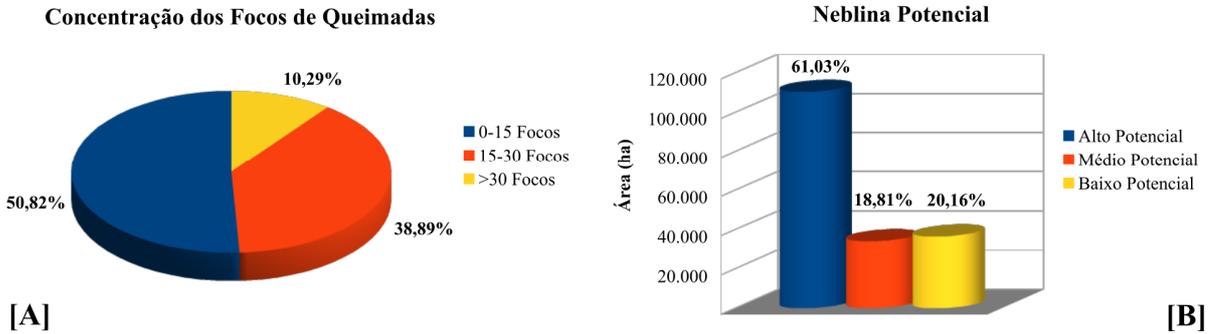
**Figura 41 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de médio risco.**



Fonte: Autor (2016).

A análise da Figura 42A, que apresenta a participação percentual das classes de concentração dos focos de queimada para o médio risco de TRPP, oportuniza a inferência de que o fato de mais de 50% (91.902,05ha) da área em questão compreender áreas que concentram de 0 a 15 focos de queimadas a cada 5km<sup>2</sup> tem correlação com um relevo mais movimentado, o qual detém um uso da terra predominantemente com pastagens. Como essa atividade possui uma incidência menor de ateamento do fogo, se comparada com a do cultivo da cana-de-açúcar, denota-se um registro menor de concentração de focos de queimadas, diminuindo, por consequência, a produção de fumaça.

**Figura 42 - Participação percentual das classes de concentração dos focos de queimadas [A] e neblina potencial [B] nas áreas de médio risco.**

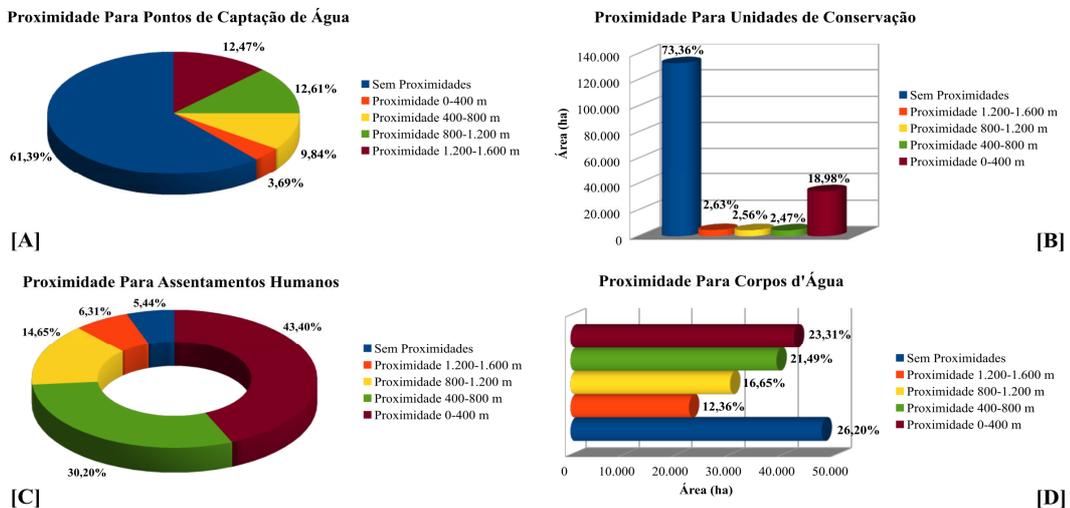


Fonte: Autor (2016).

No caso da neblina potencial, a categoria de médio risco está inserida predominantemente em uma região onde 61% (110.368,56sha) de sua área é altamente passível de sua ocorrência (Figura 42B). O baixo potencial de neblina só é verificado no extremo sul da área de estudo.

Ao se considerar os intervalos de 400 metros como faixas de distâncias para os locais mais críticos aos danos e consequências de potenciais vazamentos de produtos perigosos, analisa-se, com base da Figura 43, que as faixas de proximidades de 0 a 400 metros destacam-se em relação às demais classes, pela ocupação das áreas avultadas para esse nível de risco, excetuando-se a proximidade para os pontos de captação de água, os quais, por sua vez, sobressaem-se da classe 1.200-1.600 metros.

**Figura 43 - Participação percentual das classes proximidades para pontos de captação de água [A], unidades de conservação [B], assentamentos humanos [C] e corpos d'água [D] nas áreas de médio risco.**

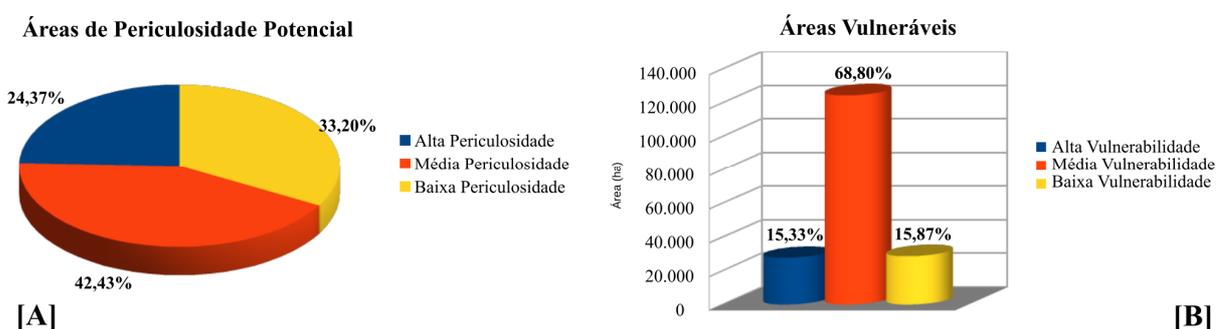


Fonte: Autor (2016).

Assim, as participações espaciais dos estratos de proximidades 0-400 metros atestam que as áreas por elas representadas em cada tema são aquelas mais críticas, abrangidas pelo médio risco a acidentes com o transporte de produtos perigosos.

Diante do que foi exposto para essa classe de médio risco, as áreas de periculosidade potencial e as áreas vulneráveis representam a sintetização de todos os fatores descritos anteriormente, uma vez que são produtos das suas integrações.

**Figura 44 - Participação percentual das classes de periculosidade potencial [A] e áreas vulneráveis [B] nas áreas de médio risco.**



Fonte: Autor (2016).

Mediante esse fato, a Figura 44 acima mostra que há correspondência entre as participações preponderantes das classes Média Periculosidade e Média Vulnerabilidade, em seus respectivos temas, quando relacionadas ao Médio Risco. Atesta-se, assim, que ambas contribuíram significativamente na conformação da delimitação das áreas de médio risco a TRPP.

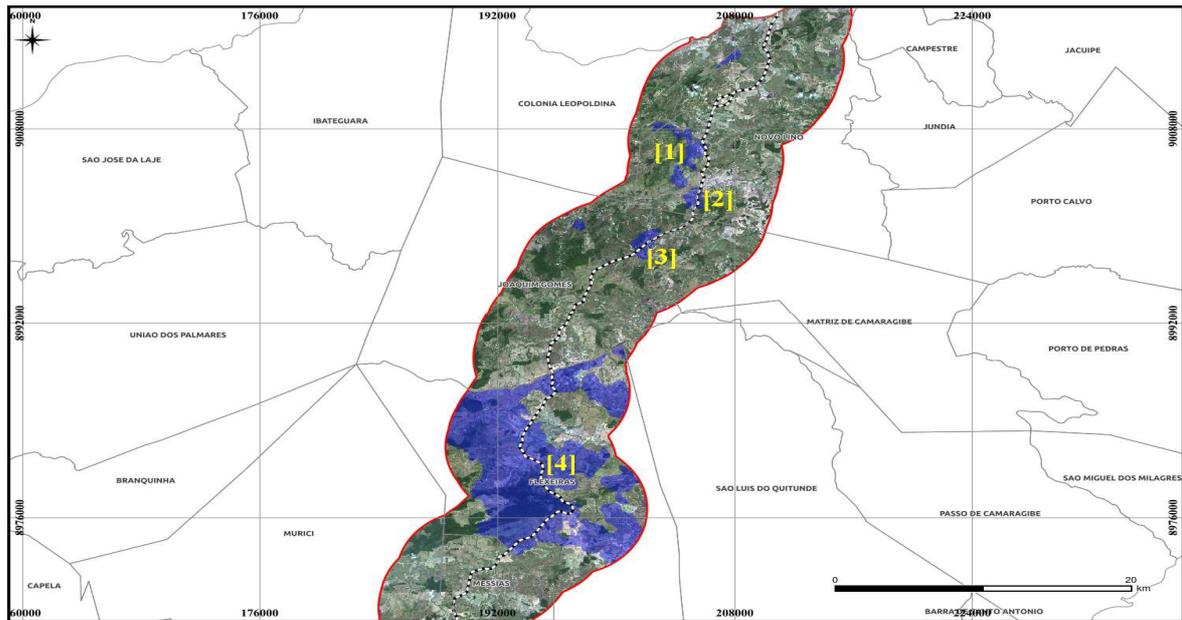
### 5.2.5.3 Áreas de alto risco

As áreas de Alto Risco (Notas 7-8), compreendidas neste estudo, correspondem àquelas que resultaram de um processo de conjugação de fatores e elementos ponderados em função dos seus graus de importância e possibilidades de associação com os acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos químicos perigosos. Elas apresentam, assim, alta probabilidade de danos e grande dimensão de perdas humanas, ambientais e de bens.

Diante desse fato, essa classe se especializa por intermédio de 53 feições na área de estudo, perfazendo uma extensão total de 24.767,66 hectares, o que representa 10,45% da superfície total analisada. Essas feições se encontram distribuídas em três partes da área de estudo, descritas a seguir.

Na porção norte, são 12 segmentos, especificamente nos municípios de Novo Lino, Colônia Leopoldina, Matriz de Camaragibe, Joaquim Gomes, Messias e Flexeiras (Figuras 45 e 46). Este último município detém a maior representação espacial da categoria em questão, ocupando aproximadamente 60,12% do seu território abrangido pela área de estudo. Juntos, totalizam uma área de 12.310,41 hectares, correspondendo a 49,70% da classe de alto risco.

**Figura 45 - Localização das áreas de alto risco na porção norte da área de estudo.**



Fonte: Autor (2016).

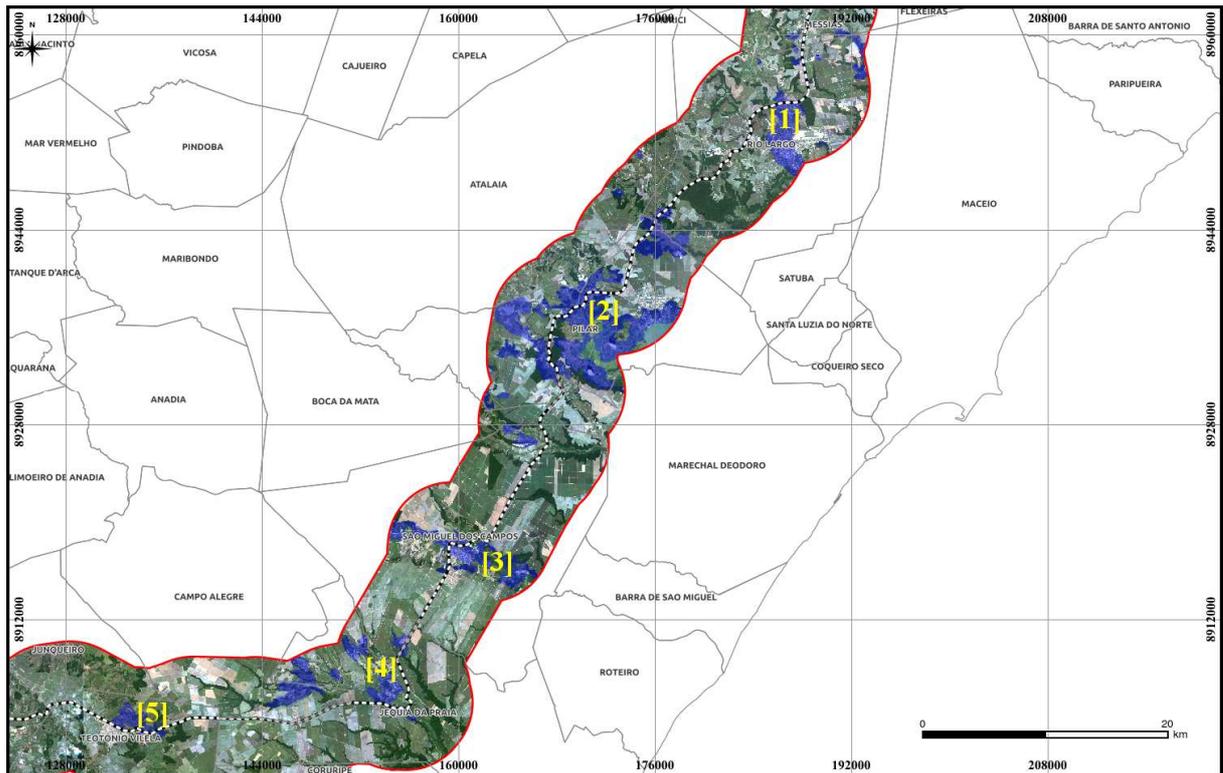
**Figura 46 - Paisagens das áreas de alto risco na área de estudo. [1] Campo Higrófilo em Novo Lino. [2] Rio Camaragibe em Joaquim Gomes. [3] Joaquim Gomes. [4] Estação Ecológica de Murici em Flexeiras.**



Fonte: Acervo pessoal do autor (2016).

Na porção centro, são 30 segmentos que englobam os municípios de Rio Largo, Atalaia, São Miguel dos Campos, Jequiá da Praia, Campo Alegre e Pilar (Figuras 47, 48 e 49), sendo este último o que comporta a maior quantidade de segmentos. Essa parte da área de estudo que detém a classe de alto risco se estende por uma superfície de 11.184,29 hectares, o que representa 45,16% da categoria em questão.

**Figura 47 - Localização das áreas de alto risco na porção centro da área de estudo.**



Fonte: Autor (2016).

**Figura 48 - Paisagens das áreas de alto risco na área de estudo. [1] Área urbana de Rio Largo e entorno. [2] Área urbana de Pilar e entorno.**



Fonte: Acervo pessoal do autor (2016).

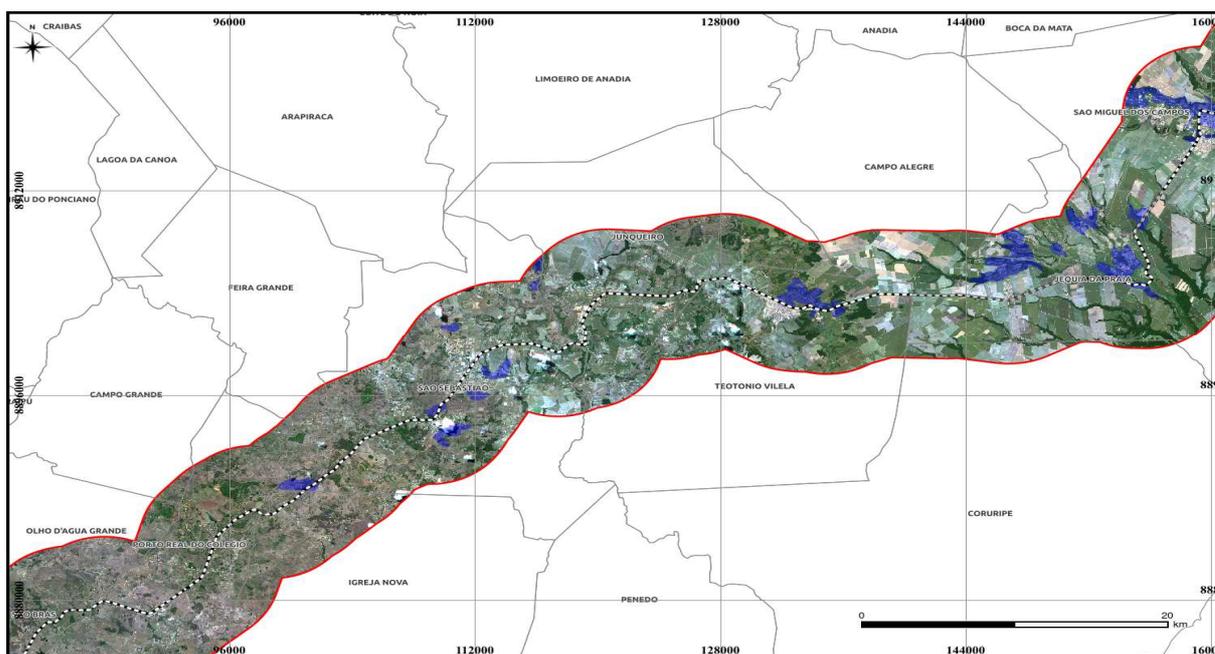
**Figura 49 - Paisagens das áreas de alto risco na área de estudo. [2] Ladeira da usina Terra Nova em Pilar. [3] Planície de inundação do rio São Miguel em São Miguel dos Campos. [4] Vale do rio Jequiá em Jequiá da Praia. [5] Vale do rio Coruripe em Teotônio Vilela.**



Fonte: Acervo pessoal do autor (2016).

Na porção sul, são 11 parcelas repartidas entre os municípios de Teotônio Vilela e São Sebastião. Elas totalizam uma extensão de 1.272,96 hectares, o que corresponde a 5,14% da classe de áreas de alto risco (Figura 50).

**Figura 50 - Localização das áreas de alto risco na porção sul da área de estudo.**



Fonte: Acervo pessoal do autor (2016).

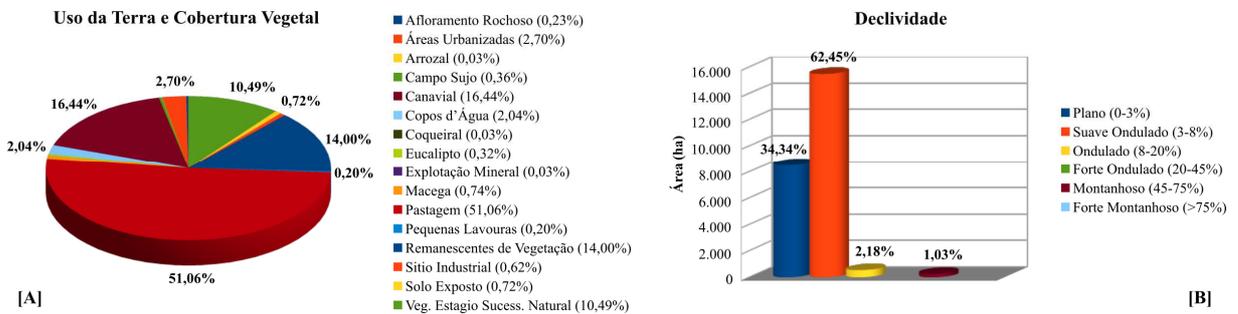
Nessas disposições, consegue-se observar que as áreas compreendidas na classe de alto risco a acidentes com TRPP apresentam o uso e cobertura do solo mais representativo, no que se refere à expressão espacial de outras classes, em especial aquelas componentes do meio natural.

Dessa forma, tem-se que, nas áreas de alto risco, as áreas naturais representam 27,27% da cobertura areal da classe (Figura 51A), ao passo que esse percentual corresponde a 15,56% e 6,47% das respectivas classes médio e baixo riscos.

As áreas destinadas às atividades agropecuárias (pasto e cana-de-açúcar) participam com 67,50% da classe de alto risco, ao mesmo tempo que esses valores representam 78,33% para a categoria médio risco e 90,85% para o baixo risco.

Todas essas atividades e demais tipos de usos da terra e cobertura vegetal se desenvolvem sobre um relevo predominantemente plano a suave ondulado, ou seja, possuem clinometrias que variam de 0 a 8%. A extensão superficial é de 23.973,13 hectares, o que representa 96,79% (Figura 51B) das áreas de alto risco a acidentes com TRPP.

**Figura 51 - Participação percentual das classes de uso da terra e cobertura vegetal [A] e declividade [B] nas áreas de alto risco.**



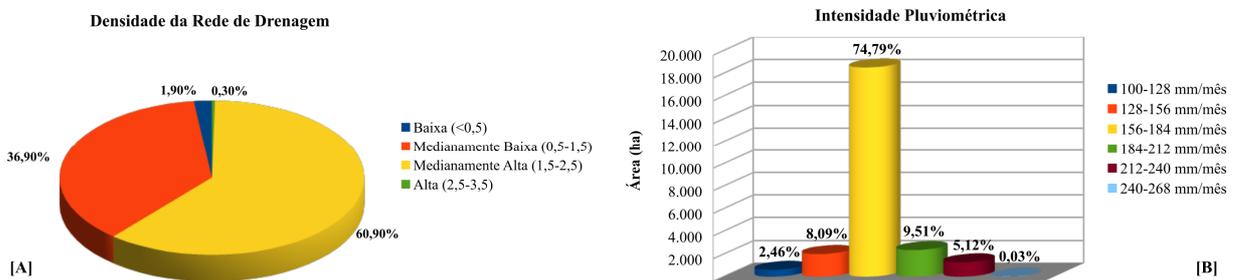
Fonte: Autor (2016).

Assim, em um relevo predominantemente suave ondulado, tendendo às baixas declividades, nota-se que as participações percentuais destoam da densidade da rede de drenagem e da intensidade pluviométrica.

Nesse contexto, a participação percentual da densidade da rede drenagem na classe de alto risco a acidentes com produtos perigosos, conforme Figura 52A, apresenta predominância da densidade medianamente alta (1,50-2,50km/km<sup>2</sup>), cobrindo uma área de 15.082,80 hectares (60,90%) e seguida pela classe medianamente baixa (0,50-1,50 km/km,2) com uma extensão de 9.139,65 hectares, o que representa 36,90% da classe de risco em questão.

O fator intensidade pluviométrica (Figura 52B) se destaca pela preponderância da faixa de 156-184mm/mês com 74,79% (18.523,37ha) da cobertura espacial da classe de alto risco; ela é considerada, portanto, como uma intensidade de nível intermediário dentre os valores registrados, pois, no caso das parcelas localizadas na porção centro-norte da área de estudo, estão sob o domínio climático subúmido, de acordo com a classificação de Thornthwaite. Esse clima proporciona uma precipitação que varia entre 1300 e 1400mm/ano.

**Figura 52 - Participação percentual das classes da densidade da rede de drenagem [A] e intensidade pluviométrica [B] nas áreas de alto risco.**

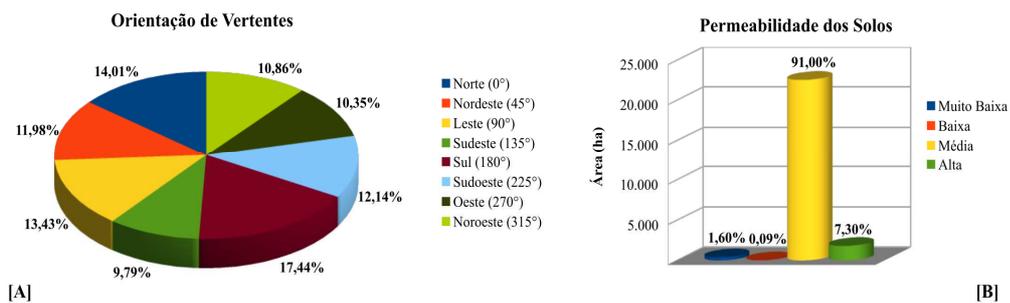


Fonte: Autor (2016).

No que diz respeito às orientações de vertentes, dentre as classes de risco mapeadas neste estudo, é nelas que se tem a menor representação espacial das vertentes orientadas para nordeste, leste e sudeste, com apenas 35,2% de participação, ou seja, ela se estende por 8.718,22 hectares (Figura 53A). Em comparação com a área total estudada, essa mensuração representa apenas 3,68%.

Assim, estima-se que, em ocorrência de sinistros envolvendo vazamento de produtos perigosos em locais no qual as vertentes são voltadas para essas orientações, as áreas afetadas tendem ao escoamento para os cursos d’água a jusante em uma proporção menor em relação às categorias de baixo e médio risco.

**Figura 53 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de alto risco.**



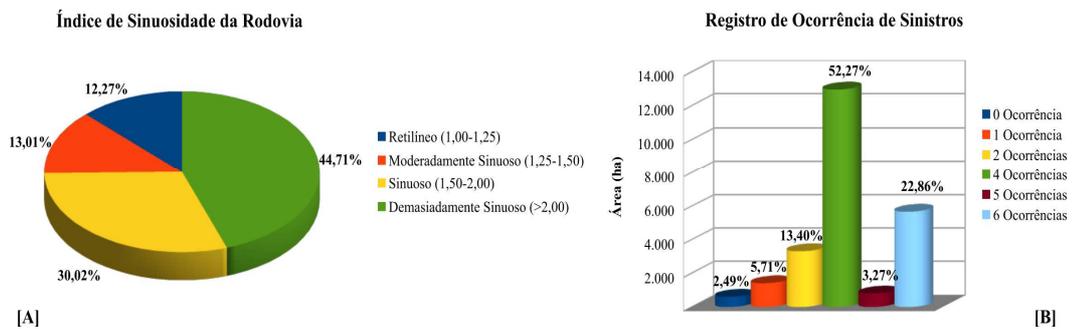
Fonte: Autor (2016).

Ao analisar separadamente cada orientação, constata-se um leve destaque para as vertentes que se inclinam para o sul. Elas atingem uma área de 4.319,48 hectares, ou seja, representam 17,44% da superfície da classe de alto risco. Em comparação com a mesma categoria nas classes de baixo e médio risco, as porcentagens equivalem respectivamente a 15,36% e 15,11%. Isso representa um acréscimo de área da ordem de 13,5% em favor da vertente sul na classe alto risco.

A Figura 53B acima, apresenta a participação percentual da permeabilidade dos solos nas áreas de alto risco, de modo a destacar a participação da média permeabilidade com 91% de abrangência espacial. Isso corresponde a 22.539,67 hectares, e ocorre em função dos Argissolos Amarelos e Vermelho Amarelos, Gleissolos Háplicos e aos Neossolos Flúvicos.

Em relação ao índice de sinuosidade, aproximadamente 3/4 da área da classe alto risco situa-se sob influência dos trechos rodoviários considerados sinuosos e demasiadamente sinuosos (Figura 54A). São 18.506,69 hectares que têm correspondência com as áreas que se destacam no registro das maiores quantidades de acidentes envolvendo TRPP para a classe de risco em questão; para o caso, aquelas que contêm 4 ocorrências (Flexeiras e São Miguel dos Campos) e 6 eventos (Pilar). As participações percentuais representam 52,27% e 22,86%, respectivamente (Figura 54B).

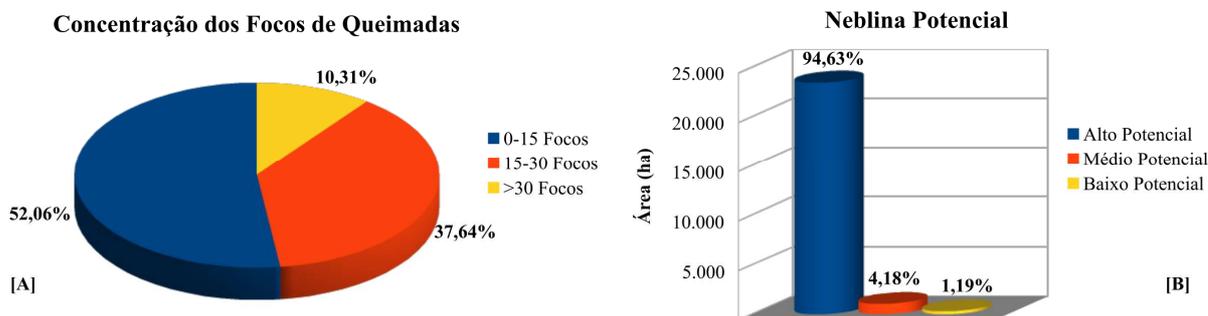
**Figura 54 - Participação percentual das classes do índice de sinuosidade da rodovia [A] e registro de ocorrência de sinistros [B] nas áreas de alto risco.**



Fonte: Autor (2016).

Ao considerar uma menor participação espacial das atividades agropecuárias abrangidas pelas áreas de alto risco, o fator concentração dos focos de queimadas também assume uma menor participação das classes que congregam as maiores quantidades de focos. A Figura 55A abaixo expõe que a maior participação percentual se dá para a categoria 0-15 focos, com 52,06% (12.892,88ha), seguida pelo intervalo 15-30 focos, com 37,64% (9.322,31ha).

**Figura 55 - Participação percentual das classes de concentração dos focos de queimadas [A] e neblina potencial [B] nas áreas de alto risco.**



Fonte: Autor (2016).

Quanto à participação percentual da neblina potencial concernente à categoria de alto risco, a Figura 55B acima mostra que as parcelas referentes a esse nível de risco estão majoritariamente inseridas em uma região onde 94,63% (23.438,25ha) de sua área é altamente passível à ocorrência de neblinas e correspondem às porções centro-norte da superfície estudada.

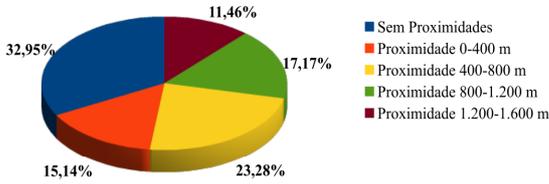
As faixas de proximidades representam os níveis de criticidade, baseadas na distância máxima de isolamento e proteção inicial que os produtos químicos perigosos têm de percorrer até provocar danos diretos às localizações mais vulneráveis ao perigo.

Assim, tem-se que os pontos de captação de água contidos na faixa de 0 a 400 metros abrangem uma área de 3.750,80 hectares, o que corresponde a 15,14% da classe de risco analisada (Figura 56A). Isso induz a se pensar que, em eventual vazamento de produtos perigosos, os locais mais críticos estão propícios a sofrer impactos menos intensos em razão de uma extensão areal menor.

Com base nesse raciocínio, pode-se considerar que o inverso é verdadeiro para as proximidades para unidades de conservação (Figura 56B), para os assentamentos humanos (Figura 56C) e para os corpos d'água (Figura 56D), pois as maiores participações da faixa de 0-400 metros nesses temas implicam maior exposição ao perigo e aos danos decorrentes de acidentes com TRPP.

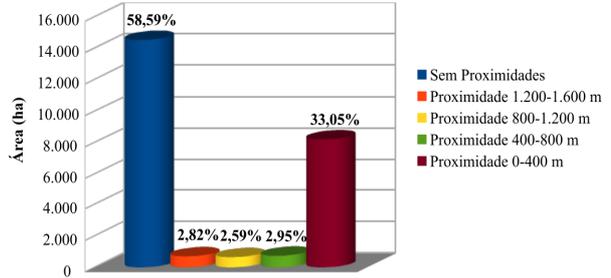
**Figura 56 - Participação percentual das classes proximidades para pontos de captação de água [A], unidades de conservação [B], assentamentos humanos [C] e corpos d'água [D] nas áreas de alto risco.**

**Proximidade Para Pontos de Captação de Água**



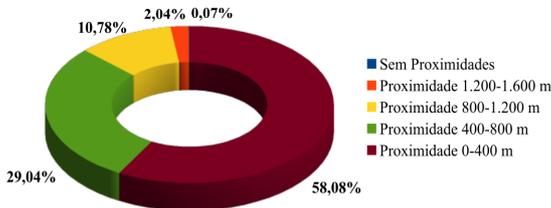
[A]

**Proximidade Para Unidades de Conservação**



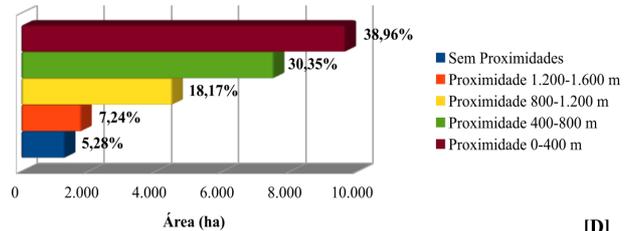
[B]

**Proximidade Para Assentamentos Humanos**



[C]

**Proximidade Para Corpos d'Água**



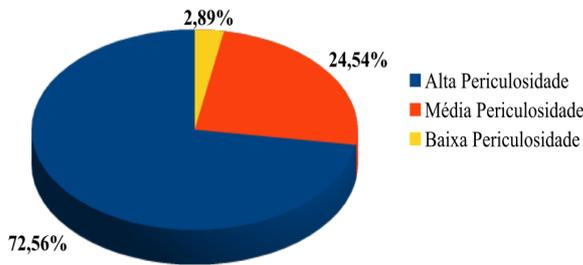
[D]

Fonte: Autor (2016).

Isso posto, os fatores descritos e analisados anteriormente são sintetizados nos fatores pertinentes à periculosidade e à vulnerabilidade, as quais comprovam que as áreas mapeadas como sendo de alto risco a acidentes envolvendo TRPP são constituídas predominantemente de áreas de alta periculosidade e de alta vulnerabilidade.

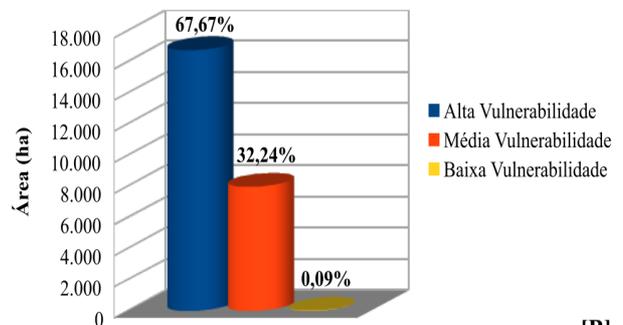
**Figura 57 - Participação percentual das classes de periculosidade potencial [A] e áreas vulneráveis[B] nas áreas de alto risco.**

**Áreas de Periculosidade Potencial**



[A]

**Áreas Vulneráveis**



[B]

Fonte: Autor (2016).

Dessa forma, a Figura 57A acima revela a participação expressiva da alta periculosidade na classe de alto risco, expressando-se espacialmente por 17.971,86 hectares, o que representa 72,56% da classe de risco em questão. De igual forma, a alta vulnerabilidade destaca-se espacialmente, com uma abrangência de 67,67% (16.760,13ha) nas áreas de alto risco analisada (Figura 57B).

## 6 CONCLUSÕES

A elaboração do mapa sinótico das áreas de risco a partir da conjugação dos planos de informações digitais contemplou o objetivo principal deste estudo que corresponde à elaboração de um modelo conceitual de avaliação e análise espaciais dos níveis de risco ambiental aos acidentes relacionados ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos. Nessa perspectiva, as técnicas e os procedimentos realizados na esfera do geoprocessamento auxiliaram na proposição metodológica alicerçados no método de diferenciação de áreas.

Ao se considerar as fundamentações teóricas desse método como princípio das análises, que busca entender o todo de um determinado espaço a partir da integração de suas partes, com o fim de se constituir uma percepção holística, porque concilia os aspectos naturais e antrópicos, para permitir a comprovação da hipótese deste estudo. Esses aspectos foram concebidos como imprescindíveis no arranjo dos parâmetros de periculosidade, suscetibilidade e vulnerabilidade ambientais, assim como foi demonstrado que a elaboração desses aspectos evidenciou os graus de risco ambiental da área de abrangência da rodovia BR-101.

Assim, observou-se que, dentre os elementos componentes do fator de periculosidade, desempenham papel preponderante na composição das áreas de risco a sinuosidade da rodovia associada a intensidade pluviométrica; sendo estes os que se mostram as mais relevantes ameaças de proporcionar acidentes com potencial contaminação do meio.

Indiferente disso, a pedologia altamente porosa aliada a conformação topográfica da área analisada se mostraram como os fatores que mais se apresentam propensas a sofrerem impactos negativos em situações de sinistros quando submetidas aos sinistros com produtos perigosos, sendo, portanto, os ambientes mais frágeis a esse tipo de eventos.

Quando submetidas ao perigo, esses ambientes frágeis combinados à presença de assentamentos humanos e corpos hídricos mostram-se altamente vulneráveis ao dano potencial que os acidentes dessa natureza podem proporcionar às pessoas e ao meio ambiente.

Nesse contexto, enfatiza-se a carência e, muitas vezes, a indisponibilidade de dados geográficos para a produção dos cartogramas sinóticos envolvidos na determinação das áreas de risco. Ocorreu que, alguns desses dados tiveram de ser supridos por intermédio da elaboração sintética e generalizada da realidade, através de combinações entre planos de informações secundários na geração de outros, terciários, como é o caso daqueles referentes à neblina, à intensidade pluviométrica e à produção de fumaça.

Realidades como essas ressaltaram a importância de se buscar alternativas criativas e

tangíveis de se obter dados para o desenvolvimento de pesquisas em regiões do território nacional onde esse tipo de material é exíguo ou inexistente.

Desta forma, os resultados descritos nesta pesquisa apresentaram o entendimento de que toda área estudada possui algum nível de risco ambiental decorrente de acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos.

Em relação às características fisiográficas, elas congregam componentes indispensáveis à formação dos indicadores de suscetibilidade, para ampliar a capacidade da análise espacial sobre as áreas vulneráveis. Com isto, o geoprocessamento assumiu posição de destaque no presente estudo, pois a integração espacial das variáveis temáticas selecionadas para identificação das áreas de risco ambiental somente foi possível devido à capacidade operacional dessa tecnologia.

No que tange a contextualização do tema proposto nesta pesquisa na categoria de análise de diferenciação de áreas, aliada ao emprego de técnicas de geoprocessamento, foi possível comprovar que os métodos avaliativo e analítico que envolveram o entendimento do fenômeno de forma integrada corresponderam à realidade empiricamente constatadas.

Diante disso, as incursões em campo mostraram-se fundamentalmente importantes pois, permitiram aferir e avaliar a qualidade dos resultados obtidos com a integração dos planos de informação adotados na pesquisa e que, a ausência de dados geolocalizados das ocorrências dos sinistros permitiriam uma melhor acurácia do produto final sinótico.

Por fim, salienta-se que, sob o ponto de vista prático, os resultados presentes neste estudo podem servir de subsídio aos gestores e técnicos da administração pública com dados e informações essenciais para desenvolvimento de projetos e/ou programas preventivos adequados à minimização dos problemas advindos dos sinistros com veículos de transporte de produtos químicos perigosos, além de auxiliarem a Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida, na elaboração de medidas para redução de prejuízos à saúde ambiental em áreas consideradas de alto risco.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, R. de A. **Relatório da análise climática do estado de Alagoas**. Maceió: Governo de Alagoas, Núcleo de Meteorologia e Recursos Hídricos, 1999. 31 f. Mimeografado.
- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS, 2., 2006, Rio de Janeiro. **Comunicação ao evento...** Rio de Janeiro: FIBGE, 24 ago. 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/C9L7Bh>>. Acesso em: 2 jan. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução n. 420, de 12 de fev. 2004. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 fev. 2004.
- ALHEIROS, M. M. Avaliação econômica de perdas ambientais na análise de riscos geológicos. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 1., 1996, Campinas. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 1996. p. 1-3. Disponível em: <<https://goo.gl/vGaTa5>>. Acesso em: 4 jul. 2016.
- ALONSO, M. A. et al. (Ed.). **Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología**. 5. ed. Madrid: Mopu, Ceotma, 2004. 804 p. Disponível em: <<https://goo.gl/aUN0TY>>. Acesso em: 13 jan. 2016.
- ANDRADE, N. M. R.; SEYDELL, M. R. R. Transporte de cargas perigosas na malha rodoviária da região metropolitana de Campinas. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC - CAMPINAS, 14., 2009, Campinas. **Anais...** . Campinas: PUC Campinas, 2009. p. 1 - 5. Disponível em: <<https://goo.gl/eY2mW6>>. Acesso em: 06 mai. 2016.
- ANGELIM, L. A. de A. et al. (Org.). **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte: escala 1,500.000 Recife: CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2007.** 119. (Programa Geologia do Brasil – PGB). Disponível em: <<http://goo.gl/bKrQG1>>. Acesso em: 17 mai. 2015.
- ARCASSA, W. de S. **Contribuições epistemológicas de Richard Hartshorne à geografia moderna: contribuciones a las ciencias soociales**, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/AQKukC>>. Acesso em: 29 mai. 2015.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Canadá: WDL, 1989. 294 p. (Publications, 1989).
- ARRUDA, K. E. C.; BARRETO, A. M. F. Aplicação de geotecnologias no mapeamento geomorfológico da folha Ouricuri, Pernambuco - Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 4., 2012, Recife. **Anais...** . Recife: UFPE, 2012. p. 1-7. Disponível em: <<http://goo.gl/BmyKi4>>. Acesso em: 1 set. 2016.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 1998. 434p.

ASSIS, J. S. de. **Primícias da ciência geofitoambiental**. Maceió: Queima-bucha, 2015. 336 p.

AYRES, J. R. C. M. **Sobre o risco: para compreender a epidemiologia**. São Paulo: Hucitec, 1997. 328 p.

BARROS, A. H. C. et al. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Recife: Embrapa, 2012. 33 p. Disponível em: <<http://goo.gl/iI3QTj>>. Acesso em: 21 nov. 2015.

BELTRAMI, A. C. **Acidentes com produtos perigosos: análise de dados dos sistemas de informações como subsídio às ações de vigilância em saúde ambiental**. 2009. 46 f. Dissertação (Mestrado em Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana) - Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/V7s0nY>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

BENSON, P. **CALINE4: a dispersion model for predicting air pollutant concentrations near roadways**. California: Department of Transportation, CA, 1989. (Report no. FHWA/CA/TL-84/14).

BRASIL. Decreto n. 5.098, de 3 de junho de 2004. Dispõe sobre a criação do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos - P2R2, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 4 jun. 2004. p. 2.

\_\_\_\_\_. Decreto-lei n. 2.063, de 6 de outubro de 1983. Dispõe sobre multas a serem aplicadas por infrações à regulamentação para a execução do serviço de transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 out. 1983.

\_\_\_\_\_. Lei n. 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 set. 1990. p. 180.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos – P2R2**. Brasília, DF, [2003]. Disponível em: <<https://goo.gl/LFZWxS>>. Acesso em: 28 ago. 2015

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes Portos e Aviação Civil. (Comp.). **Transportes no Brasil: síntese histórica**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/rmEJVj>>. Acesso em: 3 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. Andréia Márcia Cassiano. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório do grupo de trabalho para mapeamento das áreas de risco: proposta de termo de referência para identificação, caracterização e mapeamento de áreas de risco ambiental**. Brasília, DF, 2008. 24 p. Disponível em: <<https://goo.gl/kx5IRz>>. Acesso em: 7 jun. 2016.

BRITO, A. C. F. de; PONTES, D. de L. **A evolução da indústria química**. Natal: UFRN, 2013. 16 p. (Indústria Química e Sociedade). Aula 1. Disponível em: <<https://goo.gl/HP2yMI>>. Acesso em: 6 jul. 2016.

BROOKFIELD, H. Environmental damage: distinguishing human from geophysical causes. **Environmental hazards: human and policy dimensions**, v.1, n.1, p. 3-11, jun. 1999.

BULL, G. Ecosystem Modelling with GIS: **Environmental Management**, London, v. 18, 3, p. 345, 1994.

BURTON, I.; KATES, R. W.; WHITE, G. F. **The environment as hazard**. New York: Oxford University, 1978. 240p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: Inpe, 2001. 346 p. Disponível em: <<http://goo.gl/oymLaC>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos E Suas Aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 234p.

CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. (Ed.). **Mapping vulnerability: disasters, development, and people**. London: Earthscan Publications, 2004. p. 37-51.

CARREIRA, P.; JESUS, S. A. Ideias de Europa na antiguidade clássica: a geographia de Estrabão na Roma de Augusto. **Debater a Europa**, Lisboa, v. 4, n. 4, p. 6-17, jun. 2011.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Hidrologia**. Seropédica: Particular, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/ASCYKU>>. Acesso em: 21 set. 2015.

CASTRO, S. D. A. de. Riesgos y peligros: Una visión desde la geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, v. 4, n. 60, 15 mar. 2000. Disponível em: <<https://goo.gl/fmYkXP>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

CAVALCANTI, A. P. B.; VIADANA, A. G. Fundamentos históricos da geografia. Contribuições do pensamento filosófico na Grécia antiga. In: GODOY, P. R. T. **História do pensamento geográfico e epistemologia em geografia**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. 11-34 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Emergências químicas**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/eS8AvU>>. Acesso em: 3 fev. 2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS. (Ed.). **Casal vai adotar medidas preventivas para evitar racionamento de água em Maceió: Notícias**. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/npLnqk>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001. 103 p. Disponível em: <<http://goo.gl/BD1mkf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo.** São José dos Campos: Inpe, 2004. 30 p. Disponível em: <<http://goo.gl/8Dmflt>>. Acesso em: 05 jan. 2016.
- COELHO, L. R. **BR 101: o caminho de ligação do Brasil.** 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/VZLS5O>>. Acesso em: 5 jun. 2016.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasil). **Anuário CNT do Transporte.** 2016. Disponível em: <<http://goo.gl/bGKLAU>>. Acesso em: 7 jul. 2016.
- COIMBRA, C. **Visão histórica e análise conceitual dos transportes no Brasil.** Rio de Janeiro: Cedop, 1974. 364 p. Disponível em: <<https://goo.gl/zhQil3>>. Acesso em: 3 mai. 2016.
- COSTA, M. A. da. **O transporte de produtos perigosos no Brasil.** 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/uaQYIL>>. Acesso em: 9 jul. 2016.
- CORRÊA, R. L. **Região e organização espacial.** São Paulo: Ática, 2000. 51 p.
- COSTA, F. R. da; ROCHA, Márcio Mendes. Geografia: conceitos e paradigmas: apontamentos preliminares. **Geomae**, Campo Mourão, v. 2, n. 1, p. 25-56, jul. 2010.
- CHAGAS, C. da S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros.** 2006. 238 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/dsjNuV>>. Acesso em: 29 ago. 2016.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia: introdução.** São Paulo: Hucitec, 1979. 106 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Perspectivas da geografia.** Rio de Janeiro: Difusão Editorial, 1982. 318 p.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, London, v. 20, n. 4, p. 529-539, Dec., 1996.
- DAGNINO, R. de S.; CARPI JÚNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem.** Rio Claro, v.2, n.2, p. 50-87, jul./dez. 2007.
- D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 995-1002, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n6a/12776.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2016.
- DAS, B. M.. **Fundamentos de engenharia geotécnica.** São Paulo: Thomson, 2007. 561 p.

DAVIS, C. Criação de Buffers. **MundoGEO**, 2000. Disponível em: <<http://goo.gl/acB65i>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **Análise e tratamento estatístico dos resultados de contagens de tráfego**: determinação das velocidades médias de operação para o ano de 2006. Brasília, DF, 2008. 72 p. (Listagem das velocidades médias de operação). Disponível em: <<http://goo.gl/3w8qs1>>. Acesso em: 6 jan. 2016.

\_\_\_\_\_. **IPR-711**: manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2005a. 68 p.

\_\_\_\_\_. **IPR-716**: manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos. Série II. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2005b. 142 p.

\_\_\_\_\_. **Sistema Nacional de Viação**. 2015b. Disponível em: <<http://goo.gl/fI4cv1>>. Acesso em: 12 mai. 2016.

EAGLEMEN, J. R. **Air pollution meteorology**. Lenexa: Trimedia Publishing Company, 1991. 255 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento em Recife. Mapa pluviométrico do estado de Alagoas. In: \_\_\_\_\_. **Zoneamento agroecológico de Alagoas**. Recife: Convênio SEAGRI-AL, EMBRAPA, Solos, nº 10200.09/0134-5. 2012.

\_\_\_\_\_. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10 Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação**: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 97p.

FREITAS, C. M. de; AMORIM, A. E. Vigilância ambiental em saúde de acidentes químicos ampliados no transporte rodoviário de cargas perigosas. **Inf. Epidemiol. SUS**, Brasília, DF, v. 10, n. 1, p.31-42, mar. 2001. Disponível em: <<http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/iesus/v10n1/v10n1a04.pdf>>. Disponível em: Acesso em: 7 jul. 2016.

FRIESECKE, F. Precautionary and sustainable flood protection in germany: strategies and instruments of spatial planning. Proceedings of 3rd FIG Regional Conference, Jakarta, 2004. **Proceedings...** Jakarta, 2004.

GEORGE, P. **Os métodos da geografia**. 2. ed. São Paulo: Difel, 1986. 119 p.

GILBERT, B. **On wilhelm windelband's history and natural science**. Philpapers, 2013. Disponível em: <<http://philpapers.org/archive/giloww-2>>. Acesso em: 11 mai. 2015.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p.81-100, 21 jun. 2012. Disponível em: <[http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Goerl\\_Risco\\_de\\_inundacao.pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Goerl_Risco_de_inundacao.pdf)>. Acesso em: 11 out. 2016.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. Geografia e complexidade pelas diferenciações areais de Hartshorne. **Geosul**, Florianópolis, v. 29, n. 57, p.89-130.

GONDIM, G. M. de M. Do conceito de risco ao da precaução: entre determinismos e incertezas. In: FONSECA, A. F.; CORBO, A. D. **O território e o processo saúde-doença**. Rio de Janeiro: EPSJV, Fiocruz, 2007. p. 87-119. Disponível em: <<http://goo.gl/NDZdJv>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA JÚNIOR, E. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, p.95-109, 2004. Semestral. Disponível em: <<https://goo.gl/RsNBQB>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bull. Geol. Soc. Am.**, v. 56, n. 3, p.275-370, 1945. Disponível em: <[http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton\\_1945.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0451705/horton_1945.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2016.

HOSSINI, V. **The rule of vulnerability in risk management**. Bonn: UNU, 2008. 51 p. Disponível em: <<http://goo.gl/QKpCpk>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

HUBERT, L.; MENDONÇA, F. de A. Aplicação de uma imagem landsat MSS ao estudo de clima local - Pantanal Matogrossense/MS. **Semina: Tech. Ex.**, Londrina, v. 11, n. 4, p.166-169, 15 dez. 1991. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375.1990v11n4p166>. Acesso em: 5 fev. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Geociências. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2015. 425 p. Disponível em: <<http://goo.gl/1CKZiJ>>. Acesso em: 3 set. 2016.

INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN (Rio de Janeiro). **Panorama ILOS: Custos logísticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Ilos, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO; ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**: relatório executivo. Brasília, DF: Ipea, 2006. 80 p. Disponível em: <<http://goo.gl/K5NhWu>>. Acesso em: 7 jul. 2016.

JACOBI, P. **Moradores e meio ambiente na cidade de São Paulo**. 43. ed. São Paulo: Cedec, 1995. 32 p. Disponível em: <<https://goo.gl/bgUQie>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

JOHNSON, S.. **O mapa fantasma:** como a luta de dois homens contra o cólera mudou o destino de nossas metrópoles. Tradução de: Sérgio Lopes. Rio de Janeiro: Zahar, 2011. 191 p. Disponível em: <<https://goo.gl/IUBDIX>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

JULIÃO, R. P. et al. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informações geográfica (SIG) de base municipal.** Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2009. 93 p. Disponível em: <<https://goo.gl/MDFxMJ>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

LACOSTE, Y. **A geografia:** isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra. São Paulo: Papirus, 1988. 264 p.

LEAL, F. M. Geografia: ciência corográfica e ciência corológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE HISTÓRIA DO PENSAMENTO GEOGRÁFICO, 2, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2009. p. 1-18.

\_\_\_\_\_. **Coordenadas geográficas:** ser-no-mundo. 2010. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LENCIONI, S. **Região e geografia.** São Paulo: Edusp, 2009. 214 p.

LIMA E SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Russel, 1999. p. 217-261.

LOPES, C. S. D.; BARROS, M. V. F. Análise de risco social e tecnológico em gráfica de pequeno porte em Londrina/PR/Brasil. In: LOURENÇO, L. **Multidimensão e territórios de risco.** Guimarães: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014. p. 469-473. Disponível em: <<https://goo.gl/3aBVcB>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

LOPES, S. S.; CARDOSO, M. P.; PICCININI, M. S. O transporte rodoviário de carga e o papel do BNDES. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 29, p.35-62, jun. 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/oNaIKJ>>. Acesso em: 7 jul. 2016.

MAIR, V. H. **Danger plus opportunity is different of crisis:** how a misunderstanding about chinese characters has led many astray. 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/x5FDv>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

MARANDOLA JUNIOR, E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos da População**, São Paulo, v. 22, n. 1, p.29-53, jun. 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/jDfvC1>>. Acesso em: 4 mar. 2016.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros.** 21. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2002. 174 p. Disponível em: <<http://goo.gl/87kYdq>>. Acesso em: 1 set. 2016.

MARIANO, G. L. **Simulação numérica da dispersão dos poluentes H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub> provenientes do lixão de Maceió-AL nas épocas seca e chuvosa**: estudo de casos. 2006. 170 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/L56BCJ>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

MENDONÇA, F. A. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 139-148., Ed. UFPR, 2004.

MOORE, I. D. et al. Soil attributes prediction using terrain analysis. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, [Madison] v. 57, n. 6, p. 443-452, 1993.

MORAES, A. C. R. **Geografia**: pequena história crítica. 21. ed. São Paulo: Edusp, 2007. 152 p.

MOREIRA, R. **O pensamento geográfico brasileiro**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2010. 190 p.

NARDOCCI, A. C. **Risco como instrumento de gestão ambiental**. 1999. 135 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Departamento de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://goo.gl/UfxNrr>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

OLIVEIRA, E. L. de A.; ROBAINA, L. E. de S. Gerenciamento de áreas de risco em cidades brasileiras: projetos e programas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.366-384, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/Zr0nDM>>. Acesso em: 7 jun. 2015.

PÉCURTO, P. C. F. **Criação de um modelo para a implementação de um sistema de informação geográfica, à escala nacional, para a gestão da cartografia municipal de risco**. 2010. 53 f. Dissertação (Mestrado Ciências Sociais e Humanas,) - Departamento de Geografia e Planeamento Regional, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/l5t5DL>>. Acesso em: 6 set. 2015.

REBELO, F. **Riscos naturais e acção antrópica**: estudos e reflexões. 2. ed. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003. 289 p. Disponível em: <<https://goo.gl/PJeNVA>>. Acesso em: 1 abr. 2016.

RICCOMINI, C. et al. Rios e processos aluviais. In: DECIFRANDO a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.568 p.

THE ROYAL SOCIETY OF LONDON (Ed.). **Risk assessment**: report of a royal society study group. London, 1983. Disponível em: <<http://goo.gl/T2c1HV>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar. 3. ed. rev. e atual. Juiz de Fora, Editora do Autor, 2007. 114p.

ROSA, R. **Sistema de informação geográfica**. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 49 p. Disponível em: <<https://goo.gl/Sr53rv>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento**: sistemas de informação geográfica. Uberlândia: Edição dos Autores, 1996. 104 p.

TALLEDOS SÁNCHEZ, E. La geografía: un saber político. **Revista Espiral**, Guadalajara, v. 21, n. 61, p. 15-49, set/dez. 2014.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1997, 308 p.

SANTOS, J. de O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p.75-90, 20 jul. 2015. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2015.1402.0005>. Disponível em: <<https://goo.gl/4s5XmH>>. Acesso em: 29 dez. 2015.

SANTOS, R. A.; MORI, K. A. M. K. **Planos nacionais de viação**: A integração nacional através do caminho. São Paulo: FAU/USP, 2008. 24 p. Disponível em: <<http://goo.gl/d4e0AL>>. Acesso em: 12 mai. 2016.

SAUER, C. O. The morphology of landscape. **Univ. Calif. Publ. Geogr.**, California, v. 2, n. 2, p. 19-54, 1925.

SECONDINI, P. (Org.). **La conoscenza del territorio e dell'ambiente**: il ruolo delle tecnologie dell' informazione. Milano: Enidata, 1988. 269 p. (Coleção Dati & Fatti)

SERMAN, C. **Análise dos aspectos críticos em processos de concessão de rodovias**. 2008. 287 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/ivTOCV>>. Acesso em: 7 mai. 2016.

SILVA, B. dos S. Introdução aos estudos sobre a Geografia, de Estrabão. **Mare Nostrum**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.71-83, 2010.

SOARES, I. D.; BRAGA, A. da S. Caracterização do mapa de Kernel para avaliar a distribuição do mogno (*Swietenia macrophylla* King.) na floresta estadual do Antimary. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 57., 2012, Piracicaba. **Anais...** . Piracicaba: Rbras, 2012. p. 1-5. Disponível em: <<http://goo.gl/S0aQdm>>. Acesso em: 23 jul. 2016.

SOUZA, D. D. de. Richard Hartshorne: do estudo da diferenciação de áreas à integração de fenômenos heterogêneos. **Territorial - Caderno Eletrônico de Textos**, v. 4, n. 6, 2014. [ISSN 22380-5525].

SOUZA, G. M. de et al. Métodos para geração de modelos digitais de elevação para o maciço da Pedra Branca, RJ: um estudo comparativo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2., 2008, Recife. **Anais...** . Recife: Simgeo, 2008. p. 1 - 8. Disponível em: <<https://goo.gl/69hTz9>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

SOUSA JÚNIOR, M. de A.. **Sensoriamento remoto aplicado no estudo de estruturas geológicas com ocorrência de depósitos minerais, na porção centro-norte do estado da Paraíba**. 1999. 122 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999. Disponível em: <<http://goo.gl/qEPLZg>>. Acesso em: 17 mai. 2016.

STRAUCH, C. E. **Acidentes com produtos químicos perigosos no transporte rodoviário no estado do Rio de Janeiro**: propostas de melhoria nas ações que visam respostas emergenciais. 2004. 238 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/hLBgoJ>>. Acesso em: 5 nov. 2015.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (Brasil). **Dados pluviométricos mensais do Nordeste**: Estado Alagoas. Recife, 1990. 2 v. (Brasil. SUDENE. Pluviometria, 7)

TASEIKO, O. et al. Air pollution dispersion within urban street canyons. **Atmos. Environ.**, Oxford, v. 43, 2009, p. 245-252.

TATHAM, G. As geografias no século XIX. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 157, p. 551-578, jul/ago. 1960.

TAVARES, F. V. F. **Estudo do processo de dispersão de emissões veiculares em uma microrregião de Belo Horizonte utilizando simulação numérica**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações Minerais e Materiais) - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/yKbnH9>>. Acesso em 23 jul. 2016.

TEIXEIRA, L. de A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro: Edição do autor, 1992. 79p.

TELESAÚDE (São Paulo). **O que é considerado área de risco em uma comunidade?** 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/3jId6K>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

THYWISSEN, K. **Components of risks**: a comparative glossary. Bonn: United Nations, 2006. 52 p. Disponível em: <<https://goo.gl/Bbm0FG>>. Acesso em: 6 fev. 2016.

TRUJILLO FERRARI, A. **Metodologia da ciência**. 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974. 242 p.

UNITED NATIONS. **Living with risk**: a global review of disaster reduction initiatives. New York: United Nations, 2004. 457 p. Disponível em: <<https://goo.gl/A8xF6O>>. Acesso em: 6 fev. 2016.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Transportation. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. **Emergency Response Guidebook**. 2016. 400 p. Disponível em <<http://goo.gl/R2A1VJ>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. Department of Energy. **Environmental report for the american centrifuge plant**. 4. ed. Pinketon, 2005. 409 p. Disponível em: <<https://goo.gl/IhgMH9>>. Acesso em: 31 jan. 2016. Acesso em: 7 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. Central Intelligence Agency. **The World Factbook: Roadways**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/3utoBb>>. Acesso em: 7 jul. 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. **Gerenciamento integrado para transferência e destino final dos resíduos sólidos urbanos de Maceió**: Maceió e Região Metropolitana. Maceió, 2004. 256 p. Disponível em: <<http://goo.gl/gTN1M1>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. de. O risco, os riscos. In: VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23-79.

VESENTINI, J. W. **Resenha crítica do livro a Geografia: isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra: resenha crítica: geocrítica**, 2009. Disponível em: <http://www.geocritica.com.br>. Acesso em: 3 jun. 2015.

VIANA, D. de B. **Avaliação de riscos ambientais em áreas contaminadas: uma proposta metodológica**. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Pós-Graduação em Engenharia em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/MR04u4>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento e análise ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**: Revista do IBGE, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 47-61, 1992.

\_\_\_\_\_. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001. 228p.

\_\_\_\_\_; CARVALHO FILHO, L. M. Sistemas de informação geográfica: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1993.