

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO
ESPAÇO - PPGeo

CRISTIANE MOUZINHO COSTA

**RISCO DE INUNDAÇÕES NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ANIL, SÃO LUÍS – MARANHÃO**

São Luís - MA
2018

CRISTIANE MOUZINHO COSTA

**RISCO DE INUNDAÇÕES NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO ANIL, SÃO LUÍS - MARANHÃO**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão – Campus Paulo VI, como parte das exigências, para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Dinâmica da Natureza e Conservação

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Quésia Duarte da Silva

Costa, Cristiane Mouzinho.

Risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil,
São Luís - Maranhão / Cristiane Mouzinho Costa. – São Luís, 2018.
156 f.

Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Geografia, Natureza e
Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva.

1. Inundação. 2. Risco. 3. Alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil.
I. Título.

CDU 556.166(812.1)

CRISTIANE MOUZINHO COSTA

**RISCO DE INUNDAÇÕES NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO ANIL, SÃO LUÍS - MARANHÃO**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão – Campus Paulo VI, como parte das exigências, para obtenção do título de Mestre em Geografia.

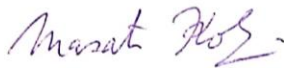
Resultado: Aprovada com distinção

São Luís, 31 de Outubro de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Quésia Duarte da Silva
Orientadora (PPGEO/UEMA)



Prof. Dr. Masato Kobiyama
(IPH / UFRGS)



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
(PPGEO/UEMA)

Dedico este trabalho aos meus pais Dilzenir e Murilo, aos meus amigos, e aos moradores do alto curso do rio Anil, por todo apoio e incentivo para que esta pesquisa fosse possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, sabedoria, proteção, saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais Dilzenir e Murilo, pelo carinho, paciência, incentivo e amor incondicional.

Aos meus sobrinhos Gabriel e Tiago, pelo carinho e energia contagiante.

A minha irmã Luciana, pelo incentivo e força.

Ao meu cunhado Luciano, pelo encorajamento, e auxílio na criação das fórmulas no Excel.

Ao meu namorado Márcio Avelar, pela paciência, carinho, amor, atenção e exímia colaboração na construção dos gráficos.

A minha querida orientadora professora Quésia, pelas suas correções, incentivo, carinho, sabedoria e amizade.

Ao professor José Fernando, por sempre contribuir positivamente na pesquisa, incentivar e auxiliar.

Ao professor Cláudio Eduardo pela atenção e disponibilidade.

Ao professor Luizinho, pelo incentivo, força e contribuições valiosas.

Aos professores Regina Célia, José Sampaio e Wasti Aires, pela grande contribuição de suas disciplinas para o crescimento desta pesquisa.

A professora Karina Susana, que cedeu gentilmente seus equipamentos para uso, além de incentivar o andamento da pesquisa.

A professora Íris Ribeiro, pelas pequenas e preciosas dicas.

Ao professor Silas, pelo auxílio, paciência e disponibilidade em ajudar.

Ao professor Masato Kobiyama, que gentilmente aceitou participar da banca, e pelas grandes contribuições no exame de qualificação que fizeram toda diferença nesta pesquisa e contribuíram para o crescimento deste trabalho.

Ao meu incansável amigo Ricardo Santana e seu automóvel (frigideira), pela disponibilidade em participar dos trabalhos de campo, amizade, incentivo, sagacidade, carinho e deliciosa convivência, aos quais seria impossível realizar esta pesquisa.

A minha querida amiga Estevânia, por sua predisposição em todos os trabalhos de campo, disponibilizando seus dados e sempre disposta a ajudar, sendo indispensável sua inteligência, amizade e força nesta pesquisa.

A minha amiga Paula pelo companheirismo, incentivo, amizade e carinho desde o início desta jornada.

A minha querida amiga Danyella, pela disponibilidade em repassar seus arquivos do alto Anil, amizade, carinho, força, sabedoria e incentivo ao longo de toda esta trajetória.

Ao meu grande amigo Alder, carinhosamente chamado de Pretinho, pela amizade, dedicação, e aos empréstimos de livros por longos prazos.

A minha grande amiga Marly, pela companhia, amizade, carinho, preocupação, incentivo, e disponibilidade ao longo do caminho.

Ao meu amigo Ivan Lima, pela amizade, apoio e disposição em ajudar.

Ao meu companheiro de grupo de pesquisa e amigo Edelson, pelo auxílio, disposição a participar dos inúmeros trabalhos de campos e auxiliar nos mapas.

Ao meu amigo Crystian Leão, pelo auxílio, carinho e dedicação.

Ao aluno do curso de matemática Márcio, por se dispor mesmo que à distância, a verificar os gráficos e contribuir positivamente.

Aos meus amigos e companheiros dos incontáveis trabalhos de campo, Jacilene, Thayane, Janderson, e Klinsman sempre cheios de energia e dispostos a participar;

Aos companheiros do Grupo de Pesquisa GEOMAP, Anny, Léo, Carlos André, Vinicius e Hyllon pela convivência e aprendizado.

Aos colegas de turma, Gilberlene, Jonas, Bruno, Gustavo, Thaís, Suellen, David e Karlla, que contribuíram para o meu crescimento ao longo do mestrado.

Aos moradores dos bairros inseridos no alto curso do rio Anil, por todas as fotos, informações, tempo disponibilizado, e por acreditarem no potencial desta pesquisa.

A divisão de obras raras da Biblioteca Pública Benedito Leite, pelo auxílio e acolhimento durante as visitas.

A secretária do PPGeo Nana, e a todas as estagiárias que sempre foram muito solícitas e empenhadas em ajudar os discentes.

A Universidade Estadual do Maranhão por acreditar no potencial de seus discentes.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo incentivo e financiamento concedido.

A Fundação de Amparo a Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Estado do Maranhão – FAPEMA, pelo intermédio da Bolsa, incentivo e por acreditar no potencial dos discentes.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram positivamente nesta pesquisa.

Muito obrigada!

*“Chove chuva, chove sem parar
Pois eu vou fazer uma prece
Pra Deus, nosso Senhor
Pra chuva parar
De molhar o meu divino amor”
(Jorge Ben Jor)*

RESUMO

O risco de inundação tem sido uma temática amplamente estudada e debatida pelos diferentes ramos da ciência pela afetação de pessoas e bens e consequente impacto nas atividades econômicas, nas comunicações e na vivência social das populações atingidas. Mundialmente, os desastres relacionados à inundações são os de maior ocorrência. No município de São Luís, capital do estado do Maranhão, desastres relacionados à inundações, ocorrem há mais de três décadas, e aumentam tanto em frequência, quanto em intensidade. Assim, o presente trabalho estudou o risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, situado no município de São Luís, na porção centro noroeste da Ilha do Maranhão. Objetivou-se analisar o risco de inundações da área a partir do perigo estimado de inundação e da vulnerabilidade da área de estudo. Utilizou-se como procedimentos metodológicos para o alcance dos objetivos: levantamento bibliográfico e cartográfico; pesquisa em jornais; organização do ambiente de trabalho; caracterização dos aspectos geoambientais da área de estudo; realização de trabalhos de campo; realização de entrevistas; e elaboração dos mapas de conflitos de uso da terra, manchas de inundação, perigo, índices de vulnerabilidade, vulnerabilidade, risco; e análise do coeficiente de determinação - R^2 . Através da presente metodologia, obtiveram-se como resultados sete manchas de inundação mapeadas ao longo da pesquisa e o perigo estimado de inundação a partir da cota de inundação de 30m, obtida através do mapeamento das manchas de inundação e trabalhos de campo. Além disso, obteve-se o índice de vulnerabilidade da área de estudo através das variáveis censitárias relacionadas a características socioeconômicas, que agrupadas geraram sete variáveis de vulnerabilidade. Após isto, considerando o risco como função do perigo e da vulnerabilidade, obteve-se o índice de risco de inundação da área de estudo por setores censitários, sendo o risco classificado em: muito alto, alto, médio e baixo. Como forma de analisar em que proporções as variáveis independentes explicam as variáveis dependentes aplicou-se o coeficiente de determinação R^2 entre a variável perigo e risco, vulnerabilidade e risco, e perigo e vulnerabilidade. Desta forma, conclui-se que os setores que apresentaram risco muito alto não obrigatoriamente mostraram valores de vulnerabilidade muito alta, mas todos os setores censitários com risco muito alto apresentaram perigo muito alto, isso se explica, pois o perigo possui maior coeficiente de determinação no risco do que a vulnerabilidade na análise. Conhecendo a realidade do local, estes baixos valores de vulnerabilidade indicam que as variáveis de vulnerabilidade escolhidas na pesquisa não foram suficientes para representar a realidade da vulnerabilidade da área de estudo. Todavia, a área de inundação não alcança todos os setores censitários, desta maneira, áreas com muito alta vulnerabilidade, mas com perigo baixo, não apresentaram risco de inundação, o que significa que o perigo é mais significativo nesta análise do que a vulnerabilidade.

Palavras-chave: Inundação. Risco. Alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil.

RISK OF FLOODS IN THE UPPER ANIL RIVER BASIN, SÃO LUÍS – MARANHÃO

ABSTRACT

Flood risk has been a subject widely studied and debated by the different branches of science through the losses of people and goods and consequent impact on economic activities, communications and the social experience of the populations affected. Flood-related disasters worldwide are the most frequent. In the municipality of São Luís, capital of the state of Maranhão, flood-related disasters occur more than three decades ago, and increase both frequency and intensity. Thus, the present research studied the risk of flooding in the upper reaches of the Anil river basin, located in the municipality of São Luís, located in the northwestern center portion of the Island of Maranhão. The objective of this study was to analyze the flood risk in the area based on the estimated flood hazard and the vulnerability of the study area. It was used as methodological procedures to reach the objectives: bibliographical and cartographic survey; newspaper research; organization of the work environment; characterization of the geoenvironmental aspects of the study area; carrying out fieldwork; conducting interviews; and mapping of land use conflicts, flood spots, hazard, vulnerability indexes, vulnerability, risk; and analysis of the coefficient of determination - R^2 . Through the present methodology, seven flood spots mapped throughout the research were obtained as well as the estimated flood hazard from the 30m flood level, obtained through the mapping of flood spots and field work. In addition, the vulnerability index of the study area was obtained through the census variables related to socioeconomic characteristics, which grouped generated seven vulnerability variables. After this, considering the risk as a function of danger and vulnerability, the risk of flooding in the study area was obtained by census tracts, with the risk classified as: very high, high, medium and low. As a way of analyzing in what proportions the independent variables explain the dependent variables, the coefficient of determination R^2 was applied between the variable hazard and risk, vulnerability and risk, and hazard and vulnerability. In this way, it can be concluded that the sectors that presented very high risk did not necessarily show very high vulnerability values, but all census tracts with very high risk presented a very high risk, this is explained, since the risk has a higher coefficient of determination than vulnerability in the analysis. Knowing the reality of the place, these low values of vulnerability indicate that the vulnerability variables chosen in the research were not enough to represent the reality of the vulnerability of the study area. However, the flood area does not reach all census tracts, so areas with very high vulnerability, but with low danger, did not present flood risk, which means that the danger is more significant in this analysis than vulnerability.

Keywords: Flood. Risk. Upper Anil river basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema conceitual do Risco	23
Figura 2 - Linha do tempo da produção do espaço urbano em São Luís - MA	27
Figura 3 - Porto de São Luís – Centro, em 1864	29
Figura 4 - Classificação de desastres	43
Figura 5 - Enchente e Inundação	48
Figura 6 - Número de eventos de inundações registrados de 1950 a 2010 no mundo	53
Figura 7 - Manchete “Chuvas alagam bairros de São Luís”	58
Figura 8 - Fluxograma metodológico resumido	63
Figura 9 - Legenda de cores da paleta FT para representação das formas de terreno	66
Figura 10 - Combinação das curvaturas para caracterização das formas de terreno	66
Figura 11- Variáveis de vulnerabilidade	72
Figura 12 - Esquema resumido da caracterização geoambiental da área de estudo	79

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Aterro irregular de resíduos sólidos	98
Foto 2 - Canal assoreado pelo acúmulo de sedimentos e resíduos sólidos – 06/2017	102
Foto 3 - Evento de inundação na rua das Jaqueiras, Vila Lobão, 2009.....	103
Foto 4 - Área de ocupação na planície de inundação, rua Projetada- Jd. São Cristóvão	105
Foto 5A - Canal fluvial na Rua Projetada durante a inundação (08/02/18).....	106
Foto 5B - Canal fluvial na Rua Projetada após evento de inundação (08/02/18).....	106
Foto 6 - Moradia atingida por inundação, Rua João Alberto	108
Foto 7 - Habitações construídas no leito do rio, Rua São Carmelo - Pirapora	109
Foto 8 - Destruição da ponte no período chuvoso	110
Foto 9 - Tubulações de esgoto implantadas no canal fluvial	110
Foto 10 - Canal fluvial na Travessa Coração de Jesus, Vila Conceição (27/04/18).....	112
Foto 11 - Leito fluvial na Rua da Macaúba, Vila Conceição (27/04/18)	112
Foto 12 - Vista do interior da casa no evento de inundação, Rua das Brotas	113
Foto 13 - Residência abandonada, após inundações	114
Foto 14 - Marcas de inundação na parede da residência abandonada	115
Foto 15 - Inundação em 29 de maio de 2017, Av. Casemiro Júnior	115

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	22
Mapa 2 - Drenagem do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	85
Mapa 3 - Relevo e formas de terreno do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	87
Mapa 4 - Clinografia do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	90
Mapa 5 - Hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do Anil	91
Mapa 6 - Conflitos de uso e cobertura da terra no alto curso do rio Anil	97
Mapa 7 - Manchas de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do Anil	101
Mapa 8 - Perigo Estimado de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil ..	117
Mapa 9 - População total do setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	119
Mapa 10 - Densidade Demográfica do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	121
Mapa 11 - Média de moradores por setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	122
Mapa 12 - População de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	123
Mapa 13 - Número de alfabetizado por setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	124
Mapa 14 - Percentual de pessoas responsáveis pelos domicílios com rendimento mensal de até um salário mínimo do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	125
Mapa 15 - Domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	127
Mapa 16 - Vulnerabilidade do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	128
Mapa 17 - Risco de inundações do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres hidrológicos	52
Quadro 2 - Impacto das inundações	54
Quadro 3 - Frequência das inundações	55
Quadro 4 - Matriz de vulnerabilidade à inundações	55
Quadro 5 - Caracterização do relevo	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Comparativo de precipitação acumulada (mm) das Normais Climatológicas	81
Gráfico 2 - Precipitação acumulada mensal (2017) x Normal Climatológica (1961-1990).....	82
Gráfico 3 - Precipitação acumulada mensal (2018) x Normal Climatológica (1961-1990)	82
Gráfico 4 - Correlação entre risco e perigo	129
Gráfico 5 - Correlação entre risco e vulnerabilidade	131
Gráfico 6 - Correlação entre perigo e vulnerabilidade	131

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional das Águas
APP - Área de Preservação Permanente
ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico
BBC - British Broadcasting Corporation
BNH - Banco Nacional de Habitação
CAEMA - Companhia de Abastecimento Ambiental do Maranhão
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEDECMA - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Maranhão
CEPDEC - Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil
CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
CEPRAMA - Centro de Produção Artesanal do Maranhão
CEUMA - Centro Universitário do Maranhão
CINTRA - Centro Integrado do Rio Anil
CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COHAB-MA - Companhia de Habitação Popular do Maranhão
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
CVRD - Companhia Vale do Rio Doce
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
DSG - Diretoria de Serviço Geográfico
EM- DAT - *Emergency Disasters Data Base*
ESRI - *Environmental Systems Research Institute*
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAPEMA - Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão
FT - Formas de Terreno
FJP - Fundação João Pinheiro
GEOMAP - Grupo de pesquisa Geomorfologia e Mapeamento
GPS - Global System Position
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

INCID - Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPEM - Instituto Previdenciário dos Servidores do Estado do Maranhão

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISDR - *International Strategy for Disaster Reduction*

IV - Índice de Vulnerabilidade

LABGEO - Laboratório de Geociências

MA - Maranhão

ME - Ministério do Exército

MINTER - Ministério do Interior

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NUGEO - Núcleo Geoambiental - UEMA

OMS - Organização Mundial de Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PAN - Pancromática

PE - Perigo Estimado

PIB - Produto Interno Bruto

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PPGEO - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço

SC - Santa Catarina

SE - Situação de Emergência

SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SEMOSP - Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos de São Luís

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SUPLAN - Superintendência de Planejamento

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

TIN - Triangular Irregular Network

UEMA - Universidade Estadual do Maranhão

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNISDR - *United Nations International Strategy for Disaster Reduction*

UTM - Universal Transversa de Mercator

UOL - Universo Online

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 Objetivos	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Espaço e transformações espaciais no alto curso do rio Anil	24
2.1.1 Paisagem e espaço, sociedade e natureza	24
2.1.2 Estrutura espaciotemporal: a abordagem de Milton Santos	26
2.1.3 Estrutura espaciotemporal do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	27
2.1.3.1 Emergência da cidade e primeiros indícios de crescimento (1612 - 1875)	27
2.1.3.2 Diversificação do capital industrial, crises e intervenções urbanísticas (1876 - 1950)	29
2.1.3.3 Crescimento e revalorização do espaço urbano (1951 - 1970).....	31
2.1.3.4 Cidade real e contraditória (1971 - 2012).....	33
2.1.3.5 Novos investimentos (2012 - 2015).....	36
2.1.3.6 Agravamento de problemas sociais e ambientais (2015 – até os dias atuais)	37
2.2 Urbanização, degradação ambiental e desastres	37
2.2.1 Urbanização e degradação ambiental nos cursos d'água	38
2.2.2 Desastres e riscos: aspectos conceituais	41
2.3 Desastres hidrológicos: inundações	47
2.3.1 Enchentes e Inundações	47
2.3.2 Desastres causados por inundações	53
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	61
3.1 Etapas de gabinete	61
3.1.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico	61
3.1.2 Organização do ambiente de trabalho	62
3.1.3 Caracterização dos aspectos geoambientais da área de estudo	64
3.1.4 Elaboração dos mapas	65
3.1.5 Classificação dos dados nos mapas coropléticos (Quantil)	69

3.1.6 Identificação do Perigo Estimado de Inundações	70
3.1.7 Análise da vulnerabilidade	70
3.1.8 Realização do tratamento estatístico dos dados	73
3.1.9 Análise de risco	76
3.1.10 Aplicação do Coeficiente de Determinação - R ²	76
3.2 Pesquisa de campo	77
3.2.1 Pesquisa em jornais	77
3.2.2 Realização de trabalhos de campo	77
3.2.3 Realização de entrevistas	78
3.2.4 Identificação e delimitação das áreas inundáveis	78
4 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL	79
4.1 Caracterização geológica	79
4.2 Caracterização climática	80
4.3 Caracterização hidrográfica	84
4.4 Caracterização geomorfológica	86
4.5 Caracterização dos solos	93
4.6 Conflitos de uso e cobertura da terra no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	95
5 RISCO DE INUNDAÇÕES NO ALTO CURSO DO RIO ANIL	100
5.1 Situação das áreas inundáveis	100
5.1.1 Mancha de inundação 1 - Rua das Jaqueiras	102
5.1.2 Mancha de inundação 2 - Rua Projetada, Jardim São Cristóvão	104
5.1.3 Mancha de inundação 3 - Rua João Alberto	107
5.1.4 Mancha de inundação 4 - Rua São Carmelo	108
5.1.5 Mancha de inundação 5 - Travessa São Jorge	110
5.1.6 Mancha de inundação 6 - Rua da Macaúba	111
5.1.7 Mancha de inundação 7 - Rua das Brotas	113

5.2 Perigo estimado de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	116
5.3 Vulnerabilidade no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil	118
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	133
REFERÊNCIAS.....	136
APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA	154

1 INTRODUÇÃO

O risco de inundação tem sido uma temática amplamente estudada e debatida pelos diferentes ramos da ciência pela afetação de pessoas e bens e consequente impacto nas atividades econômicas, nas comunicações e na vivência social das populações atingidas (PAIVA, 2005-2006). De acordo com o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* - CRED (2013) as inundações caracterizam-se como os mais impactantes desastres de maior ocorrência no mundo. Diante da complexidade e atualidade desta temática, visto que são notícias corriqueiras nos meios de comunicação, abre-se um vasto campo de investigação, em busca de solução para o problema.

Quer seja adotando medidas preventivas ou mitigadoras, se faz necessário antes de tudo identificar zonas onde são necessárias intervenções e analisar o impacto do crescimento urbano sobre os cursos d'água, para poder discutir a melhor alternativa para solucionar ou minimizar o problema. Desta forma é apropriado realizar uma análise de risco de inundação.

Na Ilha do Maranhão estudos de riscos relacionados à inundações aos quais se tem registro de 2013 até os dias atuais através de publicações, devem-se ao Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento - GEOMAP. Estas pesquisas tiveram como ponto de partida a tese de doutoramento de Silva (2012) intitulada de “Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão” na qual a autora observou que existiam diversas áreas suscetíveis aos eventos de enchentes e inundações além de um contingente populacional representativo nestas áreas. Desta forma Silva (2012) elaborou um projeto de pesquisa intitulado “Situação das áreas de risco a enchentes e inundações, alagamento e enxurradas na Ilha do Maranhão” que subsidiou vários planos de trabalho de bolsistas de iniciação científica, tendo em vista mapear estes eventos e as populações atingidas nas bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão.

Em consequência disto obteve-se monografias relacionadas às áreas de enchentes e inundações em bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão, onde cita-se aqui os trabalhos de Costa (2015), Araújo (2017) e Santana (2017). A partir do projeto de iniciação científica de Teixeira (2015a), observou-se que o alto curso do rio Anil, necessitava de estudos mais aprofundados, quanto ao porque da ocorrência destas em áreas de alto curso, próximo a nascentes, e tendo em vista auxiliar no subsídio de políticas públicas para minimizar os impactos destes fenômenos, pois observou-se que a maioria da população atingida são de menor poder aquisitivo, e invisíveis aos olhos do poder público. Assim, surge a motivação para pesquisar o risco de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil e contribuir na identificação e proteção ao risco.

Quanto a área de estudo em questão, esta situa-se no município de São Luís, na porção centro noroeste da Ilha do Maranhão, que por sua vez localiza-se no Golfão Maranhense sendo este de acordo com Silva (2012), a maior reentrância do litoral do Estado e localiza-se entre o Litoral Ocidental e o Oriental do Maranhão (Mapa 1).

O rio Anil foi o primeiro eixo de ocupação do município de São Luís, sendo o alto curso neste processo ocupado a partir do aumento da população advindo dos grandes empreendimentos que se estabeleceram na Ilha, que ocasionaram a instalação de diversas áreas de ocupação irregular na área, de forma rápida, o que pode ter contribuído para ocorrência dos fenômenos estudados.

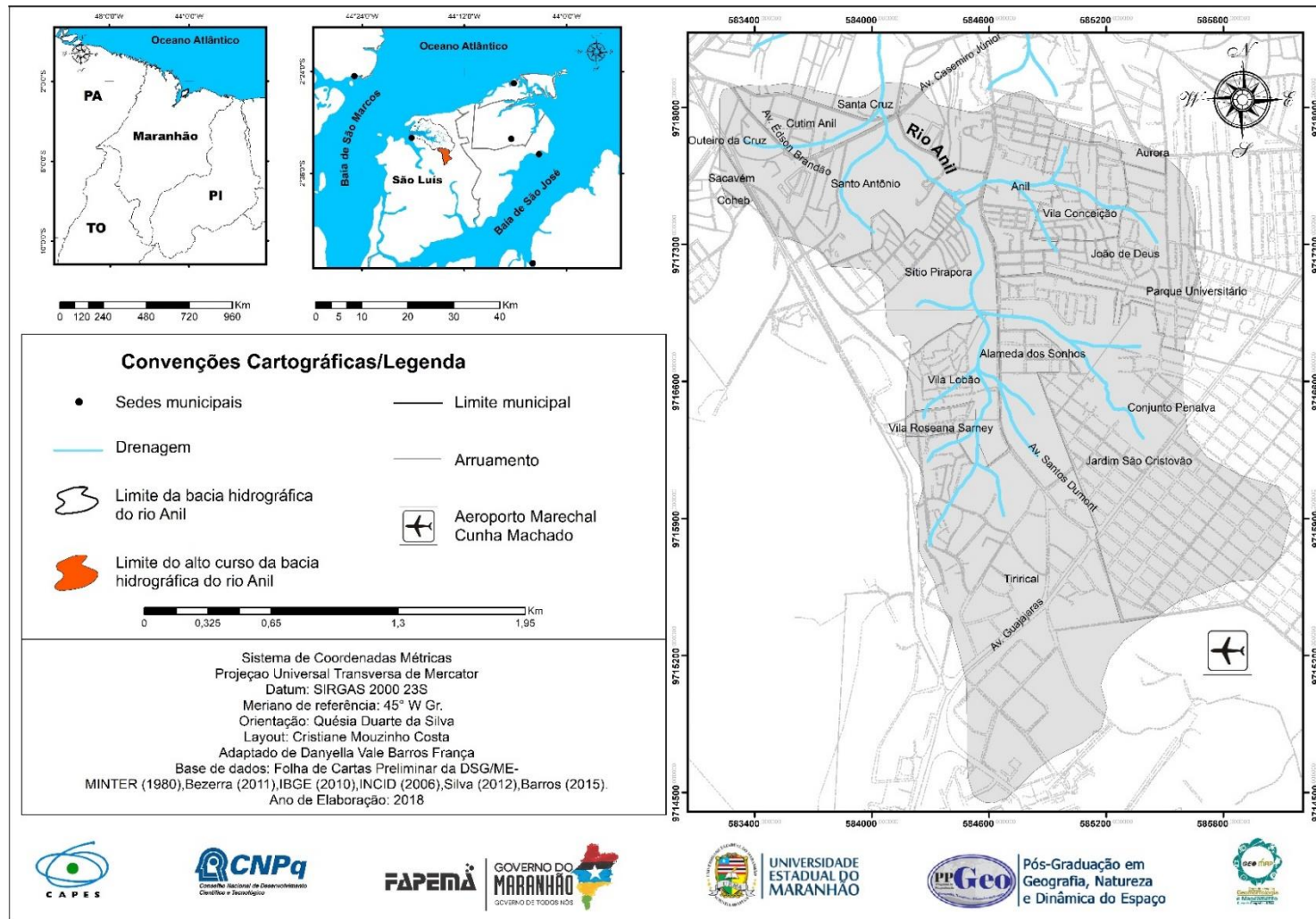
De acordo com Brasil (2012) a partir da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, é de competência dos municípios a identificação e mapeamento das áreas de risco de desastres. No plano diretor do município de São Luís, aprovado em outubro de 2006, as áreas susceptíveis à inundação são abordadas de maneira rasa, entretanto o município de São Luís, capital do estado, há mais de três décadas apresenta desastres relacionados à inundações que aumentam tanto em frequência quanto intensidade.

Desta forma, estudos relacionados às inundações são importantes na contribuição da identificação e mapeamento de áreas de risco, visto que este é um dos instrumentos de análise de risco mais eficientes, pois a partir deste mapa é possível elaborar medidas preventivas, planificar as situações de emergência e estabelecer ações conjuntas entre a comunidade e o poder público, com o intuito de promover a defesa permanente contra os desastres naturais (MARCELINO, 2006).

1.1 Objetivos

A partir do exposto, esta dissertação tem como principal objetivo analisar o risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil. Para isto, tem-se como objetivos específicos identificar o perigo estimado de inundação, gerar índice de vulnerabilidade do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil e determinar o risco de inundações da área de estudo.

Mapa 1- Localização do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



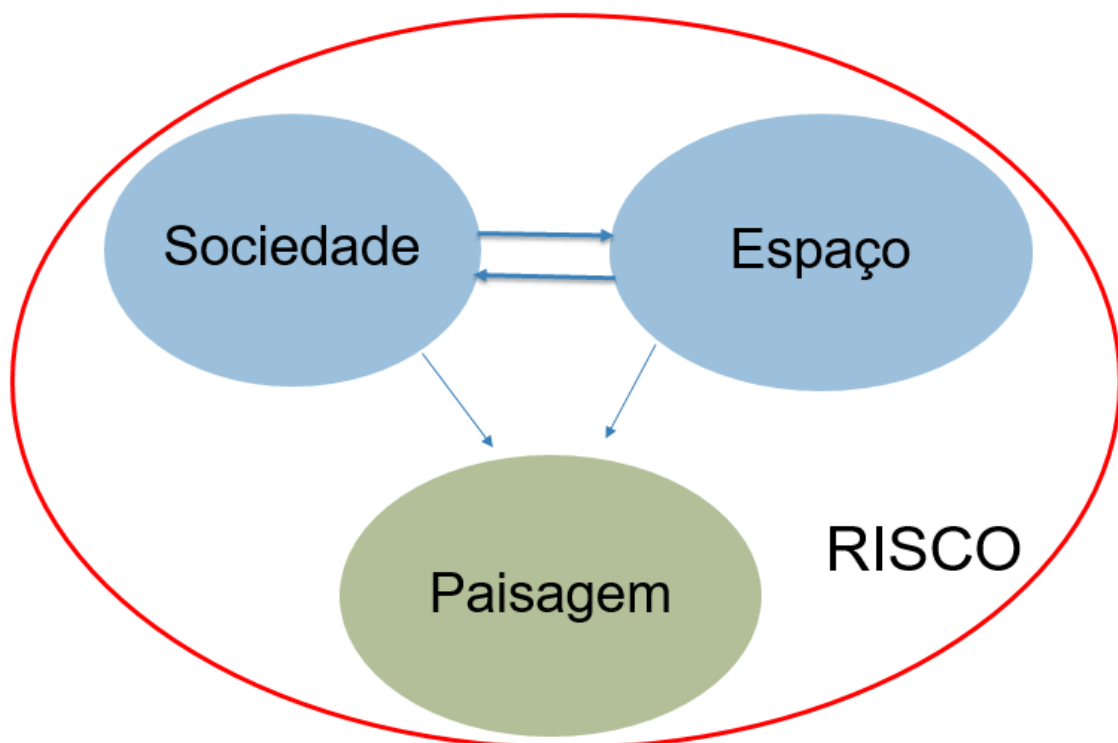
Fonte: Costa, 2018a.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O propósito dos capítulos que seguem é de subsidiar a discussão quanto à ocorrência de transformações espaciotemporais¹ ocasionadas através das modificações na paisagem ao longo do tempo a partir do contexto histórico e social, e como estas modificam a *forma* dos objetos, e, por conseguinte a paisagem transformada em espaço. A partir deste *processo, estruturas* são formadas e assim a natureza é modificada diante de um processo muitas vezes débil de urbanização que, na maioria das vezes, gera diferentes tipos de riscos.

Tendo em vista que a sociedade e o espaço agem mutuamente um sobre o outro tendo como consequência física a paisagem, que reflete o momento atual, mas, carrega também elementos do passado, que se fazem necessários para que se entenda todo o contexto, a partir daí tem-se os principais elementos da tríade que compõem o risco: sociedade, espaço e paisagem (Figura 1), e que norteiam o prisma desta pesquisa.

Figura 1: Esquema conceitual do Risco



Fonte: Costa, 2018c.

¹ Este termo é proposto por Santos (2014a) no livro *Espaço e Método* ao se referir ao conceito de estrutura espaciotemporal em uma análise do espaço geográfico ou espaço concreto.

Apresenta-se ainda as relações entre urbanização e degradação ambiental nos cursos d'água e como este processo aliado a fenômenos naturais pode vir a tornar-se um desastre, assim apresenta-se aspectos conceituais referentes a desastres e riscos, classificação dos tipos de desastres, associa-se os desastres e as inundações, expõe-se os conceitos de enchentes e inundações, além de apresentar desastres hidrológicos relacionado à inundações.

2.1 Espaço e transformações espaciais no alto curso do rio Anil

Considerando que as categorias de análise espaciais são imprescindíveis para a análise geográfica, sobretudo, quando se trata da interação do espaço urbano com o ambiente natural, optou-se por utilizar a categoria espaço geográfico, a partir da perspectiva de Milton Santos que emprega como categorias de análise do espaço: a *forma, função, estrutura e processo*. Neste viés, este item contempla a relação paisagem, espaço, sociedade e natureza e as transformações espaciotemporais, tendo em vista o contexto histórico de ocupação do Rio Anil a partir das fases de urbanização do município de São Luís levando em consideração a periodização espacial conforme Ferreira (2014).

2.1.1 Paisagem e espaço, sociedade e natureza

De acordo com Santos (1978), a paisagem é composta por dois elementos: os objetos naturais, que não são obra dos seres humanos e nunca foram tocados por ele; e os objetos sociais, vestígios do trabalho humano no pretérito, como no presente. Desse modo, o autor proclama que a paisagem não apresenta caráter fixo, e nada tem de imóvel, pois cada vez que a sociedade passa por um processo de modificação, a economia, a política e as relações sociais também se alteram, variando em ritmo e intensidade.

O referido autor prossegue seu raciocínio relatando que no tocante ao espaço e à paisagem, estes se modificam para se moldar às necessidades da sociedade. Apesar disto, Santos (2014a, p. 103) ressalta que espaço e paisagem não são sinônimos, e explica: “A paisagem é o conjunto de formas que num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza. O espaço são essas formas mais a vida que as anima”.

Assim, o autor op. cit. explica que a paisagem é composta pelo conjunto de objetos reais - concretos e por isto caracteriza-se como transtemporal, pois agrega objetos do passado

e do presente, enquanto o espaço é sempre um presente. Dessa forma:

Cada paisagem se caracteriza por uma dada distribuição de formas-objetos, providas de um conteúdo técnico científico. Já o espaço resulta da intrusão da sociedade nessas formas-objetos. Por isto estes objetos não mudam de lugar, mas mudam de função, isto é, de significação, de valor sistêmico (SANTOS, 2014a, p. 103).

Destarte, Santos (2014a) enuncia que a forma é alterada, renovada, suprimida para dar lugar a outra forma que atenda às necessidades novas da estrutura social. “Tais formas nasceram sob diferentes necessidades, emanaram de sociedades sucessivas, mas só as formas mais recentes correspondem a determinação da sociedade atual” (SANTOS, 2014a. p.104).

A sociedade atual conforme Jorge (2011) é marcada por profunda divisão social do trabalho, em que a degradação ambiental tem sido fruto de uma relação dos grupos sociais com a natureza, e o crescimento rápido, espontâneo e desordenado tem ocasionado, o inchaço de várias cidades, caracterizado pela ocupação de áreas periféricas, a maioria impróprias para edificações.

Ainda neste seguimento, a autora aludida profere que o conjunto de problemas ambientais evidenciados nas grandes cidades atualmente mostra as formas predatórias de apropriação da natureza. Assim, tendo em vista que a cidade revela as formas pelas quais a sociedade se organiza no território, esta se constitui na maior modificação do ambiente natural (NUNES, 2015). Para Jorge (2011, p.120),

a paisagem alterada é um espaço produzido, cujo relevo serve de suporte físico, em que as diferentes formas de ocupação refletem o momento histórico, econômico e social. Portanto, o relevo e seu modelado representam o fruto da dinamicidade entre processos físicos e agentes sociais atuantes, que ocorrem de modo contraditório e dialético a partir da análise integrada das relações processuais de uma escala de tempo geológico para a escala histórica ou humana.

A autora sobredita enfatiza que o processo de urbanização e os problemas ambientais não ocorrem de forma homogênea nos espaços urbanos; normalmente atingem os espaços físicos ocupados pelas classes menos favorecidas, cuja distribuição espacial está associada quase sempre à desvalorização do espaço, como locais próximos a indústrias, usinas, termonucleares, locais insalubres, encostas sujeitas a desmoronamento e erosão, e áreas de inundação de rios. Dentro desta perspectiva, esta pesquisa não se propõe apenas a estudar os processos físicos atuantes no relevo, mas como o processo histórico transformou a organização espacial relacionando-se com os fenômenos das inundações urbanas na área de estudo. Assim, optou-se por analisar o processo de ocupação do alto curso do rio Anil a partir da perspectiva de Santos (2014b) de estrutura espaciotemporal em uma análise do espaço geográfico.

2.1.2 Estrutura espaciotemporal: a abordagem de Milton Santos

Santos (2014a) deixa claro que paisagem e espaço são sociedade, mas é através das formas que a paisagem existe, sendo aquelas concebidas em distintos momentos históricos, porém coexistindo recentemente. Entretanto, para o autor mencionado, não há um acordo que estabeleça onde começa um e termina outro, e a busca desse acordo é permanente, mas afirma que no espaço as formas que constituem a paisagem preenchem no instante atual, uma função atual em respostas às exigências atuais da sociedade, ou seja, o espaço é um produto social em constante transformação.

Santos (2014b) declara que só é possível entender a organização espacial e sua evolução através de minuciosa interpretação do processo dialético entre formas, estrutura e funções ao longo do tempo. Nesta perspectiva, o autor aludido apresenta os seguintes conceitos:

- a) Forma: refere-se ao formato visível de alguma coisa; padrão dos objetos ordenados, ou isoladamente a descrição de fenômenos ou de um aspecto destes em um momento do tempo.
- b) Função: implica uma tarefa, atividade ou papel a ser desempenhado pelo objeto criado.
- c) Estrutura: modo como os objetos estão organizados ou foram construídos e a maneira como se relacionam.
- d) Processo: ação que é realizada continuamente, tendo em vista um resultado que envolve tempo e mudança.

Para Santos (2014b, p.71),

[...] Forma, função, estrutura e processo são quatro termos disjuntivos, mas associados, a empregar segundo um contexto do mundo de todo dia. Tomados individualmente, representam apenas realidades parciais, limitadas, do mundo. Considerados em conjunto, porém, e relacionados entre si, eles constroem uma base teórica e metodológica a partir da qual podemos discutir os fenômenos espaciais em totalidade.

De acordo Corrêa (1995), na perspectiva de Santos, se for considerado apenas estrutura e processo, a análise será a-espacial, não-geográfica, pois perde-se a história, os elementos dinâmicos de transformação. Assim, percebe-se que para Santos (2014b), estas categorias analíticas (forma, função, estrutura e processo) são inseparáveis e não há como analisar a organização espacial sem se utilizar destas categorias conjuntas, pois juntas, correspondem a totalidade do real.

2.1.3 Estrutura espaciotemporal do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil

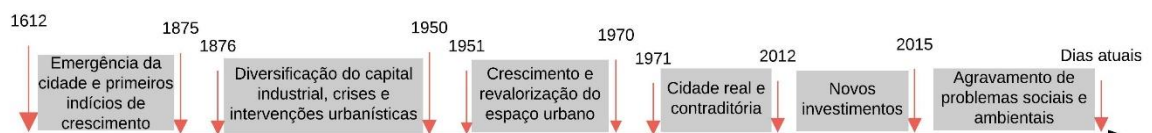
Neste item, será abordado a partir do conceito de estrutura espaciotemporal proposta por Santos (2014b), uma análise do espaço geográfico da área de estudo, levando em consideração os conceitos de *estrutura, forma, função e processo*.

Neste sentido, cabe resgatar o processo histórico de ocupação da bacia hidrográfica do rio Anil, tendo como foco principal o alto curso da bacia, área de estudo em questão.

Tendo em vista que a análise baseia-se na totalidade do real, e segundo Carvalho et al. (2007) além dos condicionantes naturais, as inúmeras intervenções antrópicas realizadas no meio físico têm sido determinantes na ocorrência de eventos de enchentes e inundações, principalmente nas áreas urbanas, visto que a expansão urbana nas cidades brasileiras se dá com um conjunto de ações que modificam as condições originais do ciclo hidrológico de certo local. Sendo o eixo de ocupação desta bacia iniciado pelo baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil e depois adentrando até o alto curso deste rio acompanhando o processo de ocupação do município de São Luís.

Desta forma utilizou-se a periodização espacial do município de São Luís (Figura 1) com base em Ferreira (2014), para resgatar o processo histórico de ocupação da bacia hidrográfica do rio Anil com enfoque para a área de estudo desta pesquisa.

Figura 2 - Linha do tempo da produção do espaço urbano em São Luís - MA



Fonte: Costa, 2018c.

2.1.3.1 Emergência da cidade e primeiros indícios de crescimento (1612 - 1875)

Implantada em frente à Baía de São Marcos, delimitada a Norte e a Sul pelos rios Anil e Bacanga, a cidade de São Luís leva quatro séculos para ocupar as terras localizadas a Oeste do núcleo urbano, que terá o Anil como um dos seus limites mais antigos (BURNETT, 2012). A história deste rio se confunde com a própria história do município de São Luís. Nas margens dele fora fundado o primeiro núcleo do que seria hoje a cidade. De acordo com D’Abeville (2002), o Forte de São Luís foi construído na desembocadura do rio no mar, ao pé de um rochedo, e onde havia o único ancoradouro da Ilha do Maranhão sendo possível neste fundear com toda segurança navios de mil a mil e duzentas toneladas.

Inicialmente, o Forte São Luís constituía-se como a *forma*, exercendo a *função* militar com uma *estrutura* de controle da região que a partir desta estrutura dará vida ao processo *mercantil*, que abastecerá, a partir da produção agrícola, Lisboa, como assinala Burnett (2012, p.25).

Constituída como cidade militar, estratégica para o controle da região e acesso ao interior, São Luís se erigirá posteriormente em centro mercantil, para onde conflui a produção agrícola do continente e de onde toma rumo de Lisboa. Concentrada em torno do Porto da Praia Grande, porta de saída de arroz, algodão, fumo e couro em direção à Europa.

Assim, de acordo com Souza (2005), esta se caracteriza como a primeira fase dos surtos de ocupação do rio Anil, que corresponde à primeira metade do século XIX, onde a ocupação da bacia se reduziu aos arredores da Praia Grande, no qual atualmente encontra-se o centro histórico do município de São Luís, que abrange a margem esquerda do referido rio, próximo à foz deste.

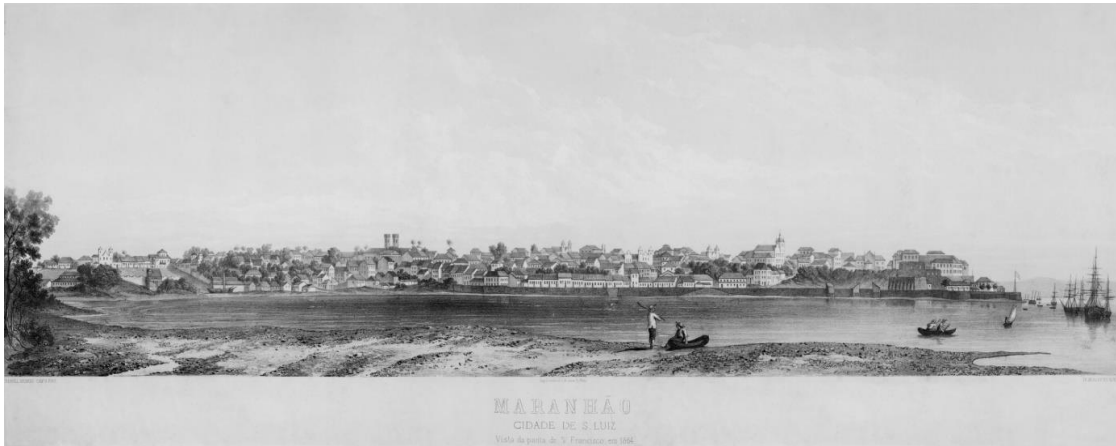
Nesta primeira fase, caracteriza-se a *forma* do Forte São Luís pela *função* militar e do Porto (Figura 3) como *função* mercantil, tendo uma *estrutura* e *processo* baseados na exportação da produção agrícola cultivada na cidade (principalmente algodão, arroz e cana de açúcar) com destino ao mercado Europeu, sendo o porto até o momento como o núcleo comercial e administrativo da cidade e a mão de obra escrava a base de sustentação da economia na época, fazendo parte da *estrutura* e gerando a manutenção do *processo*.

Gomes (1988) ressalta que entre 1650 e 1750, a economia do Maranhão e, portanto, de São Luís, mantinham um padrão de acumulação que baseava-se no capital mercantil, com destaque para a crescente mão de obra escrava, grande propriedade fundiária, e no que se refere aos indígenas estes reduziam-se ao cativo.

Ao longo do tempo a estrutura está sendo expandida e o processo está se consolidando, assim como as alterações no espaço, como destaca Viveiros (1954), quando afirma que o bairro Praia Grande (primeiro a surgir) foi produzido a partir do aterro dos brejos e pântanos nas margens esquerda e direita dos rios Anil e Bacanga o que culminou em alterações no sítio de São Luís.

Em 1758 instalada a Companhia Geral de Comércio do Grão-Pará e Maranhão em São Luís, alavancando a economia da capital maranhense, o que segundo Reis (1990) revitalizou a economia maranhense a partir do aumento do preço do algodão no mercado internacional, entretanto Ferreira (2014) releva que por volta de 1778, a Companhia entrou em estado de falência com baixa do preço do algodão no mercado internacional, pois a Inglaterra começara a dominar o mercado externo que antes Portugal se mantinha imbatível.

Figura 3 - Porto de São Luís – Centro, em 1864



Fonte: Arquivos da SUPLAN, 1990.

O processo de consolidação nesse mercado ainda tardou-se, sendo que em 1808 houve a abertura dos portos brasileiros às nações amigas e, assim instalaram-se várias casas comerciais francesas e inglesas em São Luís. Diante disto, surgiu uma nova conjuntura econômica no estado do Maranhão, em que São Luís ficou numa posição fundamental, diante disto, muitos interessados neste mercado instalaram-se no local, aumentando a população na região onde concentrava-se a maior atividade, a Praia Grande, sendo que em 1822 São Luís já apresentava uma população de 22.000 habitantes segundo Moraes (1996).

A partir da segunda metade do século XIX, que caracteriza a segunda fase dos surtos de ocupação do rio Anil, segundo Souza (2005), este aponta que nesta época estradas foram construídas ligando o centro aos atuais bairros do Anil, João Paulo, Vinhais e Calhau, o que contribuiu para a descentralização urbana gradual do centro histórico.

Ferreira (2014) assinala que a partir de 1850 houve um declínio econômico de São Luís e, por conseguinte do Maranhão, devido à queda do preço do açúcar e do algodão.

2.1.3.2 Diversificação do capital industrial, crises e intervenções urbanísticas (1876 - 1950)

Burnett (2012) afirma que o Caminho Grande foi o primeiro eixo ao qual as elites foram buscar novos locais de moradia, sendo as quintas e sítios áreas de fuga do núcleo portuário. Burnett ressalta ainda que os espaços vazios nas áreas do entorno do centro foram preenchidos por atividades produtivas, como fábricas têxteis dentro dos limites urbanos entre finais do século XIX e início do século XX. Pode-se citar como exemplo:

- A Companhia de Fiação e Tecidos Maranhense, concebida por volta de 1888/1890, localizada no bairro da Camboa, era a mais antiga fábrica do

- Maranhão, atualmente prédio do Sistema Difusora de Comunicação;
- A Companhia Fabril Maranhense, criada em 1893, com produção de 3 milhões de metros de tecido, sendo que esta faliu em 1971. Hoje localiza-se o depósito central do Grupo Bom Preço (Walmart) em São Luís na rua Senador João Pedro.
 - Companhia de Fiação e Tecido do Rio Anil, concebida em 1893, pertenceu ao Grupo Jorge e Santos, tendo falido em 1966 com 100 operários e uma produção de 1 milhão de metros por ano. Atualmente o local transformou-se em Centro Integrado do Rio Anil – CINTRA, escola que pertence a Fundação Nice Lobão;
 - Companhia de Fiação e Tecido do Cânhamo: criada no ano de 1891, com 250 funcionários e uma produção anual de 1.500.000 metros/ ano; esta faliu em 1969. Atualmente funciona como Centro de Produção Artesanal do Maranhão (CEPRAMA).

Se observarmos os empreendimentos elencados anteriormente, percebe-se que estes diante da conjuntura econômica da época, ou seja, do *processo* mercantil, baseado na *estrutura* fabril da produção de tecidos, cujas *formas* caracterizaram-se pelas companhias de tecido provenientes do cultivo do algodão, estando este em seu auge de produção exportação, compreende-se a inter-relação do processo, forma, função e estrutura agindo uns sobre os outros.

Tendo em vista que o processo é uma estrutura em movimento e transformação que, por conseguinte modifica as formas e funções dos objetos, infere-se que com a mudança histórica, social e econômica atravessada ao longo dos anos, as formas de muitas dessas indústrias têxteis foram preservadas, entretanto modificaram-se de função, como o CEPRAMA que mesmo com a forma preservada atualmente desempenha o papel de Centro de Produção Artesanal do Maranhão, assim como o CINTRA, que guarda em sua forma o momento histórico do auge da fabricação de tecidos na capital, com suas paredes de pedrarias e antigas estruturas metálicas, hoje revitalizadas com o aspecto da época, mas apresenta hoje a *função* educacional.

Diante do aumento na *função*² mercantil no município de São Luís e consolidação deste *processo*, surgiu a preocupação do Estado referente a estética urbana, tendo em vista que casas de pindoba³ poderiam “enfeiar” a cidade e não seriam permitidas, afirmando a segregação

² Utiliza-se aqui os termos forma, função, estrutura e processo em itálico para ressaltar os termos denominados por Santos (2014b).

³ Nome popular de uma espécie de palmeira da família das Arecáceas. Trata-se de um planta de até 25 metros de altura, nativa do nordeste brasileiro, muito comum nos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba, principalmente na faixa litorânea. De suas sementes, que são amêndoas, se extrai um óleo comestível de boa qualidade. *O nome científico da pindoba é: Attalea Oleifera.* (DICIONÁRIO INFORMAL, 2017).

espacial. Assim, nesta época foi feito o calçamento e regularização das vias públicas (LOPES, 1916), ou seja, modificou-se a *forma*, a partir do momento que se retirou moradias feitas de pindobas e restringiu-se apenas a casarões. Tendo em vista este cenário, Ferreira (2014) afirma que a população de índios e negros assentavam-se em locais mais distantes como a Vilas do Vinhais e Paço do Lumiar na aldeia de São José.

Diante disto percebe-se que a partir do *processo* que se realiza continuamente, a *estrutura* é modificada, transformando as *formas* e as *funções*, pois se faz necessário dar nova forma, retirando as casas de pindoba e deixando apenas os casarões que as elites poderiam construir e manter. A partir da boa cotação do algodão maranhense, São Luís experimenta um aumento populacional, expansão da classe mais abastada o que gera acumulação de renda, que possibilitou desenvolvimento urbano, como o abastecimento de água através de chafariz, iluminação a base de gás hidrogênio, serviço de educação e saúde e implantação da linha de bonde, que até 1912 esta já abrangia desde a Rua Grande até o Anil (FERREIRA, 2011; FERREIRA, 2014; PAXECO, 1922).

Mais adiante, com a modernização do Caminho Grande feita pelo interventor Paulo Ramos na década de 1940, até o João Paulo, aquele foi transformado em *bulevar*⁴ e rebatizado e tomou o rumo até a Vila do Anil, e depois alcança as matas do Turu chegando até o distrito de Ribamar como explica Burnett (2012, p.29):

Um pouco mais tarde, com o Caminho Grande já modernizado até o João Paulo pelo interventor Paulo Ramos na década de 1940, transformado em *bulevar* e rebatizado como Avenida Getulio Vargas, o rumo tomado em direção às terras altas em torno dos Conventos do Carmo e das Mercês e nas vizinhanças da Fonte do Ribeirão, se expande até a Vila do Anil. Mas tarde, alcança as matas do Turu e consolida o então distrito de São José de Ribamar e o balneário do Olho d'Água como as principais colônias de veraneio da população de média e alta renda de São Luís.

2.1.3.3 Crescimento e revalorização do espaço urbano (1951 - 1970)

Com o início da década de 1960, Souza (2005) assinala que surgiram bairros como a Liberdade (Matadouro), Monte Castelo (Areal), Alemanha, Caratatiua, Jordoia e Sacavém, espalhados na margem esquerda do rio, em direção às áreas de mangue. Desta forma, na década em questão, a urbanização restringiu-se praticamente ao entorno do eixo viário intitulado Caminho Grande, que ligava o centro ao município de São José de Ribamar. A partir de então, o bairro da Praia Grande, tem suas funções ambientais prejudicadas, o que demanda investimento público e privado para proporcionar a infraestrutura necessária e estoque

⁴ Palavra derivada do francês *boulevard*, refere-se a alameda (FERREIRA, 2010).

fundiário, possibilitando a partir daí o movimento de expansão inicial da área central (BURNETT, 2007; BURNETT, 2012).

Souza (2005) relata que na margem direita do Anil, a ocupação densa se deu a partir do fim dos anos 60 e princípio da década de 70, em função da construção de duas pontes sobre o rio em questão, e de vários conjuntos habitacionais que avançaram em direção ao tabuleiro central da Ilha do Maranhão.

A partir da descoberta de consideráveis jazidas de minério de ferro no sudoeste do Pará em 1960, tendo em vista garantir a exploração e exportação, na época a estatal Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), atualmente privatizada Vale S.A, criou o Projeto Ferro Carajás, no sistema mina-ferrovia-porto. Desta forma as minas em Paraupabas, seriam ligadas a área do porto por uma ferrovia, que por características de profundidade e posição geográfica estratégica com relação ao escoamento para os mercados internacionais seria o litoral de São Luís (SANT'ANA JÚNIOR, 2016).

Assim de acordo com Alves (2014) foi construída a Estrada de Ferro Carajás (sudeste do Pará e cruzando a região oeste do Maranhão) até a zona portuária de São Luís. O autor ressalta que apesar da construção da ferrovia ter se iniciado nos finais dos anos de 1970 a primeira carga transportada se deu apenas no ano de 1985.

Moreira (2015) relata que primeiramente a carga de minérios foi exportada pelo Porto do Itaqui, (funcionava desde 1974), entretanto, logo em 1986, a Companhia Vale do Rio Doce começou a construção do Terminal Marítimo da Ponta da Madeira completando o seu sistema mina-ferrovia-porto.

Quanto a isto Burnett (2012) ressalta que a partir do final do ano de 1960 com a inclusão Ilha do Maranhão no roteiro da Estrada de Ferro Carajás e a instalação da planta industrial de alumínio a sudeste da capital, estas áreas a sul foram definidas para uso industrial a partir da modificação do Porto para esta região.

Ressalta-se que por volta de 1950 e 1951 já havia a intenção do governo do Estado em construir um novo porto em Itaqui, visto que o Cais da Sagração (porto de São Luís) estava passando por um acelerado processo de assoreamento, que se agravou pela formação de bancos de areia e tamanho reduzido do cais (FERREIRA, 2014)

A partir disto, o eixo de expansão de ocupação se modifica para aquela zona que antes era rural e a partir destes investimentos econômicos, torna-se urbana e industrial. Concomitante a este processo, Burnett (2012) comenta que ocorreu investimentos do Banco Nacional de Habitação (BNH), com a implantação de uma política de habitação que proporcionou a construção de conjuntos residenciais implantados nos arredores da Ponte

Newton Bello no bairro Caratatiua, sendo esta ponte a primeira sobre o rio Anil, tendo em vista contemplar a população de média renda. A referida ponte também proporcionou acesso ao bairro do Olho d'Água e também a extensão da Avenida Casemiro Júnior no tradicional bairro do Anil. Burnett (2012) ressalta também o papel da construção da Avenida Guajajaras, extensão da Avenida Jerônimo de Albuquerque, dando novo acesso ao Aeroporto do Tirirical e ao Distrito Industrial, sendo estas áreas designadas à população de baixa renda.

Enfatiza-se que de 1960 até 1970, com os incentivos da União através do Sistema Federal de Habitação e do Banco Nacional de Habitação, foi criada no ano de 1966 a Companhia de Habitação Popular do Maranhão (COHAB-MA), tendo como meta a oferta de unidades residenciais para a população com renda de um a três salários mínimos, e também possibilitar projetos habitacionais para dar cabo aos aglomerados sub-habitacionais ou recuperá-los. E assim surgem através da COHAB-MA os conjuntos habitacionais Anil I, II e III de 1967 a 1970 (FERREIRA, 2014).

Com a ocupação maciça no começo dos anos 1970, a margem direita do Anil muda de *forma*, com a construção das pontes e de conjuntos habitacionais. Conforme Macedo (2003), da foz do rio Anil para o sul seguia a única via de acesso na década de 1970 para o Aeroporto Marechal Cunha Machado no Tirirical, o que segundo o autor, estavam nas imediações, os córregos e brejos formadores do rio Anil, por volta de aproximadamente 58 m de altura.

Segundo Costa e Santos (1989 *apud* FERREIRA 2014) em 1970 o Estado do Maranhão demonstrou um déficit habitacional em torno de 15.000 unidades no período de 1976 a 1979 devido a moderada atenção do Estado nesse setor, visto que a COHAB-MA, o IPEM e as cooperativas não conseguiram abarcar toda a população que necessitava, isto fez com que a população se organizasse em movimentos em prol de moradia.

2.1.3.4 Cidade real e contraditória (1971 - 2012)

A partir da organização dos movimentos por moradia, teve-se como resultado 27 áreas de ocupação apenas na capital maranhense de 1974 a 1988. A partir de Ferreira (2014), foram identificadas no período de 1974 a 1998, o surgimento das áreas João de Deus, Santos Dumont, Vila Lobão, Vila Conceição e Parque Roseana Sarney, todas elas inseridas no alto curso do rio Anil. Das áreas elencadas, atualmente todos os bairros são atingidos de forma direta ou indireta por eventos de inundações. Conforme o cenário apresentado diante do desenvolvimento da *estrutura* e do *processo* baseados na reprodução da economia mercantil agora comercial e industrial, modifica-se toda a configuração das *formas* destas regiões, visto

que áreas rurais com baixa densidade de ocupação por famílias tornaram-se grandes pólos de atração e expansão. Enquanto isto, o núcleo central com alta concentração populacional estagna-se no que se refere aos investimentos, tanto do setor privado, quanto público, criando diferenciados padrões urbanísticos (BURNETT, 2012).

A partir dos anos 80 e 90, de acordo com Ferreira (2014), os investimentos do setor habitacional ficaram restritos ao IPEM - Instituto Previdenciário dos Servidores do Estado do Maranhão; no período de 1981 a 1991 este produziu onze conjuntos habitacionais (1.392 apartamentos), visto que a participação das Cooperativas e COHAB foram drasticamente diminuídas devido à crise econômica. Dentre os conjuntos construídos elenca-se o Residencial Angelim e Bequimão, sendo estes inseridos no médio curso da bacia hidrográfica do rio Anil. Entretanto, o que chama a atenção neste intervalo de tempo, segundo Sousa (2005), é a proliferação de áreas de ocupações irregulares próximo às nascentes do rio Anil no tabuleiro central, e aumento de bairros na margem direita perto da desembocadura. Destacando que muitas destas ocupações irregulares iniciaram-se desde 1970, como elencado anteriormente, e foram se consolidando a partir de 1980. Assim na década de 1980 e 1990 ocorre a multiplicação de áreas de ocupação irregular em direção ao tabuleiro central, e do alto curso do Anil onde se encontravam as suas nascentes, e dos principais rios da Ilha do Maranhão.

Pode-se destacar por volta de 1989 a 1998, as áreas de ocupação Vila Lobão e Vila Conceição, que localizam-se nos limites do alto curso do rio Anil. Na década de 90, segundo Souza (2005), entra-se na fase mais recente deste processo, que perdura até os dias atuais, destacando-se pela acentuada verticalização na margem direita do Anil, com expansão de bairros na mesma, em direção ao leito do rio, sendo este paulatinamente aterrado.

Diante deste contexto, evidencia-se que a partir do *processo* de reprodução do espaço a partir da *estrutura* econômica e social, baseada nos grandes investimentos que se implantaram em São Luís, as *formas* foram moldadas e modificadas. Grandes áreas de matas e nascentes de rios foram ocupadas devido ao investimento no incremento imobiliário, tendo em vista o aumento populacional na capital e na Ilha do Maranhão. Mesmo assim não conseguiram suprir a necessidade habitacional da população, o que resultou em áreas de ocupação irregulares em encostas, nascentes e margens de rios, nesse contexto, a área do alto curso do rio Anil.

Tomando como base o histórico de ocupação da Vila Lobão, uma das principais áreas de ocorrência de inundações, Teixeira (2015b) aponta que a área em questão iniciou o processo de ocupação a partir da década de 1990, sendo de propriedade da empresa de transportes Taguatur. Apesar dos invasores por diversas vezes serem desapropriados, os mesmos sempre retornavam, até que em meados de 1992 obtiveram êxito na conquista do

espaço, sendo concedido o direito de moradia a eles pelo Governo do Estado. Cabe ressaltar que nos dias atuais o bairro apresenta por volta de 2.550 famílias residindo nesta área (TEIXEIRA, 2015b).

No ano de 2007, com a chegada do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), sendo que este dava preferência à urbanização de assentamentos precários (FERREIRA, 2014), o rio Anil foi contemplado através do PAC- Rio Anil, que segundo o site da Secretaria de Cidades (2017) tinha como principais objetivos:

- a) A remoção de famílias que habitam palafitas à margem esquerda do Rio Anil localizadas nos bairros da Camboa, Liberdade, Fé em Deus e Alemanha;
- b) Construção de 2.720 apartamentos de 42 m²;
- c) Construção de 7 áreas de Equipamentos Urbanos e Recuperação Ambiental;
- d) Avenida com 3,8 km de extensão margeando o Rio Anil;
- e) Melhorias habitacionais nos bairros da Camboa, Liberdade, Fé em Deus, Irmãos Coragem, Alemanha;
- f) Reforma do Teatro Padre Haroldo no bairro da Liberdade;
- g) Regularização fundiária de aproximadamente 8 mil imóveis.
- h) E no escopo do projeto a desapropriação/indenização de benfeitorias e a realização de trabalho técnico-social em toda área de intervenção.

Dentre as intervenções realizadas e as que ainda estão em andamento, são notórias as modificações no espaço, entretanto muitas destas medidas contribuíram para o agravamento da degradação do ambiental do rio Anil, visto que grande parte da margem do rio foi aterrada para construção da Avenida que “margeia” o rio, e também para construção dos apartamentos e equipamentos urbanos, onde muitos destes ainda não foram implantados.

Tendo como propósito impulsionar o desenvolvimento brasileiro e garantir os benefícios sociais e econômicos para todas as regiões do país a União atribuiu à Caixa Econômica Federal a responsabilidade do programa habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida, que tinha estratégias para aquisição de moradias através de subsídio e concessão de crédito ou não (FERREIRA, 2014)

O objetivo do Programa Minha Casa Minha Vida era construir 1 milhão de unidades habitacionais até 2012 em todo o Brasil, e o município de São Luís tendo em vista o déficit habitacional maranhense, foi o primeiro a ter empresas do ramo da construção que aderiram ao programa, o que impulsionou a construção de diversas unidades habitacionais no município e contribuindo para a verticalização da paisagem urbana o que resultou em um incremento de 587,92% na oferta de unidade multifamiliares, entretanto essas ações não conseguiram

solucionar o problema do déficit habitacional no referido município (FERREIRA, 2014).

Assim, a margem do rio Anil muda novamente de *forma* a partir da verticalização e aterro das nascentes para ampliação de bairros. A bacia do rio Anil, de forma geral, como apresentado anteriormente, foi ocupada inicialmente por sua foz, - baixo curso do rio Anil - e só a partir da década de setenta, o alto curso do rio Anil começa a ser ocupado em sua maioria por ocupações irregulares.

2.1.3.5 Novos investimentos (2012 - 2015)

De acordo com Ferreira (2014) a partir do ano de 2010, o estado do Maranhão começa a se recuperar da crise econômica internacional iniciada em 2008 que refletiu no Brasil e, por conseguinte no Maranhão. O autor mencionado explica que os indicadores econômicos evidenciam essa recuperação na economia maranhense amparados nos investimentos planejados no Plano Plurianual 2012-2015, como a ampliação e criação de supermercados, fábricas de cimentos, investimentos imobiliários e implantação de *shoppings centers*.

Tendo em vista o enfoque na bacia hidrográfica do rio Anil, ressalta-se a construção do Rio Anil Shopping, localizado no médio curso da bacia hidrográfica em questão, na Avenida São Luís Rei de França, inaugurado em abril de 2010. Além do shopping mencionado a bacia hidrográfica do rio Anil abriga o Tropical Shopping (1986) sendo este o primeiro da Ilha, o Monumental Shopping (1995) e o Shopping da Ilha (dezembro de 2011), todos eles instalados no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil.

Esses empreendimentos modificam a *forma* desses bairros, visto que estas áreas eram tinham terrenos, sítios residenciais e tomam *forma* vertical com a construção dos respectivos shoppings. A respeito da *função* que antes era residencial esta passa a ser comercial, e a *estrutura* se baseia nisso, na modificação do uso residencial para o comercial, pois a partir da construção dos shoppings, as áreas do entorno tendem a diversificar os serviços e estas áreas são beneficiadas com o estabelecimento dos serviços urbanos, em um *processo* de valorização do espaço e centralidade de comércio e serviços.

Outro *processo* concomitante destacado por Ferreira (2014) é a intensificação da verticalização impulsionada pelos empreendimentos imobiliários das grandes construtoras no estado e sobretudo na Ilha do Maranhão, entretanto o autor aludido salienta que o incremento desse processo de seu a partir de 2005, com a chegada de construtoras que não são locais, muitas delas fundiram-se com construtoras locais, tendo em vista a criação de empreendimentos de alto padrão. Neste seguimento destaca-se a Franere, Mota Machado, *Cyrela Brazil Realty*, Gafisa e Sá Cavalcanti responsáveis por grandes modificações na *forma* da paisagem urbana,

bem como a emergência de condomínios residenciais fechados a partir da década de 2000, com crescimento em direção aos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar até então municípios de *funções* ditas rurais, por conta de grandes áreas de sítios e chácaras, nas quais têm suas *estrutura* modificada pelo incremento demográfico e imobiliário.

2.1.3.6 Agravamento de problemas sociais e ambientais (2015- até os dias atuais)

Ferreira (2014) aponta que esta fase caracteriza-se pelo aumento do número de habitantes na Ilha do Maranhão, visto a oferta de bens e serviços, e melhores equipamentos urbanos. A partir deste cenário, o risco de acidentes são ampliados, devido à ocupação de áreas impróprias, contaminação de águas superficiais, subterrâneas e do solo, o que aumenta o perigo de deslizamentos, inundações entre outros.

Assim pode-se inferir que a partir do *processo* que se desenvolve continuamente de apropriação dos recursos, do território, e das relações comerciais estabelecidas a partir da *estrutura* a organização dos objetos é modificada e isto se evidencia na modificação das *formas* e *funções* desempenhadas pelos objetos, assim estas transformações espaciotemporais geram modificações no ambiente que acarretam respostas ambientais da natureza.

O alto curso do Anil devido às ocupações irregulares, assentadas em áreas de planície de inundação, onde as nascentes do Anil foram em sua maioria aterradas, tanto para a construção de vias de transporte urbano, quanto para áreas residenciais, grande parte advinda de ocupações irregulares, empurradas para estas áreas devido a grande demanda habitacional impulsionada na época pelos grandes investimentos trazidos, sobretudo para a capital.

Desse modo pode-se perceber que o processo histórico, social e econômico infere diretamente na *forma, função, estrutura e processo*, tendo como consequência desse *processo*, mudanças ambientais como o estrangulamento das vertentes, supressão da vegetação nativa, lançamento de efluentes no rio, e impermeabilização do solo devido a urbanização débil, como evidencia-se no alto curso do rio Anil, o qual é acometido por processos erosivos, deslizamentos de terra e as inundações, que são recorrentes no período chuvoso, acarretando riscos a toda população desta área, gerando prejuízos materiais, psicológicos e podendo levar até mesmo a perda de vidas humanas.

2.2 Urbanização, degradação ambiental e desastres

As seções seguintes abordam o contexto da degradação ambiental nos cursos d'água tendo em vista o processo de urbanização. Além disto, apresenta-se aspectos conceituais quanto

a riscos e desastres, bem como a relação entre eles. Apresenta-se também uma abordagem quanto aos desastres hidrológicos com enfoque na conceituação de enchentes e inundações e nos desastres causados por estas.

2.2.1 Urbanização e degradação ambiental nos cursos d'água

Até o século XIX, de acordo com Bernardes e Ferreira (2010), a compreensão tradicional da relação sociedade-natureza, atreladas ao processo de produção capitalista, considerava que o ser humano não tinha relação nenhuma com a natureza, e que qualquer alteração na natureza não alteraria em nada a vida humana, ou seja, a sociedade da época considerava a natureza apenas como objeto, fonte ilimitada de recursos disponíveis aos seres humanos.

A partir disto, Bernardes e Ferreira (2010) explicam que através do processo de industrialização propagaram-se práticas de acumulação via exploração dos recursos naturais, gerando efeitos perversos aos seres humanos e a natureza, pois julgava-se que o crescimento econômico não tinha fronteiras e o progresso para a sociedade da época era sinônimo de domínio da natureza e dos seres humanos. Por volta da década de 1960/1970, compreendeu-se que os recursos naturais são esgotáveis e que este crescimento desenfreado demonstra-se insuportável.

Goudie (2013) aborda sobre as indústrias modernas e civilizações urbanas, e aponta as alterações e os impactos dos seres humanos desde o início das primeiras civilizações e relata as influências das cidades em seus arredores, entretanto aponta que essa influência nunca foi tão extensa quanto nos últimos séculos para a era moderna, especialmente desde no final do século XVII, a partir das transformações causadas pela revolução cultural e tecnológica, e o desenvolvimento de grandes indústrias. Goudie (2013) também ressalta o papel da ciência e medicina moderna que vem agravando esses efeitos, contribuindo com um aumento acelerado da população mesmo em sociedades não industriais.

Diante deste processo Guerra e Marçal (2012, p.29) afirmam que

[...] o crescimento rápido e desordenado que tem ocorrido em muitas cidades, em especial nos países em desenvolvimento, é o grande responsável pelas transformações ambientais, descaracterizando, muitas vezes o meio físico original, antes de haver ocupação humana. Isto devido a aceleração dos processos geomorfológicos.

A urbanização brasileira é caracterizada pela apropriação do mercado imobiliário das melhores áreas das cidades e pela quase total ausência de áreas destinadas à moradia popular, o que empurrou a população de menor renda a ocupar áreas desprezadas pelo mercado

imobiliário e também frágeis do ponto de vista ambiental, como encostas íngremes, áreas de mangues e margens de rios (JORGE, 2011). No que se refere às margens de rios, estas têm sido ocupadas pelos seres humanos há longo tempo, desde o surgimento das primeiras comunidades humanas, que se utilizavam deles para sua dessedentação, preparo de alimentos, higiene, construção, navegação, irrigação entre outros (BOTELHO, 2011).

O rio Nilo em épocas de cheia, inundava as áreas baixas vizinhas a ele, e depositava nessas terras grande quantidade de húmus, ao perceber isto, a civilização egípcia que se estabeleceu as margens do rio reparou que as cheias deixavam o solo preparado para a agricultura e faziam crescer as pastagens dos animais (BRAICK; MOTA, 2006).

Como a civilização egípcia dependia das enchentes do rio, eles buscaram formas de aproveitá-las melhor, ou seja, se utilizavam da natureza para aperfeiçoar o modo de vida da comunidade. A partir da observação dos astros e do registro das inundações ao longo de anos, os egípcios conseguiram criar um calendário solar relativamente preciso que lhes permitia prever as cheias do Nilo e desta forma planejar as épocas mais adequadas para colheita e plantio. O rio também era um importante meio de comunicação, pois os registros indicam que o tráfego neste era intenso e que havia vários canais de navegação ao longo do seu leito (BRAICK; MOTA, 2006).

Neste sentido, Cunha (2010) assinala que, ao longo da história mundial, os rios têm sido utilizados como meios de penetração para o interior, sendo um facilitador do crescimento de aglomerados urbanos e áreas cultivadas, uma vez que a água é um recurso fundamental para a sobrevivência humana. Assim a autora enfatiza que os rios de maneira indireta refletem as condições naturais e as atividades humanas desempenhadas na bacia hidrográfica, perecendo em função da escala e intensidade das mudanças nesses elementos e com os efeitos, alterações e impactos no comportamento de descarga, carga sólida e dissolvida e poluição das águas.

Ao avaliarmos os dados populacionais e da taxa de urbanização brasileira de 1970 a 2000 (Tabela 1), pode-se inferir que além do aumento populacional, a maior parte da população concentra-se em áreas urbanas.

Tundisi e Tundisi (2011) apontam que o crescimento populacional urbano brasileiro proporcionou uma elevação considerável nas demandas hídricas juntamente com a expansão urbana, contaminação, poluição e degradação dos mananciais. Os autores também ressaltam que a ocupação desenfreada e irregular dos mananciais em áreas periurbanas é uma das causas preponderantes na deterioração de recursos hídricos nas grandes metrópoles no Brasil e também em municípios de médio porte.

Tabela 1 - Crescimento da população brasileira e taxa de urbanização

Ano	População*	Parcela urbana da população (%)
1970	93,1	55,9
1980	118,0	68,2
1991	146,8	75,6
1996	157,1	78,4
2000	169,0	81,1

*Em milhões de habitantes

Fonte: IBGE, 2000.

Cabe ressaltar que a capacidade de infiltração, a partir de Brandão *et al.* (2006), refere-se ao potencial que o solo tem de absorver água pela superfície, em termos de lâmina por tempo, da taxa real de infiltração que acontece quando há disponibilidade de água para penetrar no solo. Quanto à densidade de drenagem, Torres *et al.* (2013) explicam que esta reflete a permeabilidade e porosidade do terreno, podendo inferir características da litologia e do solo, sendo esta definida por Horton (1945) e corresponde a relação entre a soma total do comprimento dos cursos de água e a área da bacia.

Ferraz (1999) reitera que durante o processo de urbanização, os construtores e urbanistas vêem os córregos e riachos como algo de pouca significância, sendo estes canalizados ou aterrados para a urbanização. Assim, segundo o autor, tem-se como consequência uma rede hídrica totalmente diferente da original. Quanto às interferências na drenagem urbana, Porto *et al.* (1993) apontam que os fatores preponderantes nessas interferências são a proliferação de favelas e invasões e a ocupação extensa e adensada dificultando a construção de canalizações e eliminando áreas de armazenamento.

Segundo Park (1981) e Knighton (1984) citados por Cunha (1995) evidenciam que existem dois grupos de mudanças fluviais induzidas pelo homem. Uma se refere aos impactos diretos que caracterizam por serem modificações ocorridas diretamente nos canais fluviais para controlar vazões ou para modificar a forma do canal imposta pelas obras de engenharia, tendo em vista estabilizar as margens, erosão ou deposição dos materiais, diminuir os efeitos de enchentes e inundações entre outros.

Quanto ao outro grupo de mudanças fluviais, os autores mencionados apontam que estas referem-se às mudanças indiretas que resultam das atividades humanas, realizadas fora da área dos canais, mas que mudam o comportamento da descarga e da carga sólida do rio. Assim os autores citam que essas atividades se expandem para a bacia hidrográfica e

relacionam-se ao uso da terra.

Neste sentido, Guerra e Marçal (2012) explicam que boa parte dos problemas enfrentados pela sociedade mundial atualmente correspondem a catástrofes ocorridas nas cidades a partir da ocupação desordenada em encostas e terrenos próximos aos rios. Assim, observa-se que essas catástrofes relacionam-se muitas vezes com eventos extremos de temperatura ou chuvas, tendo como consequência os movimentos massa e as inundações. Entretanto, ressalta-se que tanto os movimentos de massa, quanto as inundações, são eventos naturais que fazem parte da dinâmica da natureza, entretanto diante da atual depredação da natureza pela ação antrópica ao longo dos séculos e com o aumento populacional advindo das revoluções industriais, agrícolas e da medicina, e revolução tecnológica, além de ocupação de áreas indevidas como encostas e margens de rios, eventos naturais como os citados podem tornar-se desastres.

2.2.2 Desastres e riscos: aspectos conceituais

Eventos físicos que acumulam muita energia, como chuvas, ventos e terremotos, afligem constantemente uma parcela cada vez maior da população humana. Toda população mundial é passível de registrar em algum momento da vida um fenômeno que promova desastres. Aliado a isso está à mobilidade crescente das pessoas, que contribui para que mesmo aqueles que vivem em áreas menos suscetíveis, possam estar no local errado, na hora errada (NUNES, 2015).

Os desastres estão diretamente associados aos riscos e estes por sua vez apresentam como componentes o perigo e a vulnerabilidade. Neste sentido cabe ressaltar os esforços de pesquisadores das ciências humanas, sociais e naturais que trabalham com as temáticas relacionadas, tendo em vista fornecer apoio técnico e contribuir para redução, prevenção e gerenciamento de desastres naturais.

A literatura especializada é muito rica e ampla no que se refere a temática em questão, visto isto, torna-se inviável a discussão das contribuições de todos estes autores. Entretanto, é necessário ressaltar os trabalhos de alguns dos principais autores no cenário mundial, brasileiro e regional, visto a relevância destes na construção conceitual, teórica e metodológica, e para que sirvam de embasamento para novos pesquisadores. São estes: Kates (1962), White (1975), Faugères (1991), Cutter (1993, 1996), Tobin e Montz (1997), Rebelo (1999), Weichselgartner (2001), Alcántara-Ayala (2002), Cutter (2003), Pelling (2003), Marandola e Hogan (2004), Dauphiné (2005), Nunes e Kobiyama (2006), Veyret (2007),

Almeida (2010), Marcelino, Goerl e Kobiyama (2012), Cunha e Ramos (2013), Cunha (2013a, 2013b), Collishonn (2014), Mendonça (2014), Nunes (2015), Alcántara-Ayala e Moreno (2016), Almeida, Welle e Birkmann (2017) e Montz, Tobin e Hagelman (2017).

O tema desastres está crescentemente presente no cotidiano das pessoas, residindo ou não em áreas de risco. Neste sentido, tem-se uma revisão dos conceitos utilizados pelos autores que desenvolvem pesquisas neste campo do conhecimento. Segundo Castro (2008), Desastre é resultado de eventos adversos, de cunho natural ou provocado pelo ser humano, sobre um ecossistema vulnerável, que causa danos humanos, materiais e/ou ambientais e trazem como consequência, prejuízos econômicos e sociais. Mortz *et al.* (2017) definem Desastres Naturais como resultantes de eventos adversos, causando grandes impactos na sociedade.

Apesar de que o termo é mais comumente associado a terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, os Desastres podem ocorrer naturalmente ou induzidos pelo ser humano (TOMINAGA, 2009). Neste mesmo sentido Kobiyama *et al.* (2006) explica que os Desastres Naturais são determinados a partir da relação entre o ser humano e a natureza.

Na definição da *United Nations International Strategy for Disaster Reduction – UNISDR*⁵ (2009), o termo Desastre de maneira geral é uma ruptura grave do funcionamento de uma sociedade ou comunidade, implicando em perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais, que ultrapassem a capacidade da comunidade afetada ou da sociedade de lutar com seus próprios recursos. A partir das definições apresentadas infere-se que os Desastres Naturais são causados por fenômenos naturais, que podem ser agravados ou não pelo ser humano, que atingem uma determinada população ou sociedade, causando danos e prejuízos, onde esta não consiga conviver com o fenômeno.

É importante esclarecer que para uma área ser considerada em situação de Desastre, de acordo com Hoyois *et al.* (2007) esta deve atender pelo menos um desses critérios: 10 ou mais óbitos; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência; e pedido de auxílio internacional.

No que se refere à classificação dos desastres alguns autores classificam os Desastres quanto à origem e evolução (ALCÂNTARA – AYALA, 2002; MARCELINO, 2008); outros acrescentam os itens intensidade e duração junto à origem e evolução (CASTRO, 1999; e SIDLE *et al.*, 2004). No Brasil a partir da Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), a classificação de desastres se

⁵ UNISDR - Estratégia Internacional das Nações Unidas para Redução de Desastres.

adequou aos padrões internacionais, e está de acordo com o Banco de Dados Internacional de Desastres, do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED), da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU), que classifica os desastres quanto à intensidade, evolução, origem e periodicidade (Figura 4).

Esta medida adotada facilita a identificação e classificação dos Desastres a nível mundial e contribui em estudos comparativos nos países que elegem esta classificação

Figura 4 - Classificação de desastres

Classificação		
Desastres	Origem	Naturais Tecnológicos
	Periodicidade	Esporádicos Cíclicos ou sazonais
	Evolução	Desastres súbitos ou de evolução aguda Desastres graduais ou de evolução crônica
	Intensidade	Nível I – desastres de média intensidade Nível II – desastres de grande intensidade

Fonte: UFSC/CEPED, 2014..

Apesar dos fenômenos de inundação na área de estudo desta pesquisa atingirem 100 ou mais pessoas, para ser considerada uma situação de desastres é necessário preencher no mínimo dois critérios, e nesta escala local a área não se enquadraria, entretanto se levarmos em consideração o município de São Luís ou a Ilha do Maranhão os fenômenos estudados nesta pesquisa se enquadram como Desastres.

Contudo, espera-se que este estudo sirva de motivação para novas pesquisas sobre a temática, assim explica-se que a Instrução Normativa n. 1, de 24 de agosto de 2012, é responsável por estabelecer as normas e especificações da classificação e codificação de Desastres no país. Desta forma, quanto à Origem os desastres são classificados em: I – naturais; II – tecnológicos.

A Instrução normativa em questão define os desastres naturais como aqueles que são causados por processos ou fenômenos naturais que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos. Nesta perspectiva, as inundações são caracterizadas como desastres naturais, apesar disto, cabe salientar que mesmo as inundações sendo processos naturais da dinâmica hidrológica, e associarem-se diretamente as chuvas concentradas, os

Desastres relacionados à inundações estão atrelados na maioria das vezes, à ocupação de áreas de planície de inundação e impermeabilização devido à urbanização, como assinala Tominaga (2009) quando afirma

[...] os desastres naturais podem ser provocados por diversos fenômenos, tais como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. Além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais (p.13).

Quanto aos desastres tecnológicos, a Instrução normativa afirma que estes tem sua origem de condições tecnológicas ou industriais, estando inclusos os acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infra-estrutura ou atividades humanas específicas, que podem levar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.

Quanto à evolução a partir do Art. 6º da Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2012, os desastres podem ser: I – desastres súbitos ou de evolução aguda; II – desastres graduais ou de evolução crônica. No inciso 1º a Instrução caracteriza os desastres súbitos ou de evolução aguda os pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos causadores destes, podendo ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais, sendo assim facilmente previsíveis. São exemplos destes os deslizamentos, enxurradas, vendavais, terremotos, erupções vulcânicas, chuvas de granizo e outros (UFSC/ CEPED, 2014).

No que se refere aos desastres graduais ou de evolução crônica, a Instrução qualifica os mesmos por evoluírem em etapas de agravamento progressivo. Cita-se como exemplo, a seca erosão ou perda de solo, poluição ambiental e outros (UFSC/CEPED, 2014).

Quanto à intensidade os desastres são classificados em dois níveis: nível I - desastres de média intensidade; e nível II - desastres de grande intensidade.

No inciso 2º a lei caracteriza os desastres de nível I naqueles em que os danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais, necessitando da decretação de Situação de Emergência.

No que tange quanto aos desastres de nível II, estes são tipificados como aqueles em que os danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais, mesmo quando bem preparados, e o restabelecimento da situação de normalidade depende da

mobilização e da ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e, em alguns casos, de ajuda internacional, se fazendo necessário decretar Estado de Calamidade Pública.

Quanto à periodicidade estes são classificados em: I- esporádicos; II- cíclicos ou sazonais. No inciso 1º o artigo 9º descreve os desastres esporádicos como aqueles que ocorrem raramente com possibilidade limitada de previsão. Tendo como exemplo as cheias de rios que ocorrem anualmente em função do período de chuvas (UFSCAR/CEPED, 2014).

No que corresponde aos desastres cíclicos ou sazonais o inciso 2º identifica como aqueles que ocorrem periodicamente e guardam relação com as estações do ano e os fenômenos associados. A UFSCAR/CEPED (2014) cita como exemplo os terremotos, erupções vulcânicas e desastres tecnológicos, e ressalta que estes tendem a ser classificados como de periodicidade esporádica, pois eles são de difícil previsão.

No que se refere aos termos risco, perigo e vulnerabilidade estes são recorrentes quando se trata de Desastres. Para entender a ocorrência destes, se faz necessário conhecer e diferenciar estes termos, visto que muitas vezes são tidos como sinônimos. Embora estejam intimamente relacionados, perigo e vulnerabilidade são dimensões do risco.

Primeiramente é necessário compreender que risco é uma construção social, resultante da escolha ou percepção humana (ALMEIDA, 2010; VEYRET, 2007; OLIVER-SMITH, 2013). De forma mais concreta Reckziegel e Robaina (2005) explicam:

(...) as áreas de risco surgem como uma interação do meio natural com o meio social. O meio natural impõe obstáculos para a ocupação de certas áreas, mas é o meio social, ao ocupar as áreas naturalmente susceptíveis, que acaba provocando o surgimento do risco (p.67).

Desta forma, entende-se que só existe risco por conta da presença ou interferência humana. Para Carvalho *et al.* (2007, p.9), risco é “a probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos”. Considerando a UN-ISDR (2009) esta define risco como a probabilidade de consequências prejudiciais, ou danos esperados (morte, ferimentos a pessoas, prejuízos econômicos etc.) resultantes da interação entre perigos naturais ou induzidos pela ação humana e as condições de vulnerabilidade, ou seja, é a combinação da probabilidade de um evento e suas consequências negativas.

Marcelino (2008) resume “risco” como a probabilidade (mensurável) de um perigo transformar-se num desastre” (p. 24). Quanto a isto, Tobin e Montz (1997) esclarecem que o perigo caracteriza-se como uma situação potencialmente prejudicial, enquanto desastre é a

materialização do perigo.

Segundo Augusto Filho (2001), na língua inglesa os termos "*risk*", e "*hazard*", são tidos como sinônimos, infere-se que isto deve-se por conta relação entre eles. Todavia, Cutter (2001) caracteriza o termo "*hazard*" como ameaça potencial à pessoas e coisas importantes à estas pessoas, e sobre o termo "*risk*" caracteriza como a provável ocorrência de um evento ou ameaça acontecer.

Portanto perigo ou "*hazard*" é um fenômeno físico ou um processo natural potencialmente prejudicial, que pode causar sérios danos socioeconômicos às comunidades expostas (UM-ISDR, 2004). Nesta perspectiva, entende-se que se fenômenos naturais ocorrerem ou se deslocarem sobre um sistema social, tem-se uma situação potencial de danos a pessoas e bens, isto é, perigo. Caso o impacto produza danos e prejuízos significativos e/ou de difícil superação pelas comunidades afetadas, este será considerado como um desastre. Se as consequências forem mínimas ou nulas será considerado somente como um evento natural.

Marchezini e Wisner (2017) afirmam que risco é geralmente entendido como a interação de risco, exposição e vulnerabilidade. Para isto se faz necessário entender estas dimensões, assim, exposição é a localização de pessoas, ativos e infraestrutura em áreas propensas a riscos que possam ser afetadas, enquanto a vulnerabilidade é o grau de suscetibilidade ou sensibilidade de pessoas, ativos e infraestrutura para sofrer danos (UNISDR 2013).

A vulnerabilidade é a segunda dimensão do risco, e é considerada um conceito complexo (MARCHEZINI; WISNER, 2017), talvez por conta das discrepâncias nos significados como aponta Weichselgartner (2001), que afirma que muitas destas surgem de diferentes orientações epistemológicas e práticas metodológicas decorrentes delas. O autor menciona ainda que existe uma variação considerável na escolha dos riscos em si (naturais, químicos, tecnológicos, biológicos, artificiais, instrumentais), na escala (global versus local) e nas regiões escolhidas para estudo (desenvolvido versus em desenvolvimento), o que acaba influenciando na complexidade do conceito e dificultando uma homogeneidade.

Para Carvalho *et al.* (2007) vulnerabilidade é o grau de perda para certo elemento ou comunidade em uma determinada área suscetível de ser afetada por um fenômeno ou processo. Cutter (2011) partilha da mesma definição e considera vulnerabilidade de forma geral como o potencial para a perda. E complementa explicando que a vulnerabilidade inclui elementos de exposição ao risco que são as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo, e elementos de propensão que são as

circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infra-estrutura ou dos sistemas físicos para responder e recuperar de ameaças ambientais.

Janssen e Ostrom (2006) ressaltam que vulnerabilidade tem como foco as condições que limitam a capacidade de resposta ao desastre. Timmerman (1981) *apud* Almeida (2010) em um viéz geossistêmico defende que a vulnerabilidade é o grau em que o sistema age adversamente em virtude da ocorrência de um evento perigoso.

O *National Research Council* (2006) enfatiza que os dois principais tipos são a vulnerabilidade física e a vulnerabilidade social. No que se refere à física esta configura as ameaças à estruturas físicas, enquanto a social corresponde à ameaça ao bem-estar dos cidadãos. Tendo em vista os estudos de Cutter *et al.* (2003) que alega que pode-se estudar a vulnerabilidade aos perigos naturais relacionados à identificação das condições que fazem a população ou os locais propícios aos perigos naturais, ou a partir da noção de que a vulnerabilidade é inerente à condição social.

Corroborando com a autora mencionada Goerl *et al.* (2012) afirmam que a vulnerabilidade é peculiar à sociedade, visto que as características que fazem de um indivíduo ou de um local mais ou menos vulnerável retratam os fatores sociais. Assim os autores op. cit consideram que ao determinar a vulnerabilidade utilizando as características sociais, estar-se-á compreendendo indiretamente as demais vulnerabilidades. Tendo em vista o exposto, nesta pesquisa utiliza-se a definição de risco conforme A UN- ISDR (2009), considerando o risco como uma função do perigo versus a vulnerabilidade.

2.3 Desastres hidrológicos: inundações

Neste item apresenta-se a definição entre os conceitos de enchente e inundação de acordo com diversos autores (RICCOMINI *et al.*,2008; TUCCI,2003; GUERRA e GUERRA,2011; CARVALHO *et al.*, 2007; KOBIYAMA e GOERL, 2005; COLLISHONN,2009), a classificação, e um panorama dos desastres hidrológicos referentes à inundações.

2.3.1 Enchentes e Inundações

Enchentes e Inundações são processos naturais que fazem parte da dinâmica fluvial, entretanto, devido a diversos fatores, principalmente advindos do elevado grau de urbanização, podem ocorrer impactos que geram desastres. Riccomini *et al.* (2008) explanam que as

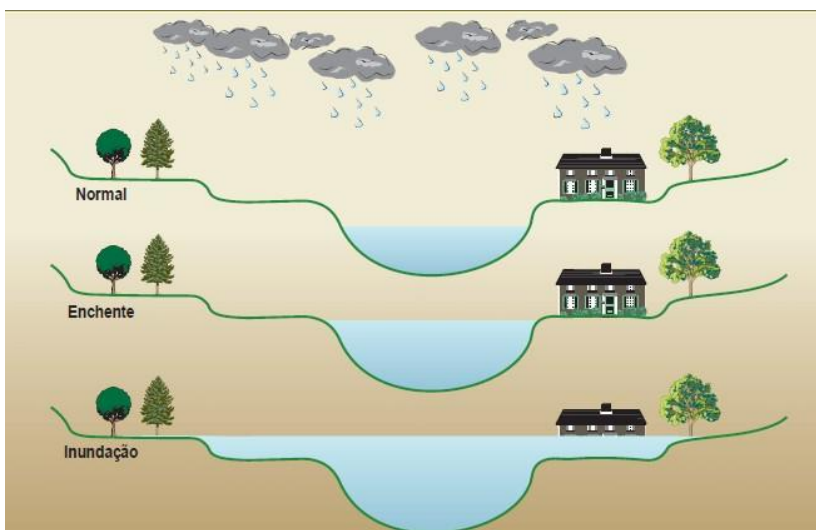
inundações consistem em um dos principais e mais destrutivos fenômenos e ocorrem quando a descarga do rio torna-se elevada e excede a capacidade do canal, extravasando suas margens e alagando as planícies adjacentes. Embora a inundação seja um processo natural as interferências antrópicas no ciclo, causam modificações significativas, como explica Tucci (2003, p.12)

O ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o homem entra dentro deste sistema e se concentra no espaço, produz grandes alterações que modificam dramaticamente este ciclo e trazem consigo impactos significativos (muitas vezes de forma irreversível) no próprio homem e na natureza.

Guerra e Guerra (2011) caracterizam inundação como o mesmo que alagado, e alagado sendo “área inundada logo após a enchente, e que também tem o significado de inundação” (p. 29). Embora os autores utilizem o termo alagado como sinônimo de inundação, estes não o são. Desta forma se faz necessário diferenciar o que são enchentes e inundações para compreender o processo, já que existe uma confusão entre os termos.

Carvalho *et al.* (2007), expõem que as enchentes ou cheias caracterizam-se pela elevação do nível de água no canal de drenagem, em virtude do aumento da vazão chegando a atingir a cota máxima do canal, porém não há extravasamento. Nas inundações há o transbordamento das águas de um curso d’água, atingindo a planície de inundação, também conhecida como área de várzea. Kobiyama e Goerl (2011) explanam de forma bem didática (Figura 5) a diferença entre os fenômenos, relatando que a elevação das águas do rio até a altura de suas margens, contudo, sem transbordar nas áreas adjacentes se trata de uma enchente, e a partir do momento em que as águas transbordam, ocorre uma inundação

Figura 5 - Enchente e Inundação



Fonte: Kobiyama e Goerl, 2011.

Collishonn (2009) complementa explicando que a partir da exposição dos cursos d'água à precipitação pluviométrica, estes têm um aumento do nível de vazão, sendo denominada de enchente, esta cheia na vazão do rio que se caracteriza por ir além do leito vazante e ocupar o leito menor do curso d'água. Eventualmente, estas enchentes podem atingir tal magnitude que superam a capacidade de descarga da calha do curso d'água extravasando suas águas para as áreas marginais ao leito fluvial, sendo este extravasamento denominado de inundação e a área marginal caracteriza-se como leito maior do rio ou planície de inundação.

A autora citada se utiliza da classificação de Christofolletti (1980) quanto aos tipos de leitos fluviais, que caracterizam-se por serem espaços que podem ser ocupados pelo escoamento. Assim, Christofolletti (1980) apresenta, de acordo com o perfil transversal nas planícies de inundação, os tipos de leitos:

a) Leito de vazante: corresponde ao espaço ocupado para o escoamento das águas baixas, e frequentemente serpenteia entre as margens do leito menor acompanhando o talvegue;

b) Leito menor: este é bem delimitado, normalmente encaixado entre as margens bem definidas. O escoamento das águas é bastante frequente e não permite que a vegetação cresça neste local;

c) Leito maior periódico ou sazonal: este regularmente é ocupado pelas cheias com frequência de pelo menos uma vez a cada ano;

d) Leito maior excepcional: neste ocorre as grandes cheias e é submerso em intervalos irregulares, mas nem todos os anos.

Em geral, nas áreas urbanas os tipos de leitos fluviais encontram-se totalmente descaracterizados, pois o curso original fora modificado a partir de obras de canalização, retificação e até mesmo aterramento, e na maior parte das vezes essas áreas são ocupadas com moradias gerando perdas e danos oriundos da inundação, sendo na maioria das vezes impossível de identificar seus leitos fluviais. Assim Oliveira (2004) esclarece que na maior parte dos casos as inundações acontecem quando o leito maior e o maior excepcional são ocupados pela população, pois a ausência de cheias por um determinado período faz com que a população ocupe as áreas rumo às margens fluviais.

No que se refere às interferências antrópicas no ciclo da água Botelho (2011) chama atenção para o papel da água no processo pedogenético, e na recarga do lençol freático e dos aquíferos, e afirma que “[...] nas áreas urbanas este processo praticamente é eliminado, uma vez que há o predomínio do escoamento superficial em detrimento do processo de infiltração” (BOTELHO, 2011, p. 57).

Tucci (2003) diferencia as inundações geradas por uso do solo, como urbanização ou obras hidráulicas, denominando-as de inundações urbanas, assim este classifica as inundações em ribeirinhas e urbanas, sendo as primeiras

[...] quando a precipitação é intensa e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio é superior à sua capacidade de drenagem, ou seja a da sua calha normal, resultam inundações nas áreas ribeirinhas. Os problemas resultantes da inundações dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações (TUCCI, 2003, p. 54)

Quanto às inundações urbanas Tucci (2003) pronuncia que estas ocorrem quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros. O que ocorre constantemente no período chuvoso das grandes e médias cidades brasileiras.

Ferraz (1999) aponta que diante dos processos que ocorrem em áreas urbanas, observa-se que os problemas resultantes relacionam-se de forma mais específica com o aproveitamento dos recursos hídricos, controle de poluição e controle de inundações. Desta forma, o autor mostra a relação de causa e efeito entre urbanização e inundações urbanas, no qual cita como consequência da impermeabilização do solo os maiores picos e vazões. O que segundo Botelho (2011) isto ocorre nas bacias hidrográficas urbanas pois as mesmas são marcadas pela diminuição do tempo de concentração de suas águas e aumento dos picos de cheia quando comparadas às condições naturais.

Este processo se dá pois em áreas urbanas toda a diversidade de caminhos presentes no ciclo hidrológico natural fica reduzido a escoamento e infiltração, com maior participação do escoamento em virtude da quase total ausência de uma cobertura vegetal, pois novos elementos são adicionados pela ação antrópica na paisagem, como os edifícios, pavimentação canalização e retificação dos rios que reduzem a infiltração devido à impermeabilização da área e favorecem o escoamento das águas, que atingem o exultório da bacia de drenagem mais rápido, levando ao aumento da magnitude e da frequência das enchentes nessas áreas (BOTELHO, 2011).

Outro fator presente no meio urbano e responsável pelo aumento dos picos de cheias são os resíduos sólidos depositados na drenagem urbana, e a diminuição de sedimentos ao longo do processo de implementação do sítio urbano, assim Tucci (2003) apresenta três estágios referente a este processo: inicial, intermediário e final.

No primeiro estágio, existe predominância dos sedimentos e pequena produção de lixo, pois enquanto um loteamento é implementado, o solo fica desprotegido; na construção de

grandes áreas ou em lotes, ocorre grande movimentação de terra, que é transportada pelo escoamento superficial. No estágio intermediário, já existe alguma população no local, entretanto ainda há construção de novos locais; desta forma, ainda há produção de sedimentos e a estes se somam a pequena produção de resíduos sólidos. Por fim, no estágio final, há a predominância dos resíduos sólidos, pois quase todas as áreas urbanas estão consolidadas e apenas resulta produção de lixo urbano, com menor parcela de sedimentos de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada.

No que tange à deficiência na rede de esgoto, Tucci (2003b) aponta que a mesma está presente na maior parte das cidades da América do Sul, devido ao crescimento urbano e pouco investimento público no setor. Assim Tucci (2003b, p. 21) afirma:

O desenvolvimento em várias cidades da América do Sul tem sido realizado com moderada cobertura de redes de coleta de esgoto, além de pequena cobertura de tratamento de esgoto. Inicialmente, quando a cidade tem pequena densidade, é utilizada a fossa séptica para disposição do esgoto. A medida que a cidade cresce e o poder público não investe no sistema, o esgoto cloacal das propriedades são ligadas a rede de esgotamento pluvial sem nenhum tratamento. Este escoamento converge para os rios urbanos e o sistema fluvial de jusante gerando os conhecidos impactos na qualidade da água.

Portanto, com o lançamento de resíduos líquidos e sólidos nos rios, há uma degradação da qualidade das águas, contribuindo para o entupimento de bueiros e galerias e dificultando o escoamento das águas e colaborando para maior ocorrência de inundações. Quanto maior magnitude mais danos são causados à população atingida, como as doenças de veiculação hídrica.

Diante do processo de urbanização intenso ocorrido no município de São Luís a partir da implantação de grandes projetos, áreas insalubres como várzeas foram ocupadas pela população de menor renda, assim, quanto maior a população concentrada nessas áreas, maiores serão os prejuízos e danos, e com a impermeabilização dessas áreas por residências, comércios entre outros, serão menos áreas de infiltração e mais áreas de escoamento superficial, ocasionando maiores picos de cheia, e maiores custos para as autoridades públicas, que terão que prestar assistência à população atingida.

Em decorrência desta questão, geralmente ocorre um escoamento concentrado, com alta energia de transporte, podendo estar ou não associado a áreas de domínio dos processos fluviais; o que caracteriza o processo de Enxurradas.

No que tange sobre as inundações, estas podem classificadas em função da magnitude e da tipologia segundo Castro *et al.* (2007):

Quanto à Magnitude, as inundações classificam-se em: inundações excepcionais;

inundações de grande magnitude; inundações normais ou regulares; e inundações de pequena magnitude. Entretanto, o autor supracitado não as caracteriza, somente as classifica.

Quanto à tipologia, Castro *et al.* (2007) classificou as inundações como enchentes ou inundações graduais; enxurradas ou inundações bruscas; alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar.

Assim, enchentes e inundações graduais segundo Castro *et al.* (2007) caracterizam-se pela elevação do nível das águas de forma gradual e previsível, mantendo a situação de cheia durante algum tempo, e depois escoam também de maneira gradual; sendo estas periódicas e cíclicas.

As enxurradas ou inundações bruscas são causadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões com relevo acidentado, distinguindo-se por produzir súbitas e violentas elevações dos caudais, que escoam de forma rápida e intensa. Caracterizados por águas acumuladas no leito do rio e no âmbito urbano por violentas precipitações, nas cidades que possuem um sistema de drenagem com lacunas.

As inundações litorâneas são causadas pela rápida invasão do mar, geralmente tratadas como desastres secundários, pois podem ser provocados por vendavais, ressacas muito intensas, ciclones tropicais etc.

De acordo com a Instrução Normativa n. 1, de 24 de agosto de 2012, que estabelece as normas e especificações da classificação e codificação de desastres, as inundações são classificadas como desastres hidrológicos, entretanto não são classificadas quanto a tipologia, como pode-se observar no quadro 1.

Quadro 1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres hidrológicos

Categoria	Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	COBRADE
1. Natural	2. Hidrológico	1. Inundação	0	0	1.2.1.0.0
		2. Enxurradas	0	0	1.2.2.0.0
		3. Alagamentos	0	0	1.2.3.0.0

Fonte: Costa, 2018e.

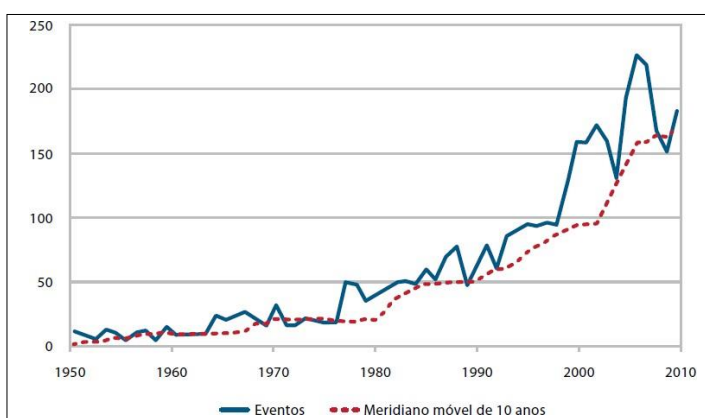
Diante do exposto optou-se neste trabalho de utilizar o termo inundação corresponde aquele empregado por Kobiyama e Goerl (2011) e quanto à tipologia utiliza-se aqui a classificação de Tucci (2003a) que caracteriza as inundações em ribeirinhas e urbanas, sendo a tipologia inundações urbanas, a que foi considerada mais adequada à área objeto de estudo.

2.3.2 Desastres causados por inundações

No pretérito, as inundações eram consideradas benéficas, pois permitiam a chegada do material rico em nutrientes e desejáveis à agricultura das várzeas (CARVALHO *et al.*, 2007). Entretanto, nos últimos 60 anos, fenômenos de inundações têm gerado desastres e são cada vez mais recorrentes no mundo todo. Desta forma, apresenta-se neste item um breve panorama dos desastres causados por inundações no mundo com ênfase para o Brasil, de forma mais detalhada para o Estado do Maranhão em especial o município de São Luís, onde insere-se o alto curso do rio Anil, área objeto de estudo desta pesquisa.

“A ocorrência de inundações é o mais frequente de todos os desastres naturais. Ao longo dos últimos vinte anos, o número de eventos de inundações registrados vem aumentando significativamente” (JHA *et al.*, 2012, p. 17). De acordo com a figura 5, é possível perceber o aumento dos eventos de inundações, que vão crescendo de maneira paulatina até meados de 1970. A partir do final da década de 1970 e início de 1980 ocorre um aumento nos eventos de inundações, o que se pode atribuir ao aumento populacional advindo da revolução agrícola, revolução industrial e revolução na medicina, e revolução tecnológica, o que acarretou em uma concentração populacional maior em áreas impróprias como encostas e margens de rios, como mencionado no capítulo anterior, com crescimento significativo até por volta dos anos de 1990, e posteriormente de forma brusca, até que em 2010 (Figura 6).

Figura 6 - Número de eventos de inundações registrados de 1950 a 2010 no mundo



Fonte: Jha *et al.* (2009) com base em EM-DAT/CRED.

Segundo a BBC Brasil (2003) o Brasil é o país do continente americano com o maior número de pessoas afetadas por Desastres Naturais. Municípios têm situação de emergência ou calamidade pública reconhecida pela União.

Kobiyama e Goerl (2011) ressaltam que no Brasil, de todos os tipos de desastres naturais, as inundações correspondem ao maior número de ocorrências, sendo as principais responsáveis por perdas de vida e danos socioambientais e econômicos. Tucci, Hespanhol e Netto (2001) afirmam que o Brasil perde anualmente valores que superam a marca de 1 bilhão de dólares com as inundações rurais e urbanas. Os desastres associados às inundações estão entre as maiores ocorrências. No período entre 2003 e 2007, dos 1.865 desastres decorrentes de inundações, ventos e granizos notificados pela Defesa Civil, 1.483 (79,5%) estavam associados a inundações (BRASIL, 2009).

No ano de 2014, a partir do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações da Agência Nacional de Águas (ANA), foram identificados 13.948 trechos de rios inundáveis em 2.780 cursos d'água do País, dos quais 4.111 trechos (30%) foram considerados de alta vulnerabilidade a inundações graduais, 6.051 (43%) de média vulnerabilidade a inundações e 3.786 (27%) de baixa propensão a essas ocorrências.

O atlas de vulnerabilidade a inundações - ANA (2014) que caracteriza os trechos com alta, média e baixa vulnerabilidade a inundações, a partir do cruzamento das informações de impacto (Quadro 2) e frequência dos eventos de inundação (Quadro 3), sendo alta vulnerabilidade aquela área com alto impacto e qualquer frequência de inundações ou médio impacto e alta frequência de inundações; e média vulnerabilidade áreas com médio impacto e frequências média e baixa de inundações ou baixo impacto e alta frequência de inundações; e por fim as áreas de baixa vulnerabilidade a inundações que caracterizam-se por apresentarem baixo impacto e frequências média e baixa de inundações (Quadro 4).

Quadro 2 - Impacto das inundações

ALTO	Alto risco de dano à vida humana e danos significativos a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura pública e residências
MÉDIO	Danos razoáveis a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas e residências
BAIXO	Danos localizados

Fonte: ANA, 2014. Adaptado por Costa, 2018e.

Quadro 3 - Frequência das inundações

ALTA	Eventos de inundações graduais observados em um período inferior a cinco anos
MÉDIA	Eventos de inundações graduais observados no intervalo de cinco a dez anos
BAIXA	Há mais de dez anos não são observados eventos de inundação

Fonte: ANA, 2014. Adaptado por Costa, 2018e.

Quadro 4 - Matriz de vulnerabilidade à inundações

Vulnerabilidade	ALTA	Alto impacto e qualquer frequência de inundações
		Médio impacto e alta frequência de inundações
	MÉDIA	Médio impacto e frequências média e baixa de inundações
		Baixo impacto e alta frequência de inundações
	BAIXA	Baixo impacto e frequências média e baixa de inundações

Fonte: ANA, 2014. Adaptado por Costa, 2018e.

De acordo com UFSC/CEPED (2013) observou-se os eventos de inundações bruscas e alagamentos de 1991 a 2010 nas cinco regiões no país. Destas, a Região Sul é a que apresenta maior percentual destes eventos, com 36,57%, seguida da Região Sudeste com 30,07%, e a Região Nordeste em terceiro lugar com 24,58% dos eventos.

De acordo com os percentuais apresentados pela ANA (2014) comparando com os percentuais apresentados pela UFSC/CEPED (2013) a região que apresentou maior proporção de trechos de rios com alta vulnerabilidade à inundação foi a Região Sul (43%), com o mesmo percentual da Região Centro-Oeste. As demais apresentaram menos de 30% dos seus trechos com alta vulnerabilidade a inundações graduais.

No que se refere às inundações graduais de acordo com a UFSC/CEPED (2013), a Região Sudeste é a que apresenta o maior percentual com 31,55%, e em segundo lugar a Região Nordeste apresentando 28,04%, e em terceiro lugar a Região Sul com 22,65% dos eventos de inundações graduais. Em 2014, a ANA (2014) apresentou as regiões Sul e Sudeste identificadas com mais trechos de alta vulnerabilidade a inundações graduais, 2.618 e 1.027, respectivamente.

Em novembro de 2008, a Região Sul, em especial o Estado de Santa Catarina foi atingido por fortes chuvas que “acabaram por deflagrar movimentos de massas nas encostas e

enchentes de proporções alarmantes nas áreas baixas. Dentre os municípios afetados, destacam-se, Blumenau, Ilhota e Itajaí” (BRASIL, 2008). Embora as realidades das regiões Sul e Sudeste sejam bem distintas se comparadas às regiões Norte e Nordeste, e os municípios entre si tenham suas singularidades, é importante apresentar um panorama geral das inundações no país, como forma de identificação e tendo em vista a busca de metodologias mais eficazes.

De maneira geral, analisando a ocorrência de inundações bruscas e alagamentos no Brasil de 1991 a 2010, é possível perceber que os anos de 1997, 2004, 2009 e 2010 foram os que obtiveram os índices pluviométricos mais altos. No ano de 2009 o estado do Maranhão esteve no topo desta lista, e os estados de Alagoas e Pernambuco no ano de 2010. No que se refere à região Norte e Nordeste, segundo notícia do portal Universo Online (UOL), em matéria vinculada no mês de maio de 2009, as notificações das coordenadorias estaduais de defesa civil, indicavam até aquele momento que, desde abril, 40 pessoas haviam morrido em decorrência das chuvas que atingiram os Estados do Norte e Nordeste, além de Santa Catarina. E até aquele momento, tinham sido confirmadas duas mortes em Alagoas e uma no Maranhão.

De acordo com a matéria, os estados do Nordeste onde mortes haviam sido registradas abrangiam os seguintes Estados: Ceará com o maior número de óbitos (12), em segundo lugar o Maranhão (9 óbitos), Bahia (7 óbitos), Alagoas (6 óbitos), Paraíba (2 óbitos), Sergipe (2 óbitos) e Pernambuco (1 óbito). No Nordeste, o Estado do Maranhão era o que tinha o maior número de municípios atingidos (79 municípios), seguido pelo Ceará (78), Piauí (37), Paraíba (27), Rio Grande do Norte (18), Bahia (11), Pernambuco (9), Sergipe (8) e Alagoas (4).

No ano de 2010, os estados de Alagoas e Pernambuco também tiveram inundações bruscas. Em junho de 2010, o estado de Alagoas foi afetado por fortes chuvas. As Ondas de Leste¹⁰ foram responsáveis por estas chuvas que causaram inundações bruscas e no mesmo ano, afetaram a população de Pernambuco que, segundo a avaliação de perdas e danos feita pelo Banco Mundial em parceria com o Governo do Estado de Pernambuco em agosto de 2012, mostraram que, “[...] nos dias 17 a 19 de junho de 2010, 67 municípios da Mata Pernambucana, do Agreste de Pernambuco e da Região Metropolitana do Recife foram atingidos por fortes chuvas durante a que foi considerada a pior temporada chuvosa da década” (PERNAMBUCO, 2011) *apud* (BANCO MUNDIAL, 2012, p.15).

Segundo o Banco Mundial (2012, p.17) sobre a população afetada,

[...] de acordo com a contagem populacional do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de 2007, a área afetada possuía 5.152.154 habitantes, o que significa que mais de 60% da população do estado de Pernambuco (8.486.638) vivia nos municípios atingidos. De acordo com informações da Defesa Civil (Avadans – Relatórios de Avaliação de Danos), 740.001 pessoas foram diretamente afetadas pelo

desastre, o que representa 15% da população da área atingida, ou cerca de 9% da população do estado.

Os estados de Pernambuco e Alagoas de acordo com a ANA (2014) continuam sendo pontos de destaque com relação a trechos inundáveis. O primeiro estado, de acordo com o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações, apresenta em toda sua porção leste a concentração do maior número de trechos altamente vulneráveis. O documento cita como exemplo o rio Una. Quanto ao estado de Alagoas, o riacho Breião e o rio Mundaú foram classificados como sendo de alta vulnerabilidade em praticamente toda sua extensão.

No que se refere ao estado do Maranhão, conforme a UFSC/CEPED (2013), os anos de maior ocorrência de inundações bruscas e alagamentos no Maranhão foram os anos de 1995, 1996 e 2009. O primeiro apresenta 17 registros oficiais, o segundo com 25 e o último com 65 registros oficiais. A precipitação média mensal apresentou índices muito elevados, sendo o mês de março com maior índice, com 510,27 mm; a média anual de 2009 apresentou 2.249,08 mm distribuídos em 141 dias de chuvas. No ano de 2009, 120 municípios maranhenses foram afetados, com o total de 113.044 desalojados, 52.993 desabrigados, e 12 óbitos acumulados (CEDECMA, 2014).

No mês de maio de 2009, a Revista Veja noticiou que já passava de 600.000 o número de pessoas afetadas pelas enchentes no Norte e Nordeste, sendo que,

Os estados mais atingidos pelas fortes chuvas são Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia, Pará e Amazonas. O presidente Luiz Inácio Lula da Silva visitou nesta terça-feira o Maranhão e o Piauí para sobrevoar as áreas mais atingidas. O Maranhão tem 52 cidades em estado de emergência. Após sobrevoá-las ao lado da governadora Roseana Sarney, Lula disse que vai liberar dinheiro para ajudar a região, mas exigiu do governo estadual projetos "muito bem realizados" (REVISTA VEJA, 2009).

Nos anos de 1991 a 2010, o Estado do Maranhão registrou 140 eventos oficiais de inundações bruscas e alagamentos, com 113 municípios atingidos, o que correspondem a 43% de um total de 217 municípios, sendo que os municípios de Timon, Pedreiras, Duque Bacelar e Trizidela do Vale foram os mais atingidos (UFSC/CEPED, 2013).

Segundo a ANA (2014), a partir dos dados apresentados no atlas de vulnerabilidade a inundações, no Estado do Maranhão foram identificados 916 trechos inundáveis de um total de 140 cursos d'água em 174 dos 217 municípios. Do total, 171 (19%) foram considerados de alta vulnerabilidade a inundações graduais; 515 (56%), de média; e 230 (25%), de baixa. Os trechos mais críticos apontados no documento correspondem a quase toda a extensão do rio Parnaíba com trechos inundáveis, grande parte com média vulnerabilidade (375 do total de 467 trechos) e ainda, no rio Tocantins, onde foram identificados 48 trechos altamente vulneráveis, oito de média e um 1 de baixa vulnerabilidade.

Observou-se no documento da ANA (2014) que a área referente à Ilha do Maranhão (São José de Ribamar, Paço do Lumiar, Raposa, e São Luís) o único trecho exposto no mapa corresponde a Bacia do Bacanga, entretanto, o Grupo de Pesquisas - GEOMAP, desde o ano de 2013 vem mapeando áreas de ocorrência de inundações até os dias atuais, e identificou além da bacia do Bacanga, a Bacia do Paciência, do rio da Prata, e Bacia do rio Anil com manchas de inundação. Assim cita-se os estudos locais nos quais se tem conhecimento sobre inundações fluviais na Ilha do Maranhão de Araújo (2014, 2018), Barros (2014, 2015), Barros *et al.* (2017), Costa (2014,2015, 2016), Costa *et al.* (2017), Garrito (2018), Teixeira *et al.*, (2016), Teixeira *et al.* (2017)

Apesar das publicações serem recentes, a capital do estado do Maranhão vem sendo acometida pelas inundações desde muito antes, como mostra a matéria veiculada em janeiro de 1985 pelo jornal “O debate”. Na referida matéria intitulada “Chuvas alagam bairros em São Luís” (Figura 6), o periódico menciona que as fortes chuvas precipitadas durante todo o dia anterior e a madrugada causaram sérios problemas as populações que habitam as áreas mais baixas da cidade. A matéria cita também os bairros Vila Bangú, Sítio do Meio, Avenida Kennedy, Praça Marechal Lott, Lagoa da Jansen, Liberdade, Cohab, Rua Paulo Frontin e Avenida João Pessoa (imediações do Caratatiua). Cabe ressaltar que parte desses bairros pertencem a Bacia do rio Bacanga e a outra a Bacia do rio Anil.

Figura 7 - Manchete “Chuvas alagam bairros de São Luís”



Fonte: O Debate, jan. de 1985.

O ano de 2009 como já mencionado foi um dos anos com índices pluviométricos mais altos. Na época São Luís foi atingida sobremaneira, com vias e imóveis invadidos pela

água, queda de árvores e de muros por toda cidade. Em maio de 2014 o periódico online “Cabeça de Cuia” noticiou que no mês em questão a Prefeitura de São Luís decretou estado de emergência em 41 bairros da capital maranhense. Nessa mesma matéria, o periódico apresenta os bairros atingidos na zona rural e na zona urbana, assim, destes 41 bairros atingidos, 13 estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Anil, e seis deles estão incluídos no alto curso do rio Anil, são estes: João de Deus, Anil, Aurora, São Cristovão, Cohab Sacavém e Vila Lobão.

Collishonn (2014) aponta que moradores são constantemente surpreendidos por inundações em locais inusitados, assim é cotidiano que o senso comum e a imprensa responsabilizem a ocorrência desses fenômenos às mudanças climáticas globais, o que, no entanto deve-se encontrar a resposta no processo de ocupação na área original da rede de drenagem que na maioria das vezes está oculta na trama urbana (COLLISCHONN, 2014).

Neste sentido, Jha *et al.* (2012) afirmam que as áreas urbanas em risco de inundação são particularmente atingidas pelo aumento observado nos impactos da inundação ao redor do mundo e apontam que as consequências de inundações em áreas urbanas são mais severas por conta desse cenário e afirma:

Os impactos das inundações urbanas também são distintos devido à tradicional alta concentração de população e ativos no meio urbano. Isto torna o dano mais intenso e mais oneroso. Assentamentos urbanos também contêm os principais atributos econômicos e sociais e bases de ativos de qualquer população nacional, de modo que a inundação urbana, causando dano e perturbação além do escopo das enchentes reais, frequentemente traz sérias consequências para as sociedades (JHA *et al.*, 2012, p.19).

Diante do cenário apresentado, Hoffmann *et al.* (2014) explicam que quando trata-se de inundações urbanas, deve-se considerar as características ambientais que influenciam no processo, os eventos pluviométricos que podem desencadear as inundações e a vulnerabilidade física do espaço, sendo esta atrelada aos fatores naturais e também aos fatores antrópicos como o uso da terra, que nada mais é do que a forma como os seres humanos habitam determinado espaço.

Kates (1962) intitulado analisou os motivos pelos quais as pessoas habitam áreas sujeitas a inundações em face ao eminente perigo, e observou que a forma como as pessoas percebem o risco é variável e rapidamente enfraquece. O autor *op.cit.* ressalta que após a inundação, normalmente o perigo avaliado pelas vítimas é normalmente demasiado, contudo, assim como nas inundações históricas, quando a evidência da sua extensão é esquecida, o perigo também desaparece da mente das pessoas em um pequeno espaço de tempo.

Para Santos (2014b), “a sociedade só pode ser definida através do espaço, já que o espaço é o resultado da produção, uma decorrência de sua história- mais precisamente, da

história dos processos produtivos impostos ao espaço pela sociedade” (SANTOS, 2014b, p. 68). A partir disto, avaliar os motivos pelos quais pessoas habitam áreas sujeitas a inundações levando em consideração a percepção de perigo, nos parece indispensável, entretanto, se faz necessário entender quais processos atuam na sociedade para que os outros atores e fatores envolvidos sejam percebidos e a análise não se torne genérica, visto que através da compreensão da produção do espaço se consegue fazer uma análise mais abrangente, que abarque as causas que estão ocultas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste item apresentam-se os procedimentos metodológicos que embasam este trabalho, divididos em etapas de gabinete e pesquisa de campo que estão resumidos do fluxograma metodológico (Figura 8). Visto às dificuldades encontradas nesta pesquisa quanto à metodologia, este item objetiva também esclarecer e detalhar a mesma, para que sirva de base para futuras pesquisas que abordam esta temática. Assim expõe-se aqui a pesquisa cartográfica, pesquisa histórica em jornais antigos referentes às notícias de inundações; caracterização geoambiental, procedimentos utilizados para elaboração dos mapas (localização, geologia, unidades de relevo e formas de terreno, solos, drenagem, hipsometria, clinografia, conflito de uso e cobertura da terra, áreas de inundação, perigo, índices de vulnerabilidade, vulnerabilidade e risco); trabalhos de campo e entrevista com a população atingida.

3.1 Etapas de gabinete

Este item consiste nas etapas de elaboração do projeto, pesquisa e interpretação de dados, a saber: levantamento bibliográfico e cartográfico, organização do ambiente de trabalho, caracterização dos aspectos geoambientais da área de estudo, elaboração dos mapas, classificação dos dados nos mapas coropléticos, identificação do Perigo Estimado de Inundações, análise da vulnerabilidade, realização do tratamento estatístico dos dados, análise de risco, e aplicação do Coeficiente de Determinação – R^2 .

3.1.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico

O levantamento bibliográfico se deu a partir da busca em trabalhos, teses, dissertações, monografias, relatórios técnicos e artigos referentes à riscos, espaço geográfico, inundações, histórico de ocupação do município de São Luís e por conseguinte da bacia hidrográfica do rio Anil e caracterização geoambiental da área de estudo.

Quanto ao levantamento cartográfico, o mesmo se deu na busca de mapas, e arquivos do tipo *shapefile* (formato utilizado no *software* ArcGIS) em sites de domínio público que disponibilizam arquivos nesse formato. Assim buscou-se na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Geo portal do Exército Brasileiro, Geonetwork (portal de metadados da Agência Nacional de Águas –

ANA), Atlas Pluviométricos do Brasil no portal do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, e no banco de dados do Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento – GEOMAP. Feito isto adquiriu-se os *shapefiles* referentes ao Brasil, Estado do Maranhão e sedes municipais a partir do banco de dados do IBGE, e quanto aos *shapefiles* referentes a Ilha do Maranhão e a Bacia Hidrográfica do rio Anil, estes foram advindos da base de dados do Grupo de Pesquisa – GEOMAP. Sendo estes arquivos resultado respectivamente da tese de doutorado de Silva (2012); tese de doutorado de Bezerra (2011); relatório técnico de Barros (2015); relatório técnico de Teixeira (2015a). Além disso, procurou-se em arquivos da Secretaria de Planejamento do Estado do Maranhão, mapas antigos que pudessem contribuir para o entendimento do processo de ocupação do Estado do Maranhão com enfoque no Município de São Luís.

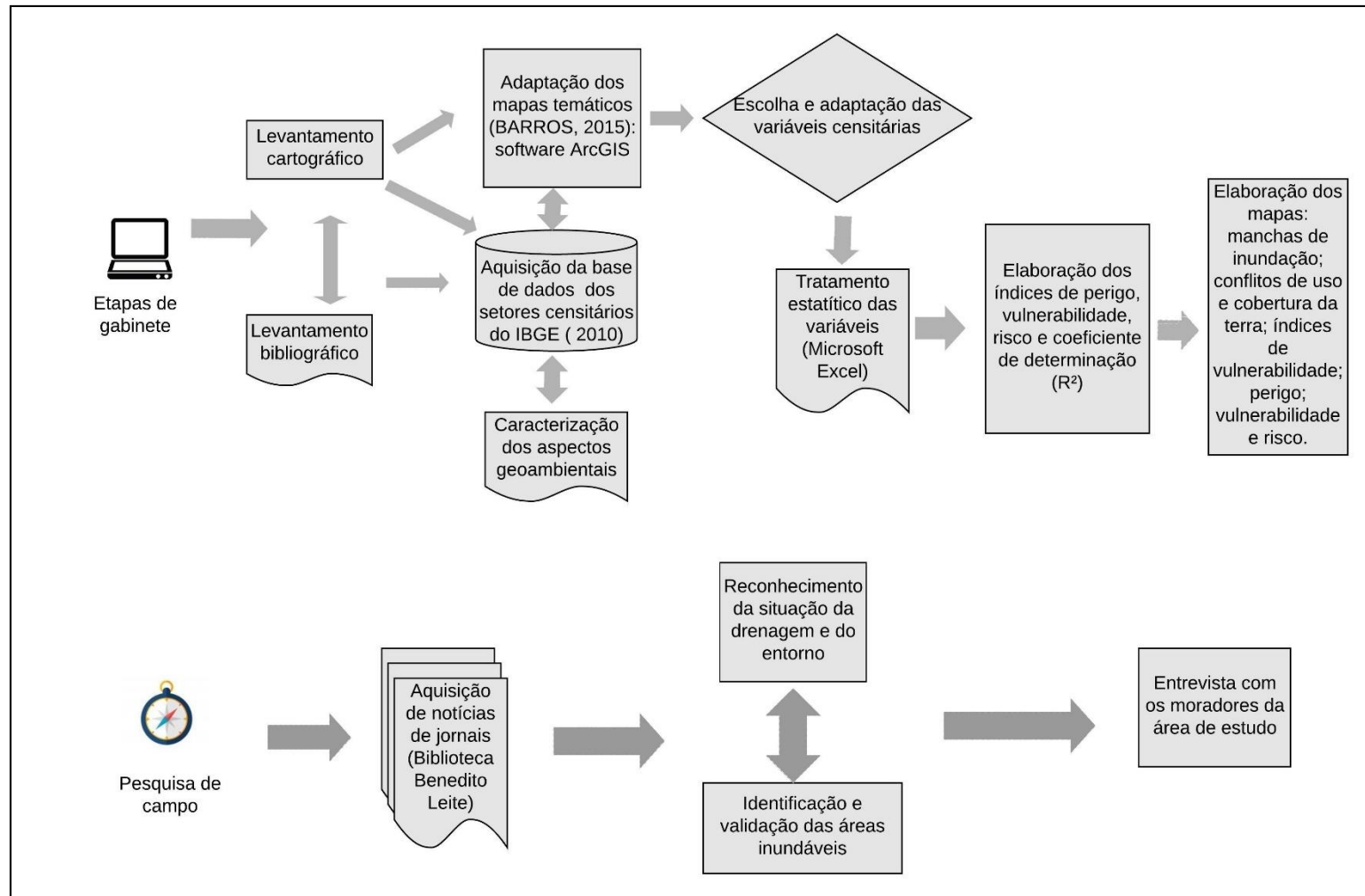
3.1.2 Organização do ambiente de trabalho

Para o mapeamento, processamento e espacialização dos dados referentes ao quadro geoambiental do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, utilizou-se o *software* ArcGIS for Desktop Advanced, versão 10.2, licença EFL999703439.

Utilizaram-se as cartas da DSG/ME- MINTER (Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército), datadas de 1980, folhas 23 e 24, correspondentes ao alto curso da bacia hidrográfica do Anil, na escala de 1:10.000. Uma etapa fundamental da pesquisa foi à aquisição do banco de dados de Silva (2012), no qual há *shapefiles* referentes à geologia, geomorfologia, solos, drenagem e curvas de nível da Ilha do Maranhão, os quais foram utilizados para a confecção dos mapas parciais e que foram atualizados para a etapa final da pesquisa. Vale ressaltar que o banco de dados supracitado encontra-se na escala de 1:60.000, e que os mapas finais encontram-se na escala de 1:10.000, com exceção do mapa de solos.

Os *shapefiles* referentes à drenagem e limite da bacia hidrográfica do Anil foram adquiridos do banco de dados de Bezerra (2011), adaptado por Barros (2015). Para a delimitação dessa área Barros (2015) utilizou como limite entre o alto e médio curso, a curva de nível de cota cinco metros, passando-se o limite exatamente onde a drenagem faz contato direto com a curva. Em relação às curvas de nível, inicialmente utilizou-se as curvas do banco de dados de Silva (2012) para tentar realizar uma comparação com as curvas da carta topográfica 24, uma vez que a visualização desta é muito difícil.

Figura 8 - Fluxograma metodológico resumido



Fonte: Elaborado por Costa, 2018c.

Porém, utilizou-se finalmente as curvas de nível do banco de dados de Barros (2015) e de Silva (2013), na elaboração dos mapas de relevo, clinografia, hipsometria e manchas de inundação.

3.1.3 Caracterização dos aspectos geoambientais da área de estudo

Os aspectos geoambientais do alto curso da bacia hidrográfica do Anil foram caracterizados a partir do estudo da literatura especializada e nos dados extraídos do relatório técnico “Os níveis taxonômicos das unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão” de Barros (2015) e a partir dos trabalhos de campo realizados ao longo da pesquisa. Desta forma, a caracterização refere-se aos aspectos geológicos com unidades de relevo e formas de terreno, drenagem, clima, solos e conflitos de uso e cobertura da terra.

Quanto aos aspectos geológicos a classificação utilizada teve como base Lopes e Teixeira (2013), CPRM (2013) e CPRM (2012). Na caracterização climática utiliza-se Mílen *et al.* (2006), Pinheiro (2015) e INMET (2018b).

No que se refere à caracterização da drenagem, utilizou-se como base Strahler (1952), e a Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007. Para a caracterização geomorfológica optou-se por utilizar a classificação de Silva (2012), adaptado à área de estudo por Barros (2015), visto que é uma escala local com maior detalhamento. Quanto à classificação utilizada para caracterizar os solos da área de estudo tomou-se como base Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA (1998a) adaptado a nova classificação da EMBRAPA (2018).

Para a caracterização de conflitos de uso e cobertura da terra tomou-se como base SEMA (1998b), Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Lei municipal nº 4669, de 11 de outubro de 2006, Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007, Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, com base no Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.

Os referidos mapas estão na escala de 1:10.000 e foram adaptados através do banco de dados Barros (2015) provenientes de Silva (2012) e Bezerra (2011). O mapa de solos está na escala de 1:60.000, pois os dados disponíveis e recentes para a Ilha do Maranhão foram publicados por Silva (2012), com base na publicação da SEMA(1998a), sendo este último na escala de 1:100.000. Desta forma, apenas criou-se um novo layout e adaptou-se as bases descritas.

3.1.4 Elaboração dos mapas

Utilizou-se como base para o mapa de localização os arquivos *shapefiles* da base de dados do IBGE (2010) referente às unidades de federação do Brasil, sedes municipais e limites municipais, este último adaptado para a Ilha do Maranhão por Costa (2018a). Utilizou-se ainda a base de dados de Silva (2012) para a Ilha do Maranhão, e a base de dados de Bezerra (2011) adaptada por Barros (2015) para a bacia hidrográfica do rio Anil e do alto curso da bacia em questão. Além disto, utilizou-se o *shapefiles* do INCID (2006) para a delimitação dos bairros do município de São Luís, com recorte dos bairros do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil por Costa (2018b), assim como a elaboração do layout dos mapas.

Para o mapa de drenagem utilizou-se como base a drenagem de Bezerra (2011) e Silva (2012) adaptada por Barros (2015), e hierarquizou-se os canais fluviais de acordo com Strahler (1952). Quanto os *shapefiles* das Áreas de Influência das Nascentes do Rio Jaguarema, baseou-se nas coordenadas geográficas da Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007, delimitando a partir destes as áreas de influência.

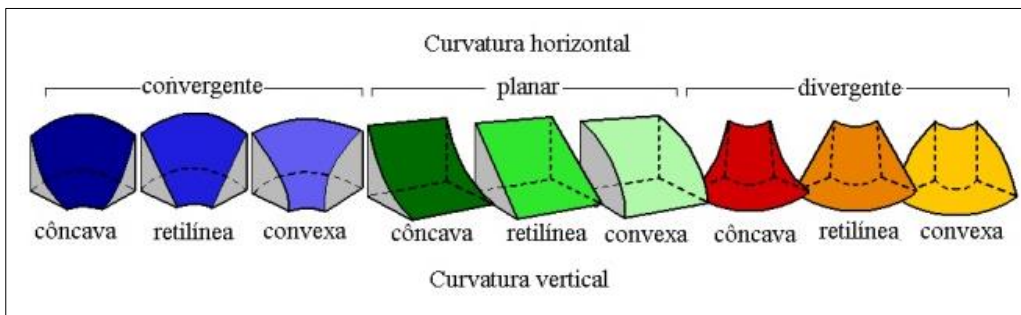
No que se refere ao mapa de unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil foi classificado com base no Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão de Silva (2012).

Quanto às formas de terreno estas foram obtidas a partir das curvas de nível, com a criação de um TIN, “Triangular Irregular Network”, uma estrutura de grade triangular do tipo vetorial que apresenta topologia do tipo nó-arco que possibilita a representação de uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Cada um dos três vértices da face triangular armazena informações sobre a localização (x, y) e sobre os valores de altitude/elevação correspondente ao eixo z (COELHO, 2007).

Após isto, o mesmo foi transformado para o formato *raster*. Após a transformação, o *raster* foi transformado para um formato estatístico denominado de CIR5ELEV que representa a forma e a elevação. Logo após, criou-se a curvatura em perfil e em plano, e obteve-se como resultado três arquivos, o de curvatura, curvatura em plano e curvatura em perfil. Através do cruzamento destes três arquivos, obteve-se os 9 (nove) tipos de formas de terreno (vertentes). Os arquivos gerados de curvatura plana e curvatura em perfil passaram por um processo de reclassificação. Seguidamente, somaram-se estes dois últimos arquivos gerados e realizou-se o processo de classificação de vertentes com base na combinação de cores (Figura 9) proposta por Valeriano et al. (2008), que por sua vez utilizou o modelo proposto por Dikau (1990) que combinou as curvaturas para caracterizar as formas de terreno (Figura 10).

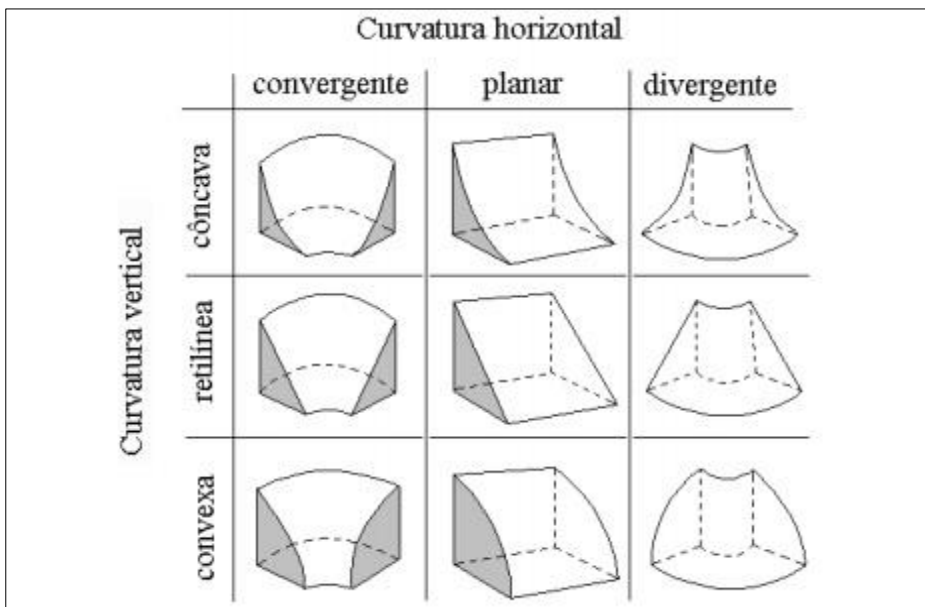
Para a criação do mapa hipsométrico e clinográfico foi gerado um “TIN”, isto é, “Triangular Irregular Network”, a partir das curvas de nível da bacia hidrográfica do Anil, sendo estas de 5 em 5 metros. Após a criação do “TIN” foi realizado o recorte da área de estudo, pois foi utilizado as curvas de nível de toda a bacia do Anil. Foram estabelecidas então as classes de altimetria que mais se adequaram à área de estudo em questão, sendo o número de classes 10, e a definição dos intervalos foi determinada de 5 em 5 metros.

Figura 9 - Legenda de cores da paleta FT para representação das formas de terreno



Fonte: Valeriano, 2008.

Figura 10 - Combinação das curvaturas para caracterização das formas de terreno



Fonte: Adaptada por Valeriano (2008) de Dikau (1990).

Desta forma utilizou-se o sistema de graduação de cores do vermelho ao verde, onde o vermelho mais escuro representa as maiores altitudes, cuja tonalidade vai clareando conforme diminuem as altitudes; o amarelo representa médias altitudes e o verde, as baixas altitudes (planícies). Para a classificação do mapa clinográfico utilizou-se Florenzano (2008)

adaptada para a Lei Federal 6.766/79 (BRASIL, 1979). Tendo em vista que a área de estudo é muito plana, algumas adaptações foram necessárias, desta forma estabeleceu-se as classes de declive predominantes na área de interesse e seccionou-se os intervalos de 0% – 2%, 2% – 6%, 6% – 12%, 12% – 20%, 20% – 30%, > 30%, com base IPT (1981 *apud* MOREIRA; PIRES NETO 1998). Quanto às cores utilizou-se o círculo psicrométrico variando do marrom escuro ao amarelo, sendo as classes com maiores declividades em marrom escuro e as de menor declividade em amarelo mais claro.

Com relação ao mapa de solos, tendo em vista que a área encontra-se muito urbanizada, e não foi possível realizar os trabalhos de campo necessários para a identificação das classes de solos, optou-se por não apresentar o mapa de solos, apenas a caracterização das classes de solos de acordo com a classificação da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018). No tocante a elaboração do mapa de conflitos de uso da terra utilizou-se a imagem de satélite Landsat 8 do instrumento imageador Operacional Terra Imager (OLI), de 27 de julho de 2017, adquirida pelo portal earthexplorer.usgs.gov. As imagens Landsat-8 são orientadas ao norte verdadeiro, desta forma foi necessário reprojeta-las para a cena Landsat-8 na Projeção/Datum WGS1984 UTM Zone 23S. Após este processo realizou-se a composição colorida RGB 6-5-4 das bandas multiespectrais de 30 metros, e depois, foi feita a fusão com a banda PAN (tons de cinza) de 15 metros de resolução espacial. Desta forma, a resolução espacial final obtida foi de 15 metros.

Depois do tratamento da imagem iniciou-se o processo de classificação supervisionada da imagem a partir das classes de uso e cobertura da terra conforme a SEMA (1998b). O processo de classificação de imagem faz conversão de imagens *raster* multi-banda em um *raster* de banda única com várias classes categóricas que se relacionam com diferentes tipos de uso e cobertura de terra. Neste método uma imagem é classificada usando assinaturas espectrais, ou seja, valores de reflectância dos alvos, obtidos a partir de amostras de treinamento, que correspondem aos polígonos que representam áreas de amostra distintas dos diferentes tipos de cobertura de terra a serem classificadas de acordo com as necessidades do analista (FOREST-GIS, 2017).

As cores das classes utilizadas seguem o padrão RGB conforme o IBGE (2013). Assim adaptou-se as classes utilizadas pelo documento em questão, às classes de uso e cobertura da terra utilizadas para a classificação da área de estudo conforme SEMA (1998b), o que resultou na seguinte correspondência: o padrão de cores utilizado para área urbanizada e para classe florestal pelo IBGE (2013) foi empregado para área urbanizada/área de ocupação e floresta secundária mista/mata galeria de SEMA (1998b) na área de estudo.

Para a delimitação das áreas de preservação permanente estas foram dispostas conforme a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e para Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE, as áreas de influência das nascentes do rio Jaguarema, utilizou-se a Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007 e as coordenadas obtidas em trabalho de campo para inserção da localização do aterro de lixo irregular.

No que corresponde ao mapa de manchas de inundação após a importação dos polígonos das áreas inundáveis para *shapefiles* no *software* ArcGIS, designou-se um número a cada área de inundação fazendo correspondência no texto do número ao nome da mancha de inundação que referiu-se a rua mais atingida. Inseriu-se também as curvas de níveis, com o propósito de observar as cotas de inundação e depois o arquivo em formato *shapefile* das áreas suscetíveis à inundação mapeadas pelo CPRM (2014), tendo em vista comparar as áreas encontradas nesta pesquisa com aquelas, e por fim inseriu-se as fotografias das áreas inundáveis no mapa.

A respeito do mapa de perigo, a delimitação das áreas inundáveis, de acordo com a Lei Ordinária 4.669, de 11 de outubro de 2006 que dispõe sobre o plano diretor do município de São Luís, no artigo 28, que define as Áreas de Proteção Integral a partir da legislação federal como Áreas de Preservação Permanente ou como Unidades de Proteção Integral, o §3º deste artigo, estabelece para efeito desta Lei à cota de 05 m, como linha de preamar, abrangendo as áreas identificadas como inundáveis. Entretanto a partir dos trabalhos de campo, e identificação das áreas de ocorrência de inundações foi possível constatar sete manchas de inundação no alto curso do rio Anil, sendo que seis destas atingem a cota altimétrica de 15m e uma mancha atingindo a cota altimétrica de 30 m.

Por isto, tendo em vista que este estudo visa servir de subsídio para o gerenciamento de áreas inundáveis, determinou-se como áreas inundáveis aquelas situadas até a cota altimétrica de 30 metros, na área de estudo, visto que em se tratando de riscos é melhor superestimar do que subestimar. Assim delimitou-se o polígono das áreas de perigo à inundações, a partir das cotas altimétricas nas cartas DSG/ME- MINTER (Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército), datadas de 1980, correspondentes ao alto curso da bacia hidrográfica do Anil, na escala de 1:10.000, e a partir disto calculou-se as áreas inundáveis de cada setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, considerando como áreas inundáveis aquelas até 30m. A partir disto determinou-se o perigo estimado (PE).

Em seguida, no que se refere à escolha das cores no mapa coroplético, optou-se por utilizar escala de cinza, e quanto ao número de classes utilizou-se 4 classes tendo em vista a metodologia de Goerl *et al.* (2012), que divide o perigo em baixo/nulo, médio, alto e muito alto.

E no que se refere ao método de classificação dos dados no *software ArcGIS*, escolheu-se o Quantil, que será explicado em outro item mais a frente. Quanto aos números utilizados no mapa para identificar os setores censitários, estes foram gerados automaticamente pela identificação do *software ArcGIS* correspondendo a cada setor censitário. Optou-se por utilizar este número visto que o código do setor censitário (geocódigo) é composto por 15 números, o que seria inviável na visualização do mapa.

3.1.5 Classificação dos dados nos mapas coropléticos (Quantil)

Segundo Dent *et al.* (2009 apud RAMOS *et al.* 2016) vários métodos podem ser utilizados no processo de classificação de dados para a produção de mapas coropléticos, dentre os quais se destacam: Intervalo igual, Quantil, Desvio padrão e Otimização de Jenks. De acordo com Slocum *et al.* (2009 apud RAMOS *et al.* 2016) explicam que tais métodos podem ser divididos em duas categorias: a que leva em consideração a distribuição natural dos dados ao definir os intervalos das classes (Desvio padrão e Otimização de Jenks), e a categoria que não considera a semelhança entre as observações ao realizar a classificação do conjunto (Intervalo igual e Quantil). Ambas as categorias de métodos estão implementadas nas principais plataformas de Sistema de Informação Geográfica (SIG), tais como ESRI ArcGIS, MapInfo, Quantum GIS e gvSIG.

Nesta pesquisa utilizou-se o *software ArcGIS* desenvolvido pela ESRI, na qual define o Quantil como o método que fornece classes com o mesmo número de feições. Valeriano (2014) explica que o método do quantil chamado por ele de quartis, consiste em agrupar os dados com quantidades iguais de registros.

Com esse instrumento analisamos onde e quanto e onde estão os valores mais próximos da mediana, os valores mais baixos, e os mais altos.

O autor *op.cit.* enfatiza que os quartis nos permitem ter conjuntos com uma distribuição de observações mais equilibrado além de poder identificar imediatamente qual a posição de cada observação em relação ao todo. Se o valor associado a uma observação é mais central ou se está nos extremos, deixando em evidência. Slocum *et al.* (2009) e Dent *et al.* (2009) entre outros apontam esse método como muito apropriado para fenômenos contínuos, como tipos de solos e distribuição de temperaturas, entretanto, Valeriano (2014) afirma que o método do quartil nos permite observar os 10, 20, 30% mais críticos num primeiro olhar, o que é primordial quando se trata de riscos, por isto nesta pesquisa utilizou-se o método Quantil nos

mapas coropléticos de perigo, variáveis de vulnerabilidade, vulnerabilidade e risco.

3.1.6 Identificação do Perigo Estimado de Inundações

Utiliza-se nesta pesquisa a metodologia de Goerl *et al.* (2012) que tem como base o Perigo Estimado (PE) a partir das áreas inundáveis de cada setor censitário e a área total do setor censitário, assim:

$$PE = AI/AE \quad (1)$$

Onde *AI* é a área do setor inundada e *AT* a área total do setor. Cabe ressaltar que para o cálculo de área utilizou-se o software ArcGIS. Depois importou-se a tabela de atributos desse *shapefile* para o Excel, tendo em vista escalonar os valores de 0 a 1 e depois importou-se novamente para o ArcGIS, classificou-se pelo método quantil, em quatro classes, na escala de cinza, do cinza escuro ao cinza claro, onde este último corresponde ao perigo baixo, e o cinza escuro ao perigo muito alto, e os tons intermediários a médio e alto perigo.

3.1.7 Análise da vulnerabilidade

Goerl *et al.* (2012) enfatizam a grande importância de se estimar a vulnerabilidade para a análise e mapeamento de risco, desta forma com base na metodologia do autor op. cit. utilizou-se as características socioeconômicas a partir das variáveis censitárias do Censo 2010.

Primeiramente foi necessário fazer o download do documento base “Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário” e das planilhas de agregados por setores censitários em formato.xls referentes ao estado do Maranhão. Tanto o documento base quanto os arquivos em formato.xls foram obtidos através do site do IBGE acessando a guia Estatística> Download> Censos> Censo Demográfico 2010> Resultados do Universo> Agregados por setores censitários. Onde fez-se o download do arquivo base denominado de “Documentação Agregado dos Setores” e das planilhas correspondentes ao estado do Maranhão, denominadas pela sigla MA.

De posse destes arquivos optou-se por escolher as variáveis, censitárias necessárias para a análise, estas foram escolhidas com base na metodologia de Goerl *et al.* (2012) que consideram estas representativas dos três principais campos que compõem a vulnerabilidade (demografia, educação e economia) e acrescentou-se a variável relacionada ao descarte de

resíduos sólidos, visto que estes contribuem para o agravamento dos eventos de inundação no local. Para isto compilou-se algumas variáveis censitárias para a criação das variáveis de vulnerabilidade, (Figura 11) assim desta compilação teve-se como fim sete (7) variáveis de vulnerabilidade, são estas: população total do setor censitário, média de moradores por setor censitário, densidade demográfica, domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago, pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade por setor censitário, pessoas responsáveis por domicílio com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo (%), e população de 0 a 11 anos e de 66 a mais de 100 anos.

Quanto aos aspectos da coleta, estes correspondem os dados do Censo Demográfico 2010 coletados de 1º de agosto a 30 de outubro de 2010, e abrangeu as pessoas residentes, na data de referência, em domicílios do Território Nacional.

O IBGE (2011) utiliza alguns conceitos e definições para determinar as variáveis censitárias, visto as utilizadas nesta pesquisa elenca-se:

- Domicílio: é o local estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas, ou que esteja sendo utilizado como tal. Os critérios essenciais desta definição são os de separação e independência. A separação fica caracterizada quando o local de habitação for limitado por paredes, muros ou cercas e coberto por um teto, permitindo a uma ou mais pessoas, que nele habitam isolar-se das demais, com a finalidade de dormir, preparar e/ou consumir seus alimentos e proteger-se do meio ambiente, arcando, total ou parcialmente, com suas despesas de alimentação ou moradia. A independência fica caracterizada quando o local de habitação tem acesso direto, permitindo a seus moradores entrar e sair sem necessidade de passar por locais de moradia de outras pessoas.

- Morador: Considerou-se como moradora a pessoa que tinha o domicílio como local habitual de residência e que, na data de referência, estava presente ou ausente por período não superior a 12 meses em relação àquela data.

- Destino do lixo: o destino do lixo proveniente do domicílio particular permanente.

- Jogado em terreno baldio ou logradouro - quando o lixo do domicílio era jogado em terreno baldio ou logradouro público.

- Pessoa responsável pelo domicílio - para a pessoa (homem ou mulher), de 10 anos ou mais de idade, reconhecida pelos moradores como responsável pela unidade domiciliar.

- Idade: a investigação foi feita por meio da pesquisa do mês e ano de nascimento.

Figura 11 - Variáveis de vulnerabilidade

Variáveis censitárias		Variáveis de vulnerabilidade
Arquivo Básico (planilha Básico_MA.xls)	V002 Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes	População total do setor
	V003 Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes (obtida pela divisão d Var2 por Var1)	Média de moradores por residência
	V002 Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes/pela área de cada setor censitário	Densidade demográfica
Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01_MA.xls)	V040 Domicílios particulares permanente com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro V041 Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em rio, lago ou mar	Domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago
Arquivo Alfabetização, total(planilha Pessoa01_MA.xls)	V001 Pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade	Pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade por setor censitário
Arquivo Renda da Pessoa Responsável(planilha ResponsavelRenda_MA.xls)	V001 Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 1/2 salário mínimo; V002 Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 a 1 salário mínimo; V010 Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal	% pessoas responsáveis por domicílio com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo
Arquivo Responsável pelo domicílio, total e homens (planilhaResponsavel02_MA.xls)	V001 Pessoas responsáveis	
Arquivo Idade total (planilha Pessoa13_MA.xls)	V001 Pessoas residentes em domicílios particulares e domicílios coletivos ;V022 Pessoas com menos de 1 ano de idade ; V023 Pessoas com menos de 1 mês de idade; V024 Pessoas com 1 mês de idade; V025 Pessoas com 2 meses de idade; V026 Pessoas com 3 meses de idade; V027 Pessoas com 4 meses de idade; V028 Pessoas com 5 meses de idade; V029 Pessoas com 6 meses de idade; V030 Pessoas com 7 meses de idade; V031 Pessoas com 8 meses de idade; V032 Pessoas com 9 meses de idade; V033 Pessoas com 10 meses de idade; V034 Pessoas com 11 meses de idade; V035 Pessoas de 1 ano de idade; V036 Pessoas com 2 anos de idade; V037 Pessoas com 3 anos de idade; V038 Pessoas com 4 anos de idade; V039 Pessoas com 5 anos de idade; V040 Pessoas com 6 anos de idade; V041 Pessoas com 7 anos de idade; V042 Pessoas com 8 anos de idade; V043 Pessoas com 9 anos de idade; V044 Pessoas com 10 anos de idade; V045 Pessoas com 11 anos de idade; V099 Pessoas com 65 anos de idade; V100 Pessoas com 66 anos de idade; V101 Pessoas com 67 anos de idade; V102 Pessoas com 68 anos de idade; V103 Pessoas com 69 anos de idade; V104 Pessoas com 70 anos de idade; V105 Pessoas com 71 anos de idade; V106 Pessoas com 72 anos de idade; V107 Pessoas com 73 anos de idade; V108 Pessoas com 74 anos de idade; V109 Pessoas com 75 anos de idade; V110 Pessoas com 76 anos de idade; V111 Pessoas com 77 anos de idade;V112 Pessoas com 78 anos de idade; V113 Pessoas com 79 anos de idade; V114 Pessoas com 80 anos de idade; V115 Pessoas com 81 anos de idade; V116 Pessoas com 82 anos de idade; V117 Pessoas com 83 anos de idade; V118 Pessoas com 84 anos de idade; V119 Pessoas com 85 anos de idade; V120 Pessoas com 86 anos de idade; V121 Pessoas com 87 anos de idade; V122 Pessoas com 88 anos de idade; V123 Pessoas com 89 anos de idade; V124 Pessoas com 90 anos de idade; V125 Pessoas com 91 anos de idade; V126 Pessoas com 92 anos de idade; V127 Pessoas com 93 anos de idade; V128 Pessoas com 94 anos de idade ; V129 Pessoas com 95 anos de idade; V130 Pessoas com 96 anos de idade; V131 Pessoas com 97 anos de idade; V132 Pessoas com 98 anos de idade; V133 Pessoas com 99 anos de idade ;V134 Pessoas com 100 anos ou mais de idade.	População de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos

Fonte: Costa, 2018e.

- Para as pessoas que não sabiam o mês e o ano de nascimento, foi investigada a idade em 31 de julho de 2010 em anos completos ou em meses completos para as crianças com menos de 1 ano. A idade foi calculada em relação à data de referência.

- Alfabetização: considerou-se como alfabetizada a pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhecesse. Foi considerada analfabeta a pessoa que aprendeu a ler e escrever, mas que esqueceu devido a ter passado por um processo de alfabetização que não se consolidou e a que apenas assinava o próprio nome.

No que se refere à variável população de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos, Goerl *et al.* (2012) justifica a utilização desta variável na metodologia considerando que o Estatuto da Criança e do Adolescente considera as pessoas abaixo de 12 anos como crianças, sendo totalmente dependentes perante a lei e sociedade, e de seus pais ou responsáveis. No que se refere ao limiar de 65 anos, este foi utilizado, pois a partir dessa idade segundo a Organização Mundial de Saúde as pessoas são consideradas idosas. Quanto as demais variáveis estas se referem às características sociais que refletem a vulnerabilidade sendo estas relacionadas à educação, renda e econômicas.

3.1.8 Realização do tratamento estatístico dos dados

Após a aquisição e escolha das variáveis censitárias a serem utilizadas, estes dados passaram por tratamentos estatísticos no Excel, antes da importação para a tabela de atributos do software ArcGIS. No caso das variáveis que não foram obtidas por meio de compilação (número de pessoas alfabetizadas por setor, população total do setor, média de moradores por residência e densidade demográfica) foi necessário apenas escalonar as unidades de 0 a 1, no caso da variável densidade demográfica foi necessário primeiramente dividir o número de moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes, pela área de cada setor censitário.

Quanto ao escalonamento, o número 0 corresponde ao valor mínimo e o número 1 ao valor máximo, desta forma utilizou-se a seguinte equação para escalonar os valores:

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

No que se refere às variáveis domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago, população de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos, pessoas

responsáveis por domicílio com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo (%), além do escalonamento foi necessário também realizar a ponderação desses dados, visto que agregou-se várias variáveis cujo valor total teria que resultar em 100%, desta forma considera-se o número de variáveis agregadas e divide-se 100 pelo total de variáveis.

Exemplo de ponderação:

$$\begin{aligned}
 100 / 2 &= 50 \\
 50/100 &= 0,5 \\
 N * 0,5 &
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

A partir do exemplo dado, os valores escalonados (N) devem ser multiplicados por 0,5, obtendo-se assim o valor final.

Deve-se esclarecer que para a variável domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago, foi necessário fazer o somatório da variável (domicílios particulares permanente com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro) + (domicílios particulares permanentes com lixo jogado em rio, lago ou mar), após isto escalonou-se os valores de 0 a 1 e depois ponderou-se os mesmos.

Quanto ao tratamento da variável população de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos, inicialmente somou-se as variáveis (V022 a V045 + V099 a V134) do Arquivo Idade total - planilha Pessoa13_MA.xls, para cada setor censitário, em seguida diminuiu-se da população total do setor (V001). Após isto escalonou-se os valores de 0 a 1 e depois ponderou-se os mesmos.

Em relação à variável pessoas responsáveis por domicílio com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo (%), foi necessário somar as variáveis pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 1/2 salário mínimo com a variável pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 a 1 salário mínimo e a variável pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal.

Posteriormente, dividiu-se o total das três variáveis somadas pela variável pessoas responsáveis. Em seguida escalonou-se os valores de 0 a 1 e depois ponderou-se os mesmos e transformou-se estes valores para porcentagem.

Alicerçado nestas sete (7) variáveis construiu-se o Índice de Vulnerabilidade (IV):

$$IV = \frac{Ps+Mm+Dd+Dl+Pa+Pr + P100}{IDHM}
 \tag{4}$$

Onde P_s é a População total do setor, M_m é a Média de moradores por residência, D_d é a Densidade demográfica, D_l é Domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago, P_a corresponde a Pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade por setor censitário, P_r é pessoas responsáveis por domicílio com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo (%), P_{100} é a População de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos e $IDHM$ é o índice de Desenvolvimento Humano do Município.

Segundo PNUD (2018) o IDHM é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano. Os três componentes acima são agrupados por meio da média geométrica, resultando no IDHM.

Goerl *et al.* (2012) justificam a utilização do IDHM como indicador da capacidade de suporte/resposta ou de preparo do município e consideram a vulnerabilidade inversamente proporcional capacidade de suporte/resposta ou de preparo do local, neste caso o recorte espacial do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil inserido no município de São Luís.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) - São Luís é 0,768, em 2010, o que situa esse município na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). A dimensão que mais contribui para o IDHM do município é Longevidade, com índice de 0,813, seguida de Educação, com índice de 0,752, e de Renda, com índice de 0,741 (PNUD, IPEA, FJP, 2018). Visto que o IDHM varia de 0 a 1, optou-se por escalonar as variáveis de vulnerabilidade elencadas anteriormente, tendo em vista uniformizar as unidades. De posse de todos os dados das variáveis de vulnerabilidade tratados (população total do setor censitário, média de moradores por setor censitário, densidade demográfica, domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago, pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade por setor censitário, pessoas responsáveis por domicílio com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo (%), e população de 0 a 11 anos e de 66 a mais de 100 anos) cada planilha no formato (.xls) foram importadas com seus respectivos dados correspondentes aos setores censitários da área de estudo para a tabela de atributos do ArcGIS, onde cada uma das variáveis teve como resultado um mapa em escala de cinza utilizando o método de classificação quantile, como já explicado anteriormente

Para a geração do mapa de vulnerabilidade a partir do Índice de Vulnerabilidade (IV) cuja equação foi apresentada anteriormente, importou-se a planilha no formato (.xls) do Excel para a tabela de atributos dos respectivos setores censitários da área de estudo no software ArcGIS. Após isto, utilizou-se o método de classificação de mapas coropléticos quantile, no

software citado, e optou-se por utilizar escala de cinza para classificação visual dos níveis de vulnerabilidade. Esta variação de tons de cinza classifica a vulnerabilidade muito alta em cinza escuro e a vulnerabilidade baixa de cinza claro, e os tons intermediários de cinza classificam a média e alta vulnerabilidade.

3.1.9 Análise de risco

Tendo em vista a metodologia considerada, onde o risco é uma função do perigo e da vulnerabilidade, e o perigo foi determinado pelo Perigo Estimado (PE) e a vulnerabilidade pelo Índice de vulnerabilidade (IV), obteve-se o índice de Risco para cada setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil a partir da relação entre estes parâmetros, conforme a fórmula abaixo:

$$IR = IV \cdot PE \quad (5)$$

Desta forma aplicou-se esta fórmula nos dados em formato.xls no Excel e importou-se para tabela de atributos do *shapefile* correspondente aos setores censitários da área de estudo no software ArcGIS, classificou-se pelo método quantil em quatro classes, e escala de cinza, do cinza escuro ao cinza claro, onde este último corresponde ao risco baixo, e o cinza escuro ao risco muito alto, e os tons intermediários a médio e alto risco.

3.1.10 Aplicação do Coeficiente de Determinação - R²

Tendo em vista que o modelo utilizado nesta pesquisa com base em Goerl *et al.* (2012) utiliza variáveis para gerar o índice de vulnerabilidade, perigo e risco, o que caracteriza como análise de regressão, esta por sua vez conforme Ribeiro (2007?) possibilita desenvolver um modelo para prever valores de uma variável numérica com base em valores de outras variáveis. Na regressão a variável que se deseja prever é chamada variável dependente. As variáveis utilizadas para fazer a previsão são chamadas variáveis independentes.

Assim como forma de checar o modelo utilizado se fez necessária a utilização do coeficiente de determinação R², “que é uma medida que informa a qualidade do modelo e é numericamente igual ao quadrado do coeficiente de correlação de Pearson. Quanto mais próximo de 1 melhor é o modelo” (RIBEIRO, 2007?, p.17).

Desta forma aplicou-se o coeficiente de determinação R² entre perigo e risco,

vulnerabilidade e risco e entre perigo e vulnerabilidade. De acordo com Guimarães (2013) o melhor método de examinar os dados no que se refere à ocorrência de tendências lineares ou não, agrupamentos de uma ou mais variáveis, mudanças de espalhamento de uma variável em relação à outra e verificar a ocorrência dos valores discrepantes é utilizando os diagramas de dispersão. Desta forma utilizou-se os gráficos de diagramas de dispersão para a geração do coeficiente de determinação R^2 , gerados automaticamente através do Microsoft Excel. Assim selecionou-se na planilha (.xls) as variáveis para comparação e utilizou-se a opção inserir> gráficos>dispersão, no qual gerou-se sete gráficos referentes referentes a determinação entre vulnerabilidade e perigo, risco e vulnerabilidade e risco e perigo.

3.2 Pesquisa de campo

As etapas de campo apresentadas a seguir, tiveram como finalidade observar, descrever e identificar os fenômenos estudados, e obter informações e confrontar com o resultado. Desta forma tem-se as seguintes etapas: pesquisa em jornais, realização de trabalhos de campo, realização de entrevistas, e identificação e delimitação das áreas inundáveis.

3.2.1 Pesquisa em jornais

Esta etapa se deu a partir de visitas à sessão de obras raras da Biblioteca Pública Benedito Leite, sendo esta a mais antiga da capital. Desta forma foram realizadas duas visitas a esta biblioteca tendo em vista buscar notícias de jornais antigos que pudessem conter manchetes referentes a inundações e alagamentos, visto que no senso comum estes são sinônimos, assim como matérias sobre chuvas intensas além do processo de ocupação do município de São Luís, principalmente dos bairros referentes a bacia do rio Anil. Assim foram feitos os levantamentos com a ajuda dos membros do Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento - GEOMAP, dos jornais “O Estado do Maranhão” do ano de 1980, Jornal “O Debate” dos meses de janeiro de 1984, 1985 e 1986 e do mês de maio de 1983, quanto ao jornal “Diário do Norte” foram levantados os meses de março e abril de 1986 e por fim do jornal “O Imparcial” de julho a dezembro de 1960, e do mês de abril de 2009.

3.2.2 Realização de trabalhos de campo

Os trabalhos de campo se deram a partir do mês de outubro de 2016 para

reconhecimento da área de estudo e identificação de áreas atingidas. Os trabalhos de campo subsequentes se deram a partir do mês de agosto de 2017 e se estenderam até abril de 2018. Buscou-se nos campos identificar a situação dos canais fluviais, identificar as áreas de ocorrência de inundações, bem como realizar entrevistas com os moradores atingidos pelos eventos de inundações e com os moradores mais antigos que pudessem fornecer informações quanto ao processo de ocupação, características dos cursos fluviais anteriores a consolidação da urbanização e auxílio na delimitação das manchas de inundação.

3.2.3 Realização de entrevistas

Através da coleta de dados se obtém as informações necessárias para o avanço da pesquisa. Neste sentido optou-se pela utilização de entrevistas como instrumento de coleta, tendo em vista que pode ser utilizada com a população alfabetizada e não alfabetizada; a flexibilidade de reformular; obter dados que não constam em documentos; e a possibilidade de obter informações mais precisas, tendo em vista que estes vivenciam o fenômeno. O objetivo das entrevistas foi auxiliar na identificação das áreas de inundação, características do fenômeno e afetação das pessoas. Desta forma, foram realizadas oito entrevistas com os moradores, residentes nas áreas atingidas pelos eventos de inundações, sendo estas efetuadas no período seco e no período chuvoso. O roteiro de entrevista é composto por oito perguntas adaptado de Boulomytis et al. (2015), destas, três referem-se a ocorrência de inundações, altura da água, objetos perdidos e afins, as outras indagações reportam-se ao saneamento básico, doenças relacionadas à água e quanto a percepção do risco (Apêndice A).

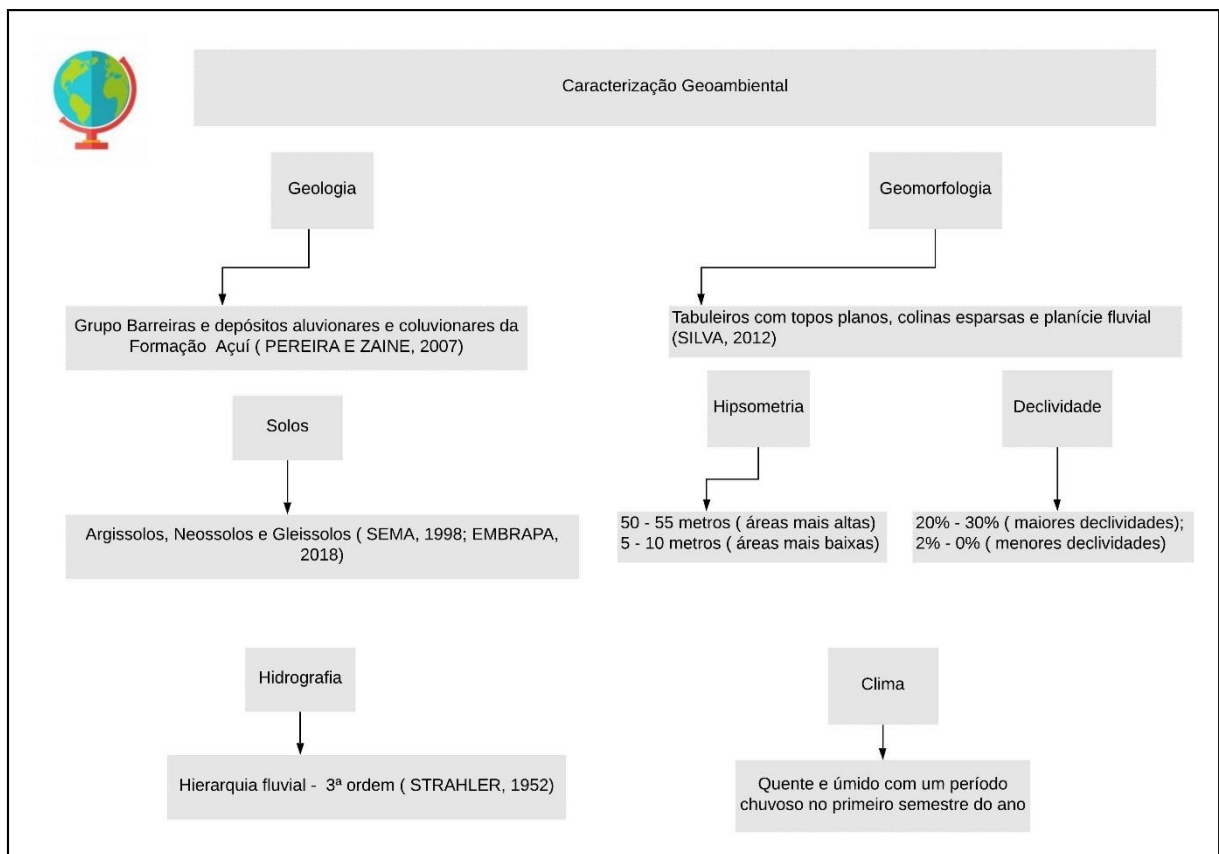
3.2.4 Identificação e delimitação das áreas inundáveis

A identificação das áreas de ocorrência de inundações ocorreu a partir da utilização do *software Google Earth* em busca das nascentes, cursos d'água e áreas de inundação, e validação a partir dos trabalhos de campo, nos quais através das conversas e entrevistas com os moradores das áreas, e a partir dos indícios de ocorrência dos eventos como marcas de água nas paredes das residências, etc. com o auxílio do *GPS Garmin Etrex30* delimitou-se as áreas de ocorrência dos fenômenos estudados. Após este processo importou-se os pontos de GPS para o *software Google Earth* e delimitou-se os polígonos de inundação. Com os polígonos delimitados, importou-se esses arquivos no formato *.kml* para o *software ArcGIS* transformando-os para o formato *shapefile (.shp)* de polígono das áreas inundáveis.

4 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL

Neste capítulo apresenta-se o contexto geoambiental do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil de forma resumida (Figura 12), tendo em vista que os fatores naturais podem ser predisponentes à inundação, entretanto, estas características não influenciam na análise final desta pesquisa. Assim expõe-se as características referentes à estrutura geológica, clima, hidrografia, geomorfologia, solos e conflitos de uso e cobertura da terra.

Figura 12 - Esquema resumido da caracterização geoambiental da área de estudo



Fonte: Costa, 2018c.

4.1 Caracterização geológica

De acordo com a classificação de Pereira e Zaine (2007) utilizada por Silva (2012) para elaboração do mapa de geologia da Ilha do Maranhão, o alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil litoestratigraficamente é constituído por sedimentos do Grupo Barreiras e depósitos aluvionares e coluvionares da Formação Açuí. Barros (2015) afirmou que a área do alto curso

da bacia hidrografia do rio Anil é recorberta por 90,12% de sedimentos do Grupo Barreiras e 9,88% por depósitos aluvionares e coluvionares da Formação Açuí..

Entretanto, segundo a classificação da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2013) a área de estudo em questão está inserida litologicamente no Grupo Itapecuru. Diante desta divergência e tendo em vista que o CPRM está elaborando uma nova classificação geológica e geomorfológica para o estado do Maranhão, optou-se pela não elaboração do mapa de geologia.

4.2 Caracterização climática

Nas áreas urbanas, os efeitos das atividades humanas interferem no clima das cidades e geram impactos diretos nas precipitações. Neste sentido, Amaral e Ribeiro (2009) defendem que a magnitude e frequência das inundações ocorrem devido à intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem, dito isto, é vital o estudo do clima na ocorrência de inundações e das precipitações. Desta forma aborda-se neste item com clima da Ilha do Maranhão, com ênfase aos índices pluviométricos.

De acordo com Ayoade (1996), clima é a síntese do tempo, em certo lugar no período de 30 a 35 anos, e o tempo é um estado médio da atmosfera em determinado lugar de curta duração. Segundo Landsberg (1981) citado por Cabral *et al.*(199?), dos parâmetros climáticos que sofrem influência da urbanização, a precipitação é a mais provável de acarretar polêmicas, embora vários estudos tenham mostrado que as chuvas são favoravelmente afetadas pela urbanização e que, em grandes cidades e algumas de porte médio, chove cerca de 5 a 10% mais que nas áreas rurais.

Segundo os autores supracitados, três fatores podem explicar a diferença, são eles: a presença da ilha de calor, que propicia aumento da convecção, favorecendo a precipitação; o efeito de rugosidade que ocorre com a existência da cidade e sua infinidade de edificações, gerando um efeito de turbulência mecânica significativa; e, a grande quantidade de material particulado em suspensão, que servem como núcleos higroscópicos, fomentando a formação de nuvens e as chuvas.

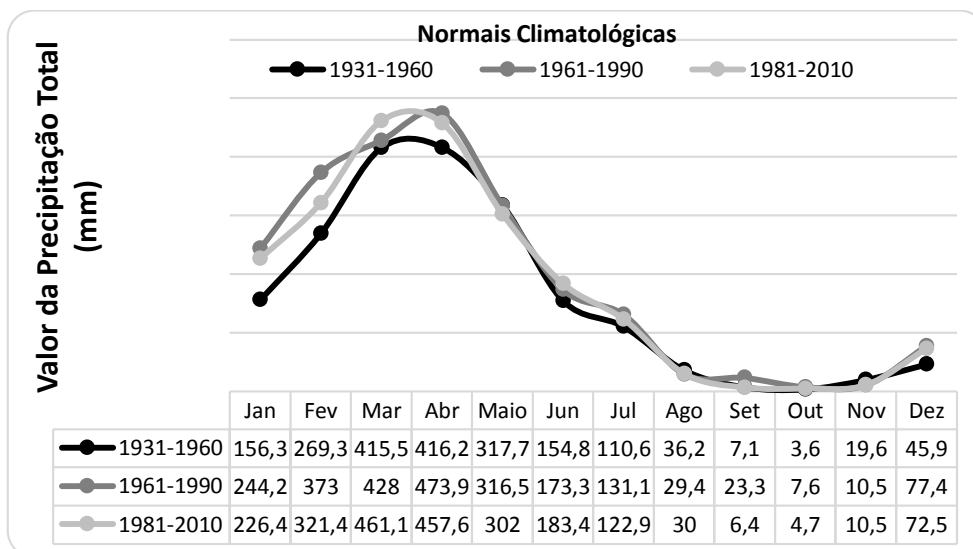
Utilizando a classificação climática de Koppen, que se baseia no estudo isolado dos elementos do clima, principalmente a distribuição da temperatura e pluviosidade média anual durante as estações do ano, pode-se considerar, segundo Viana (2000 *apud* Mílen *et al.* 2006), que a área de estudo em questão encontra-se em região de padrão climático Aw, com derivação

do subtipo Aw' caracterizado por ser um tipo climático quente e úmido, com um período chuvoso no primeiro semestre do ano.

Pinheiro (2017) profere que dos elementos atmosféricos, a pluviosidade é aquela com maior propensão a causar perturbações na organização espacial dos seres humanos, ou por conta da escassez ou por intensidade. O autor *op.cit.* ressalta ainda que entender o comportamento das chuvas, a distribuição espacial levando em consideração a variabilidade, permite um planejamento por parte dos gestores públicos tendo em vista fazer minimizar as consequências e realizar intervenções em áreas específicas.

Segundo Sousa (2009), o clima da Ilha do Maranhão, possui um período chuvoso (janeiro a junho) e um período seco (julho a dezembro). Entretanto ao analisar a Normal Climatológica dos dados pluviométricos do município de São Luís de 1981 a 2010 (Gráfico 1) a partir dos dados do INMET (2018a), observou-se uma modificação no padrão apontado por Sousa (2009), visto que apesar da diminuição da precipitação a partir do mês de junho, os níveis só diminuem bruscamente a partir de agosto. Quando comparou-se a Normal Climatológica de 1961-1990 com a Normal Climatológica de 1981-2010 (Gráfico 1), houve uma modificação no padrão observado anteriormente, visto que os níveis de precipitação acumulada nos meses de janeiro a julho diminuíram, com exceção dos meses de março e junho, o primeiro com um aumento de 33,1 mm e o segundo com o aumento de 10,1 mm. Destaca-se novamente o mês de fevereiro como o mês com maior diminuição, com a diferença de 51,6 a menos.

Gráfico 1 - Comparativo de precipitação acumulada (mm) das Normais Climatológicas

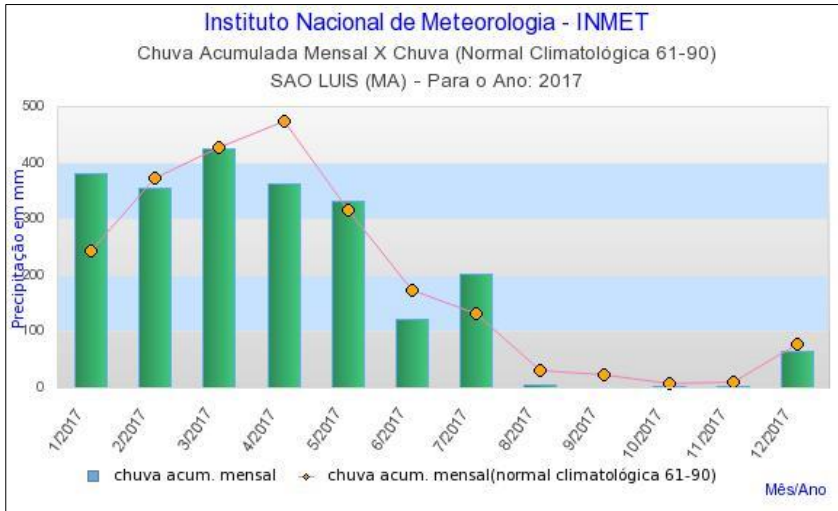


Fonte: INMET, 2018a. Elaboração: Costa, 2018d.

Tendo em vista que a Normal Climatológica de 1981-2010 ainda é considerada recente, comparou-se a precipitação acumulada mensal do ano de 2017 (Gráfico 2), e dos meses

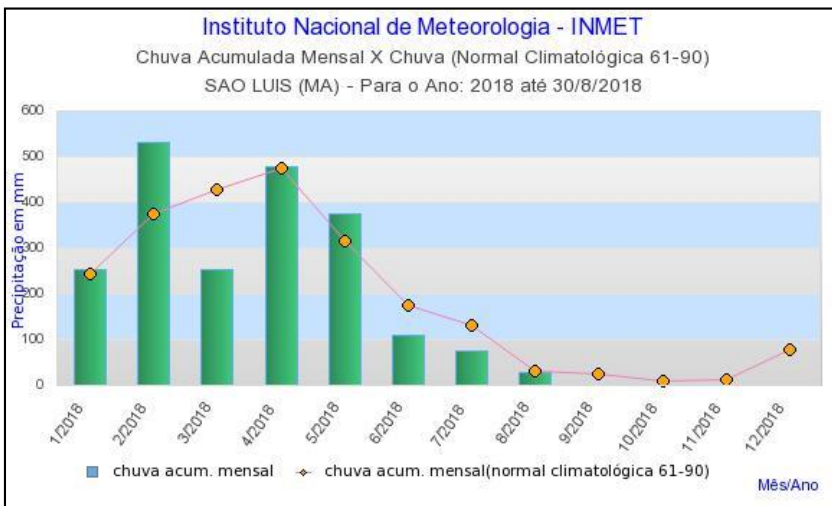
de janeiro a agosto de 2018 com a Normal Climatológica de 1961-1990 (Gráfico 3), tendo em vista identificar os meses com os maiores índices pluviométricos no intervalo desta pesquisa e apontar se há alguma correlação com os eventos de inundação, citados em capítulo posterior.

Gráfico 2 - Precipitação acumulada mensal (2017) x Normal Climatológica (1961-1990)



Fonte: INMET, 2018a.

Gráfico 3 - Precipitação acumulada mensal (2018) x Normal Climatológica (1961-1990)



Fonte: INMET, 2018a.

Considerando o gráfico 3, aponta-se os meses com os maiores índices de precipitação acumulada, sendo janeiro e março do ano de 2017. Entretanto, a partir da Normal Climatológica em questão, observa-se que os meses de março e abril são aqueles considerados de maior precipitação acumulada, divergindo do padrão da Normal Climatológica. É importante destacar ainda que a média da normal para janeiro foi de 244,2 mm, entretanto este índice

chegou a quase 400 mm no ano em questão.

Pinheiro (2015) salienta que o aumento significativo dos índices pluviométricos na Ilha do Maranhão, está diretamente associado a mecanismos atmosféricos. Quanto à isto o autor elenca como mecanismos atuantes na dinâmica atmosférica da Ilha do Maranhão que influenciam os índices pluviométricos são os seguintes: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), fenômenos cíclicos como *El Niño* e *La Niña* e as manifestações do Dipolo do Atlântico (TSM – Temperatura da Superfície do Mar).

Zona de Convergência Intertropical – ZCIT

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal mecanismo de atuação atmosférica gerador de chuvas no norte do nordeste do Brasil (HASTENRATH; LAMB, 1977) e conforme Pinheiro (2015) é o mais importante sistema meteorológico atuante da faixa tropical do Brasil, e, por conseguinte por sobre a Ilha do Maranhão.

O INMET (2018b) caracteriza a Zona de Convergência Intertropical como uma estreita faixa de nuvens onde se encontram os ventos alísios do Hemisfério Norte e do Hemisfério Sul. E influi diretamente nas chuvas do norte da Região Nordeste. Conforme Pinheiro (2015) a atuação da ZCIT na Ilha do Maranhão se dá nos meses de janeiro a julho, provocando chuvas, aumento da umidade do ar e diminuição da temperatura em função do aumento das nuvens.

Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e os Fenômenos *El Niño* e *La Niña*

A ocorrência nos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) caracteriza-se por ser uma grande variável física de influência nas condições climáticas no Nordeste do Brasil e na Ilha do Maranhão (PINHEIRO, 2015). O autor em questão salienta que a TSM mais fria que o normal no Pacífico Tropical é responsável pelo fenômeno conhecido como *La Niña* e quando a TSM fica mais quente que o normal ocorre o *El Niño*, sendo este último responsável pela diminuição da precipitação pluviométrica, enquanto a *La Niña* provoca o aumento nos índices de precipitação no nordeste e na Ilha do Maranhão.

Pinheiro (2015) explica que os fenômenos do ENOS e do Dipolo do Atlântico Tropical afetam diretamente a ZCIT e provocando escassez ou aumento da pluviometria no nordeste brasileiro e na Ilha do Maranhão.

De acordo como autor op cit. a união do ENOS (*El Niño* com a Oscilação Sul) e Dipolo do Atlântico Tropical, afetam diretamente a disposição da ZCIT na qual influencia na distribuição da precipitação na região nordeste. A Oscilação Sul caracteriza-se pela reversão periódica do padrão da pressão atmosférica na parte tropical do Oceano Pacífico durante as ocorrências do El Niño e representa a distribuição da temperatura e da pressão atmosférica sobre uma área oceânica (INMET, 2018b).

Quanto ao Dipolo do Atlântico este é o fenômeno oceano/atmosférico que causa uma mudança anômala na temperatura da superfície água do mar no Oceano Atlântico Tropical, Assim quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias existem movimentos descendentes transportando ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a região setentrional, central e sertão do Nordeste inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo causar secas. Por outro lado, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes existem aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, intensificando a formação de nuvens e aumentando os totais pluviométricos (ARAGÃO, 1998).

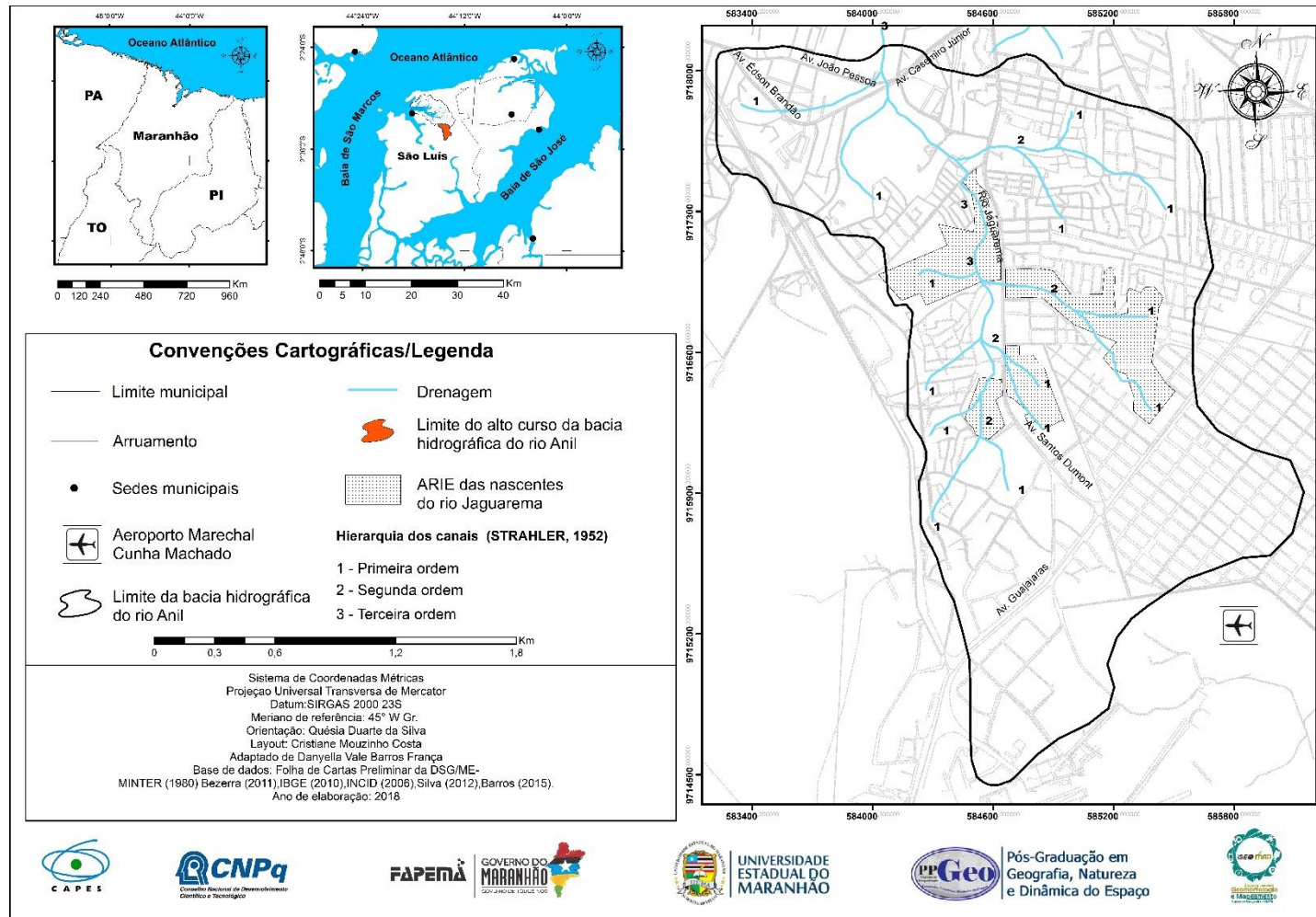
Em geral e considerando as características climáticas presentes na Ilha do Maranhão, com destaque para os dados pluviométricos, defende-se que as inundações, ocorrem no primeiro semestre de cada ano, nos meses de maior precipitação acumulada. Entretanto ressalta-se que para os desastres relacionados à inundações se faz necessário avaliar, não apenas a eventos pluviométricos, mas, as condições de uso e cobertura da terra atreladas ao processo de ocupação desordenada.

4.3 Caracterização hidrográfica

A bacia hidrográfica do rio Anil está localizada na porção noroeste da Ilha do Maranhão e, conforme Macedo (2011), sua calha é caracterizada por apresentar um perfil meândrico cortando a porção nordeste do centro urbano do município de São Luís.

Quanto ao alto curso da bacia hidrográfica do Anil, este possui segundo a hierarquia fluvial de Strahler (1952), uma drenagem de 3ª (terceira) ordem, somando um total de 25 canais, sendo 14 de primeira ordem, seis de segunda ordem e cinco de terceira ordem (Mapa 2).

Mapa 2 - Drenagem do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018a.

A drenagem corresponde ao padrão dendrítico anastomosado; o que segundo Christofolletti (1980), a drenagem dendrítica também é designada como arborescente, porque em seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore. O padrão dendrítico anastomosado é característico das planícies de inundação, consistindo de canais que bifurcam e se confluem de maneira aleatória.

No alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, o afluente do rio é conhecido pela toponímia de rio Jaguarema, no qual batizou bairros, ruas e clubes recreativos da década 1980. Tendo em vista proteger as nascentes do rio Jaguarema criou-se a Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007, onde as áreas de influência das nascentes do Rio Jaguarema foram declaradas como Áreas de Relevante Interesse Ecológico – ARIE, entretanto observa-se que das quatro áreas delimitadas que compõem a ARIE em questão, apenas duas abrangem os canais fluviais em toda totalidade desde as nascentes, e apesar disto o cenário do Rio Jaguarema atualmente em toda área é de degradação ambiental.

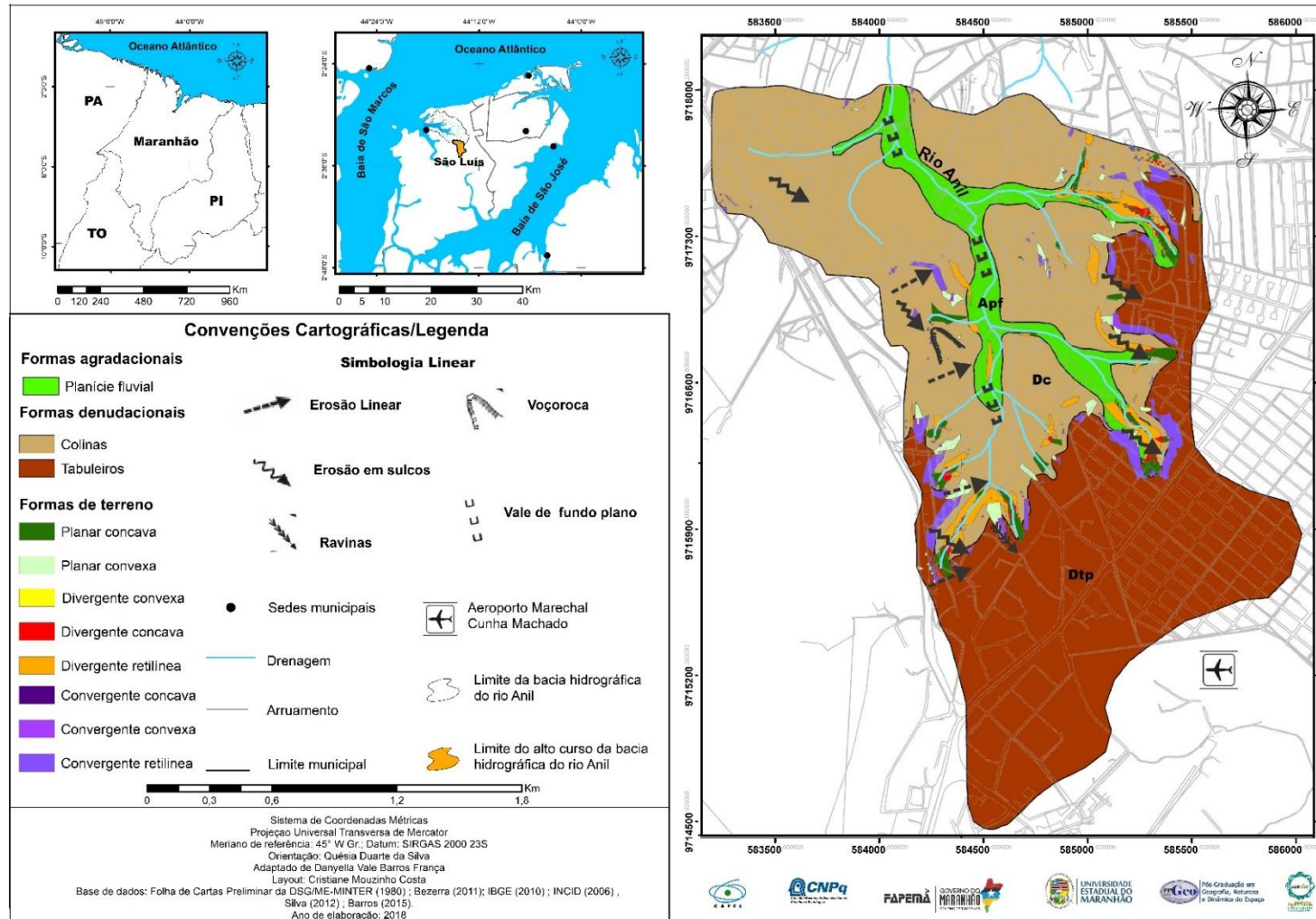
Pode-se observar a partir dos trabalhos de campo interferências diretas e indiretas nos canais fluviais da área de estudo, quanto às diretas notou-se as seguintes: canalização dos canais fluviais, retirada de sedimentos do canal fluvial, colocação de material no canal (entulho), e lançamento de efluentes sólidos e líquidos nos canais fluviais. No que se refere às interferências indiretas, destacam-se retirada de vegetação, a construção de edificações, e alterações do uso da terra dentro da área da bacia hidrográfica.

4.4 Caracterização geomorfológica

Utiliza-se como base para esta caracterização, o mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão, de Silva (2012), adaptado à área de estudo por Barros (2015). Segundo Barros (2015), o relevo do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil apresenta duas formas denudacionais e uma forma agradacional. Ressalta-se que tendo em vista que o principal resultado da denudação é o desenvolvimento das encostas optou-se por inserir as formas de encostas do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil no mapa de relevo (Mapa 3).

Florenzano (2008) explica que a denudação ou erosão se refere à remoção do material intemperizado, e a acumulação caracteriza-se pela deposição do material removido e transportado pela erosão. Desta forma, conforme Barros (2015), as formas denudacionais presentes do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil são os tabuleiros com topos planos e colinas esparsas (Mapa 3).

Mapa 3 - Relevo e formas de terreno do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018a.

Guerra e Guerra, (2011) afirmam que tabuleiro “é uma forma topográfica de terreno que se assemelha a planaltos, terminando normalmente de forma abrupta” (p. 594). Florenzano (2008) caracteriza tabuleiros como “áreas de relevo plano, de origem sedimentar, de baixa altitude e com limite abrupto, típicos da costa do Nordeste brasileiro” (p. 13). Florenzano (2008) caracteriza o relevo em plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado e simplifica fazendo a seguinte associação conforme a tabela abaixo (Quadro 5).

Quadro 5 - Caracterização do relevo

Plano	Planícies, terraços, tabuleiros e chapadas
Suave ondulado	Colinas
Ondulado	Morros e morrotes
Fortemente ondulado	Morros e serras
Montanhoso	Montanhas e serras
Escarpado	Serras e escarpas

Fonte: Florenzano, 2008. Adaptação: Costa, 2018f.

O tabuleiro é uma feição que possui superfícies aplainadas, nesta morfologia encontram-se as áreas com as menores declividades da bacia, de 0% a 2% caracterizando 56,27% (Mapa 4) da área da bacia. Assim, as áreas dos tabuleiros com topos planos enquadram-se como áreas planas, conforme a classificação da autora em questão. Estas formas de relevo encontram-se na altitude de 55 a 45 m (Mapa 5). No que se refere as colinas esparsas no alto curso da bacia hidrográfica do Anil estas situam-se na altitude de 40 a 20m (Mapa 5) e apresentam uma declividade entre 2 a 6% até 30%, não ocorrendo da área de estudos declividades maiores que 30%. Predominam nesta feição a ocorrências das formas de vertentes, quanto às formas ditas extremas com máxima concentração e escoamento são as formas convergentes côncavas, consideradas mais susceptíveis a enchentes e consequentes inundações, por causa da concentração do fluxo de escoamento (MACHADO; LIMA, 2013).

Assim, no geral a área de estudo sendo intermediária com relação a escoamento das águas, não se pode considera-se desta forma, a partir deste parâmetro, que a área é susceptível a inundações. Considerando que o relevo terrestre constitui o meio no qual se desenvolvem os solos, e que o relevo influencia também na circulação da água nos solos e nos processos de lixiviação e acumulação absoluta. Quanto à forma agradacional, esta corresponde a planície fluvial, que para Florenzano (2008), são terrenos baixos e planos, formados por acumulação de material, que podem ser de origem aluvial ou fluvial, marinha, lacustre, glacial, e eólica.

Rebouças e Silva (1972) caracterizam planície fluvial como áreas baixas vinculadas aos vales da drenagem principal, como planícies das ingressões quaternárias, vales fluviais e manguezais.

Correspondendo a uma área de acúmulo de sedimentos fluviais aluvionares e coluvionares, para o IBGE (2009, p.32), planície fluvial é uma “área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales com preenchimento aluvial”. Na área de estudo em questão, a planície fluvial corresponde a 16,73% da área do alto curso da bacia hidrográfica do Anil (BARROS, 2016), estas formas de relevo situam-se de 15 a 5m de altitude (Mapa 3), e apresentam uma declividade entre 0% e 2% (Mapa 4).

Neste sentido, levando em consideração que no alto curso da bacia hidrográfica do Anil as planícies fluviais encontram-se quase totalmente ocupadas por áreas residenciais e comerciais, pode-se inferir que este é um fator que contribui para o perigo de inundações das populações que ali residem, por conta da proximidade com os canais fluviais, além do lançamento de efluentes líquidos e impermeabilização do solo.

Tendo em vista que as formas do relevo, principalmente as curvaturas do relevo, apresentam indicativos para que se possam explicar as ocorrências das inundações, a análise das vertentes, portanto, nos dá subsídios para a compreensão da direção e da concentração dos fluxos d’água em uma vertente (SANTOS; SANTOS, 2014).

Florenzano (2008, p.16) define que as vertentes também denominadas encostas,

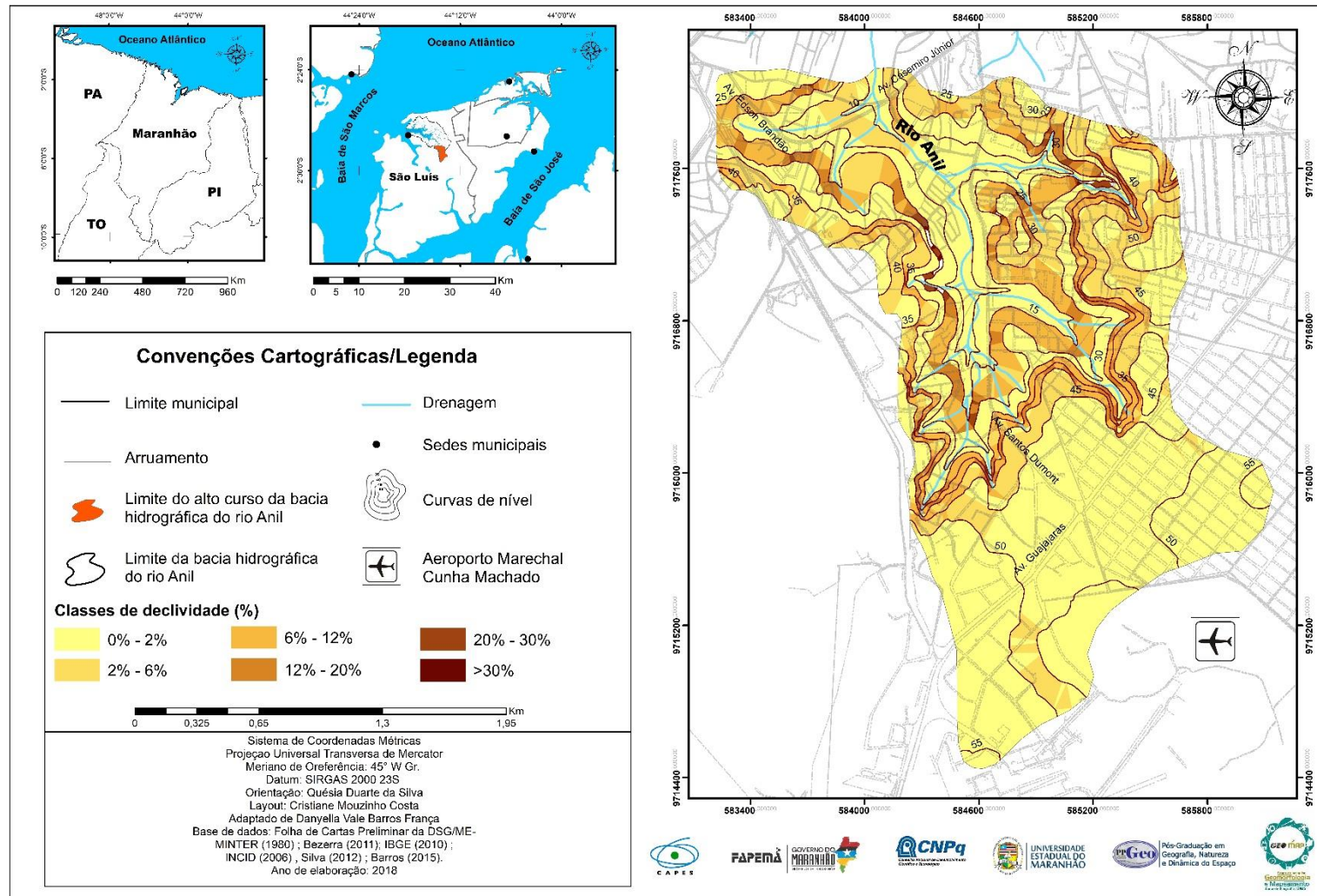
[...] são superfícies inclinadas que formam a conexão dinâmica entre a linha divisora de águas e o fundo do vale (talvegue). As vertentes são elementos básicos do relevo no estudo dos processos de erosão e acumulação, pois, com exceção das planícies e dos terraços, elas ocupam a maior parte da superfície da Terra.

Assim, a partir do mapeamento de Barros (2015), o alto curso da bacia hidrográfica do Anil apresenta as seguintes formas de vertentes de acordo com a classificação de Valeriano et. al. (2008): planar retilínea, planar convexa, planar côncava, convergente convexa, convergente retilínea, divergente retilínea e divergente côncava.

No que se refere aos planos de curvatura das vertentes Trentin e Robaina (2016) explicam:

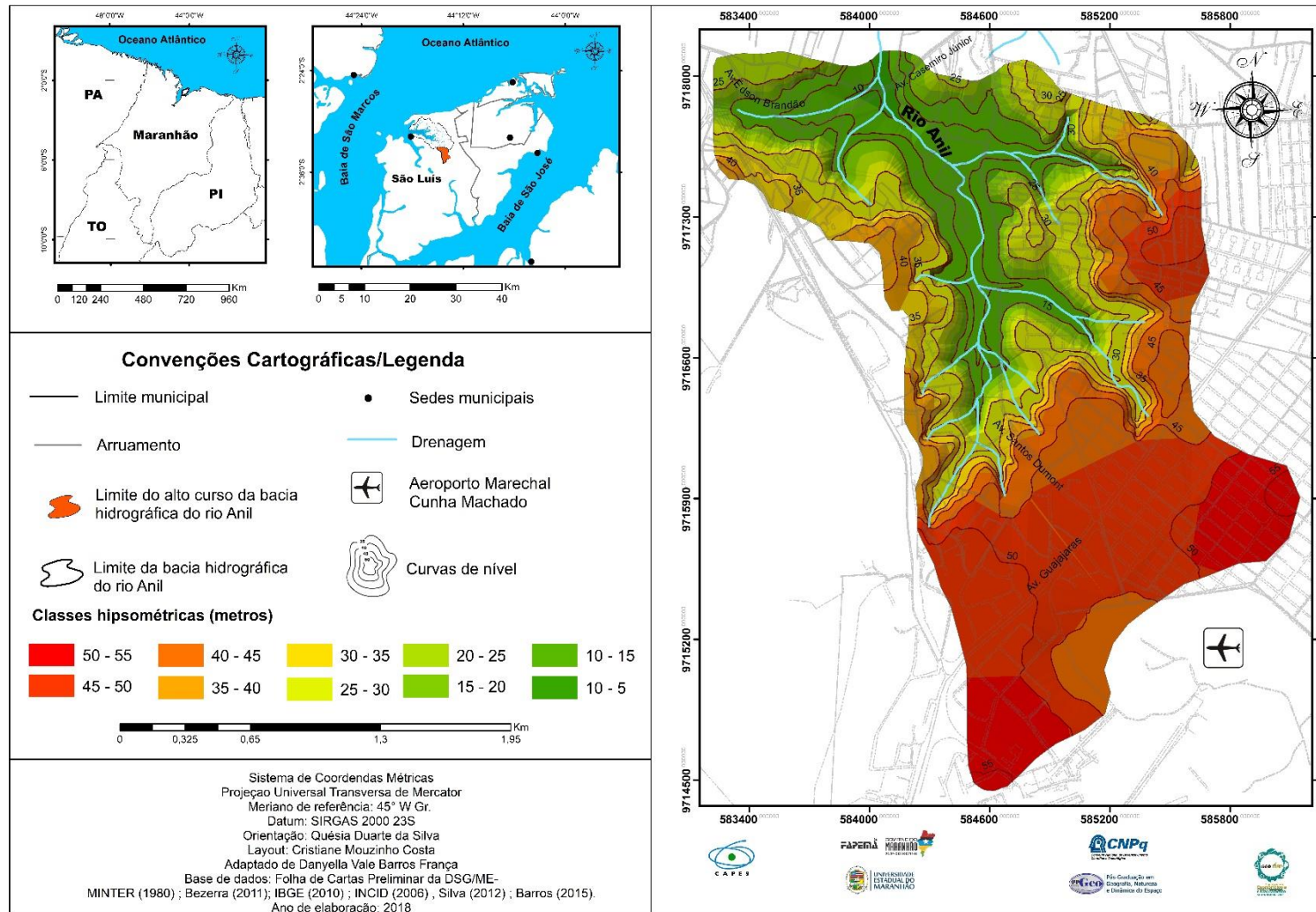
O plano de curvatura da vertente corresponde à variação do gradiente de arqueamento na direção ortogonal da vertente (curvatura da superfície perpendicular à direção da inclinação) e refere-se ao caráter divergente/convergente do terreno, enquanto o perfil de curvatura é a taxa de variação do gradiente de arqueamento na direção de sua orientação (a curvatura da superfície no sentido do declive) e está relacionada ao caráter convexo/côncavo do terreno, sendo decisiva na aceleração ou na desaceleração do fluxo da água sobre o mesmo (p. 56).

Mapa 4 - Clinografia do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018a.

Mapa 5 - Hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do Anil



Fonte: Costa, 2018a.

Valeriano e Carvalho Júnior (2003) explicam que a curvatura horizontal refere-se ao caráter divergente/convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno quando analisado em projeção horizontal. Esta variável está relacionada aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, proporcionados pela gravidade, e desempenha papel importante sobre o decorrente balanço hídrico e os processos de pedogênese.

Nas áreas de tabuleiros com topos planos predominam as formas das encostas do tipo planar retilínea, entretanto estas estão por sobre quase toda área de estudo, de acordo com Barros (2015) ocupam 92,52% da área total. O que favorece a formação de ambientes de acumulação, bem como áreas aplainadas e sendo consideradas segundo a convergência do fluxo de escoamento como intermediária.

As formas de vertentes do tipo convergente retilínea é a segunda em representatividade na área de estudo, e localizam-se no contato do tabuleiro com as colinas, principalmente nas bordas (Mapa 3). De acordo com Santos e Santos (2014) as vertentes do tipo convergente têm como característica implicar em uma maior acumulação das águas pluviais e fluviais na bacia enquanto as convexas possuem a tendência de implicar na aceleração do fluxo em direção às partes mais baixas do relevo. As formas de vertentes do tipo divergente retilínea são a terceira em representatividade, seguidas pela planar côncava, planar convexa e divergente côncava, e convergente convexa (Mapa 3).

Apesar de vários tipos de formas de vertentes na área de estudo, a planar retilínea é predominante e não tem caráter de distribuição de água e nem de ser coletora de água.

No que se refere aos processos erosivos presentes na área de estudo, a erosão em sulcos é predominante na área, sendo identificada por Barros (2015) seis áreas de erosão em sulcos, duas feições de erosão linear, uma voçoroca e uma ravina, nas bordas do relevo de colinas. Os processos erosivos lineares são aqueles que se exercem em linha. São levados a efeito pelas águas correntes, concentradas e organizadas em canais, sendo a erosão linear exercida pelos canais de escoamento (PENTEADO, 1983).

Quanto aos sulcos, ravinas e voçorocas, Araujo *et al.* (2005) explica que o processo se dá a partir da erosão pluvial, quando as gotas da chuva colidem com o solo desnudo, podendo desacomodar e mover partículas de solo.

No início do escoamento superficial a água é coletada em pequenas canaletas que podem erodir mais e evoluir para pequenos canais denominados de ravinas, essas por sua vez podem coalescer em canais maiores e mais profundos, com a denominação de voçorocas. Neste sentido pode-se inferir que a partir da retirada da vegetação no processo de expansão do sítio

urbano, feito sem o devido planejamento, estas feições erosivas podem ter começaram a se estabelecer na área, entretanto existem outros fatores que influenciam neste processo que é natural, que muitas vezes acaba sendo acelerado pelas ações antrópicas.

4.5 Caracterização dos solos

No que se refere às características pedológicas, o alto curso da bacia hidrográfica do Anil apresenta solos com alterações físicas e morfológicas devido às intervenções para a implantação do sítio urbano; quanto a isto, Silva (2011) ressalta que nas áreas urbanas há uma grande variação quanto à composição química, física e morfológica, mesmo em áreas em que o processo de urbanização ainda está se iniciando.

Em áreas consolidadas, o autor (op. cit.) afirma que não se pode dizer que há um solo propriamente dito, pois aterros, capeamentos e a impermeabilização do solo são tão fortes que descaracterizam aquilo que se convencionou chamar de solo. Desta forma, apresenta-se aqui a caracterização dos solos do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil com base Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA (1998a), no sistema de classificação de solos do Brasil atualmente, conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA, 2018).

A partir dos níveis hierárquicos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, têm-se na área de estudo as seguintes classes de solos: Argissolos, Neossolos e Gleissolos.

a) Argissolos

Conforme a EMBRAPA (2018), o grupamento dos Argissolos compreende

solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos:
 a. Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolos;
 b. Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolos (EMBRAPA, 2018, n.p).

SEMA (1998a) categoriza os Argissolos nesta área na subordem dos Argissolos Vermelho-Amarelos, que conforme a EMBRAPA (2018), apresentam solos de cores vermelho-amareladas e/ou amarelo-avermelhadas, e não se enquadram nas classes nem dos Argissolos Amarelos, Argissolos Acinzentados, e Argissolos Bruno-Acinzentados.

A SEMA (1998a) identificou na localidade do entroncamento da BR 135 com a Vila Samara, e, um barranco de estrada, sem erosão aparente, em relevo suave ondulado a partir da análise de um perfil, a presença do caráter concrecionário nos Argissolos Vermelho-Amarelos (SEMA, 1998a). O caráter concrecionário é utilizado quando solos apresentam presença de petroplintita em forma de nódulos ou concreções em um ou mais horizontes com quantidade e/ou espessura insuficientes para caracterizar horizonte concrecionário dentro da sessão de controle que define a classe, sendo 5% por volume a quantidade mínima necessária de petroplintita (EMBRAPA, 2018).

b) Neossolos

Estes solos apresentam como característica geral serem pouco evoluídos, com material mineral ou material orgânico com menos de 20 cm de espessura na constituição do mesmo, e não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico. Quando presentes, horizontes glei, plântico, vértico e A chernozêmico não ocorrem em condição diagnóstica para as classes Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente (EMBRAPA, 2018).

c) Gleissolos

No alto curso da bacia hidrográfica do Anil, esta classe é a segunda com menor representatividade areal, correspondendo a 9,69% da área total do alto curso (BARROS, 2015), e acompanham a drenagem quase em sua totalidade.

Para a EMBRAPA (2018), os Gleissolos são solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei, com início nos primeiros 50 cm da superfície do solo ou na profundidade maior que 50 cm, ou igual a 150 cm ou menor, contanto que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam horizonte vértico em posição diagnóstica para Vertissolos ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Caso presente os horizontes: plânico, plântico, concrecionário ou litoplântico, estes devem estar à profundidade maior que 200 cm a partir da superfície do solo.

Ratificando o que foi observado em campo, ressalta-se que o horizonte glei conforme EMBRAPA (2018) é influenciado fortemente pelo lençol freático e por regime de

umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica.

Corroborando com o exposto por IBGE (2015), que afirma que estes são solos que ocupam as planícies de inundação e margem de rios, de ocorrência em praticamente todas as regiões brasileiras, tendo como característica serem mal drenados, apresentando cores azuladas, esverdeadas ou acinzentadas.

De acordo com Curi (1993), solos hidromórficos têm a morfologia condicionada pela existência de água o ano inteiro ou em grande parte do ano. O autor ressalta que esses solos ocorrem em fundos de vale, nas áreas deprimidas ou ainda em áreas em que de algum jeito ocorra restrição à percolação da água. Silva (2011) alerta que os solos em questão apresentam sérios riscos de contaminação do lençol freático e estão localizados em áreas sujeitas a inundações, e à medida que as áreas com este tipo de solo são ocupadas e as áreas impermeabilizadas aumentam acentuadamente, a frequência das inundações é maior, assim como os picos de cheias e locais alagados.

4.6 Conflitos de uso e cobertura da terra no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil

Observando o mapa de conflitos de uso e cobertura da terra do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil (Mapa 6), constata-se que a área estudada em maioria é coberta por área urbanizada e áreas de ocupação, tendo estas um percentual de 84%, e a área coberta por floresta secundária mista e mata galeria um percentual de apenas 16%.

De acordo com a classificação proposta pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA (1998b) a categoria área urbanizada tem como característica residências padronizadas, área residencial consolidada e/ou atividade terciária. E quanto à categoria áreas de ocupação esta se refere à áreas residenciais não padronizadas cuja posse não se dá pela propriedade de direito, mas pela concretude do fato.

No que se refere à cobertura floresta secundária mista, SEMA (1998b) afirma que esta

(...) representa a cobertura vegetal oriunda “da devastação da floresta, por processos que vão desde o arrasamento da área (...) até a retirada das árvores com valor econômico”(...). Adiciona-se a “ocorrência da vegetação secundária latifoliada (...) e as palmeiras” (op.cit.). Assim, ressaltam-se a embaúba (*Cecropia concolor*), bacuri (*Platonia insignis*), e o tucum (*Astrocaryum tucuma*), associados ao predomínio do babaçu (*Orbygnia martiniana* e *Orbygnia specciosa*) (p. 84).

Quanto à cobertura mata galeria, a SEMA (1998b) associa as características desta a floresta ómbrofila aluvial que

é grupo de formação das áreas quaternárias aluviais, influenciadas ou não pelas cheias dos rios; de estrutura complexa, rica em palmeiras (como o açáí - *Euterpe* spp., e buritirana - *Mauritia aculeat*. H.B.K.) (DNPM, 1973, IV, p.17)

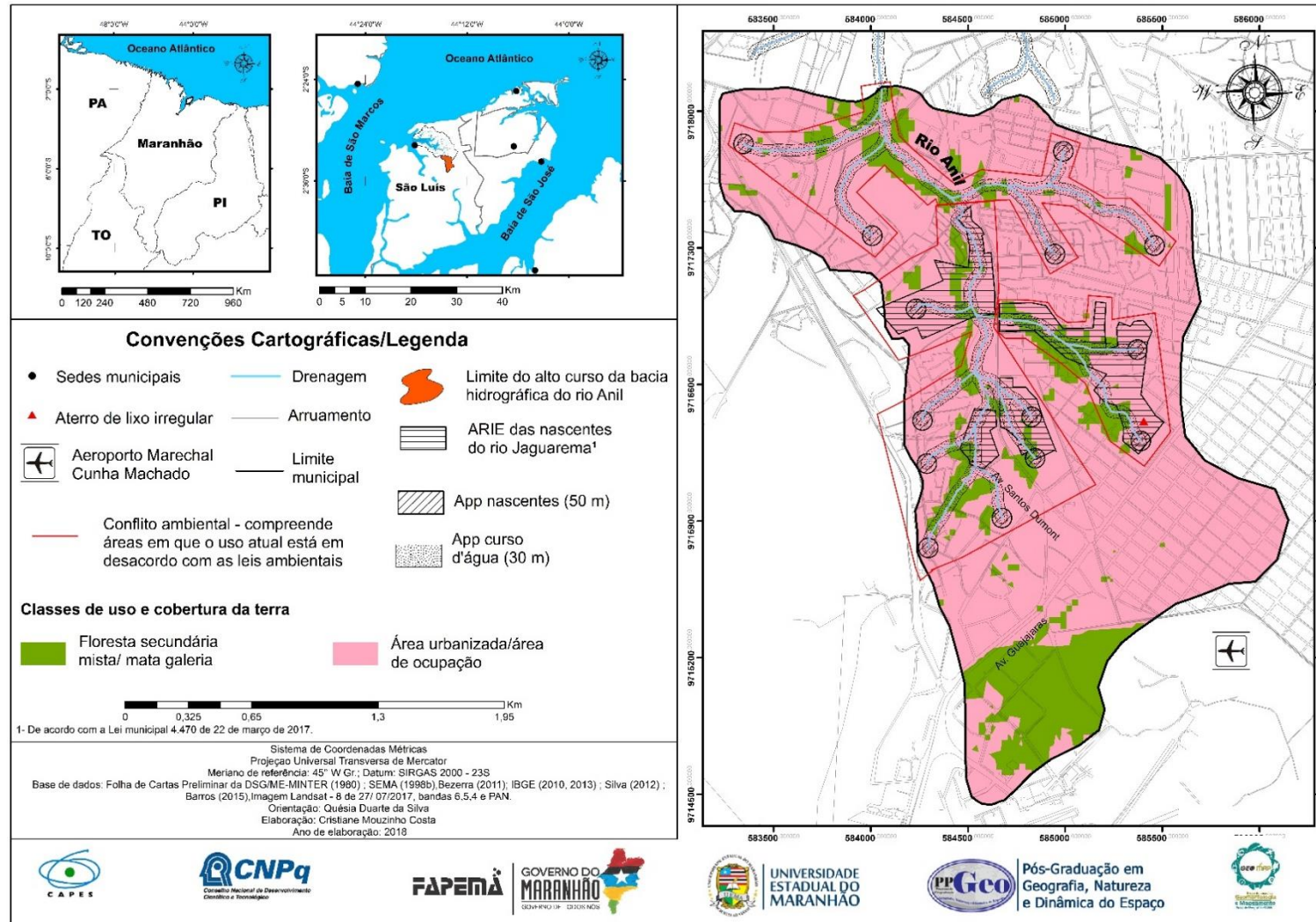
SEMA (1998b) enquadra mata galeria na categoria de uso restrito à ocupação no documento em questão, tendo como objetivo limitar o uso, buscar equilíbrio do ambiente e a qualidade de vida da população. Entretanto o que se evidenciou em campo, diverge do proposto no documento, visto que quase todas as nascentes localizadas foram aterradas para a construção do sítio urbano ou canalizadas para lançamento de efluentes líquidos, ou estão em processo de degradação, sendo evidente a supressão da área vegetada, diminuta diante da área construída e do uso urbano. Neste sentido, delimitou-se os polígonos em vermelho as áreas s de conflito ambiental, nas quais o uso está em desacordo com a legislação ambiental vigente.

A legislação federal vigente Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Capítulo II, Seção I, inciso I, que dispõe da delimitação das áreas de preservação permanente⁶ em zonas rurais ou urbanas, considera no inciso IA como área de preservação permanente as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura. E no inciso IV “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros”. Ao observar o mapa de conflito de uso e cobertura da terra evidencia-se que das 14 áreas de nascentes que afloravam no local, apesar de ainda apresentar resíduos de mata galeria em poucas delas; em nenhuma destas respeitou-se o raio de 50 metros disposto na legislação federal, além daquelas que foram aterradas para construção do sítio urbano.

Quanto à largura mínima dos cursos d'água evidenciou-se que grande parte destes canais fluviais foram canalizados a partir de tubulações de esgotos ou aterrados, e aqueles que ainda encontram-se abertos não estão em conformidade com o proposto pela legislação ambiental.

⁶ Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Art. 3º, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.)

Mapa 6 - Conflitos de uso e cobertura da terra no alto curso do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

No que se refere a lei municipal, esta apesar de vigente também não esta sendo cumprida. A Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007 declara como Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE, as áreas de influência das nascentes do rio Jaguarema, afluyente do rio Anil, localizado no alto curso do rio Anil.

De acordo com o artigo 2º da lei op.cit. esta tem como objetivo

garantir a preservação da fauna, flora e do solo, tem por objetivo proteger as nascentes do Rio Jaguarema, assegurando a qualidade das águas e as vazões de mananciais da região, garantindo também condições de convivência das populações humanas ao longo do referido Rio e seus afluentes.

Entretanto evidenciou-se a partir do mapa de conflito e dos trabalhos de campo que as áreas 1, 2 e 3 da ARIE de influência das nascentes do rio Jaguarema, afluyente do rio Anil, inserem-se em locais de ocupação irregular onde as áreas de preservação permanente foram ocupadas pelos moradores, onde está adensado atualmente o sítio urbano.

Na área 4 da ARIE de influência das nascentes do rio Jaguarema, localiza-se um aterro irregular de resíduos sólidos (Foto 1), com descarte de resíduos a céu aberto e queima do material que é descartado no local, emitindo uma fumaça constante neste e no entorno, que causa risco de intoxicação e doenças respiratórias tanto para a população quanto para os catadores de resíduos que trabalham neste aterro, descumprindo a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 com base no Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que institui e regulamenta, respectivamente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Foto 1 - Aterro irregular de resíduos sólidos



Fonte: Costa, 2018g.

As proposições da PNRS consideram a implantação de coleta seletiva, destinação final, e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos em aterros sanitários. A lei exige que o gerenciamento dos resíduos sólidos tenha coleta e transporte adequados tendo em vista afastamento dos resíduos do meio onde são gerados, rotas de coleta selecionadas, frequências e tipos de veículos, além da destinação final adequada feita a partir do tratamento dos resíduos

incluindo reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o reaproveitamento energético, entre outras permitidas pelos órgãos ambientais. Por fim a disposição final com normas de operação específicas criadas para evitar prejuízos ou riscos à saúde pública, garantir segurança e diminuir impactos ambientais.

Apesar de haver coleta seletiva feita pelos catadores no local, é visível que não há uma disposição final adequada, estes não se utilizam dos equipamentos de segurança, os resíduos são trazidos até o destino em caminhões abertos, não há tratamento de resíduos e os mesmos são queimados sem nenhuma especificação, acarretando riscos à saúde pública e caracterizando crime ambiental.

Assim fica evidente que há um descumprimento da legislação federal vigente e que o objetivo da legislação municipal não foi alcançado, visto que das quatro áreas da ARIE, foi possível localizar um afloramento de nascentes, nas outras evidenciou-se aterramento das nascentes e canais fluviais, desestabilização ou ausência de fauna e flora, e lançamentos de efluentes e resíduos sólidos nos canais fluviais.

Desta forma infere-se que os efeitos da urbanização sem planejamento e/ou descumprimento da legislação podem contribuir para desastres atrelados alagamentos enxurradas e inundações. Sobre isto Carvalho *et al.* (2006) indicam que a urbanização, devido as estruturas pouco permeáveis entre o solo e a chuva, fazem com que a infiltração diminua e o escoamento superficial seja impulsionado, impondo mudanças rigorosas no escoamento local e contribuindo para ocorrência das inundações.

A partir do exposto pode-se inferir que este cenário difere do proposto pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos que no artigo 3º, inciso III constitui como uma das diretrizes para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, e no inciso V a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Neste caso evidenciou-se que apesar da Lei 4.669 de 2006 que dispõe sobre o Plano Diretor do município de São Luís está em consonância com os objetivos da PNRH, esta de fato não está sendo cumprida, visto que não há fiscalização por parte dos órgãos responsáveis e muitas vezes as denúncias esbarram nos processos burocráticos e na deficiência de profissionais nos órgãos competentes diante da demanda.

5 RISCO DE INUNDAÇÕES NO ALTO CURSO DO RIO ANIL

Apresentam-se neste capítulo as manchas de inundação mapeadas, a situação ambiental das áreas inundáveis, os setores de Perigo Estimado espacializados através do mapa de perigo, assim como as variáveis utilizadas para o mapeamento da vulnerabilidade, o índice de vulnerabilidade e por fim os setores de risco de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil.

5.1 Situação das áreas inundáveis

A partir das notícias de jornais e sites, trabalhos de campo, visualização de imagens do *software* Google Earth, conversas e entrevistas com os moradores do alto curso do rio Anil, obteve-se sete manchas de inundação na área objeto de estudo, mapeadas no período de 2016 a 2018. Ressalta-se que as manchas de inundação até o presente momento foram elaboradas levando em consideração o alcance da água a partir do transbordamento do canal fluvial a partir dos eventos pluviométricos. Cabe ressaltar que Teixeira (2015a) mapeou 27 pontos de ocorrência de enchentes e inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, ao todo, seis áreas de enchentes e inundações. Desta forma, buscou-se nesta pesquisa visitar as áreas já mapeadas pela autora (op. cit.) além de identificar a drenagem com base nas cartas DSG/ME-MINTER (Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército), datadas de 1980, correspondentes ao alto curso da bacia hidrográfica do Anil, na escala de 1:10.000 e nas imagens do Google Earth, tendo em vista constatar a situação dos canais fluviais da área estudada.

Para facilitar a confecção do mapa, foram atribuídos números às manchas de inundação, entretanto, optou-se no texto por relatar a situação de cada área a partir da principal rua atingida e correlacionar aos respectivos números. Das seis áreas identificadas por Teixeira (2015a), visitou-se as seis, ampliou-se a macha de inundação de umas das áreas e constatou-se a ocorrência de uma nova área de abrangência de inundação. Desta forma apresentam-se aqui sete manchas de inundação na área de estudo, são estas: mancha 1 - Rua das Jaqueiras; mancha 2 - Rua projetada, Jardim São Cristóvão; mancha 3 - Rua João Alberto; mancha 4 - Rua São Carmelo; mancha 5 - Travessa São Jorge, mancha 6 - Rua da Macaúba e mancha 7 - Rua das Brotas. O mapa 7 apresenta as sete manchas de inundação mapeadas nesta pesquisa em cinza com os respectivos números das áreas, e as fotos com indicativo numérico correspondente aos respectivos locais das manchas de inundação.

Mapa 7 - Manchas de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do Anil



Fonte: Costa, 2018b.

As áreas hachuradas no mapa em questão correspondem à áreas de suscetibilidade à inundação de média a alta suscetibilidade mapeadas pelo CPRM (2014). Cabe evidenciar que ao observarmos as manchas de inundação mapeadas nesta pesquisa e compararmos com as áreas de suscetibilidade à inundação do CPRM, estas abrangem apenas duas das sete áreas mapeadas nesta pesquisa, o que demonstra a fragilidade nos estudos do próprio serviço geológico brasileiro.

5.1.1 Mancha de inundação 1 – Rua das Jaqueiras

A mancha de inundação 1 localiza-se na rua das Jaqueiras no bairro Vila Lobão, no que se refere ao processo de ocupação do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil este local corresponde a uma área de ocupação irregular, onde iniciou seu processo de ocupação em 1989.

Observa-se sinais de degradação no canal fluvial (Foto 2) como efluentes líquidos sendo lançados no canal fluvial (seta 1), assoreamento do canal fluvial, resíduos sólidos no leito fluvial (seta 2), e construção do muro tendo em vista conter as inundações, sendo este derrubado em anos de grandes inundações (seta 3), como relatam os moradores da área.

Foto 2 - Canal assoreado pelo acúmulo de sedimentos e resíduos sólidos – 06/2017



Fonte: Costa, 2017.

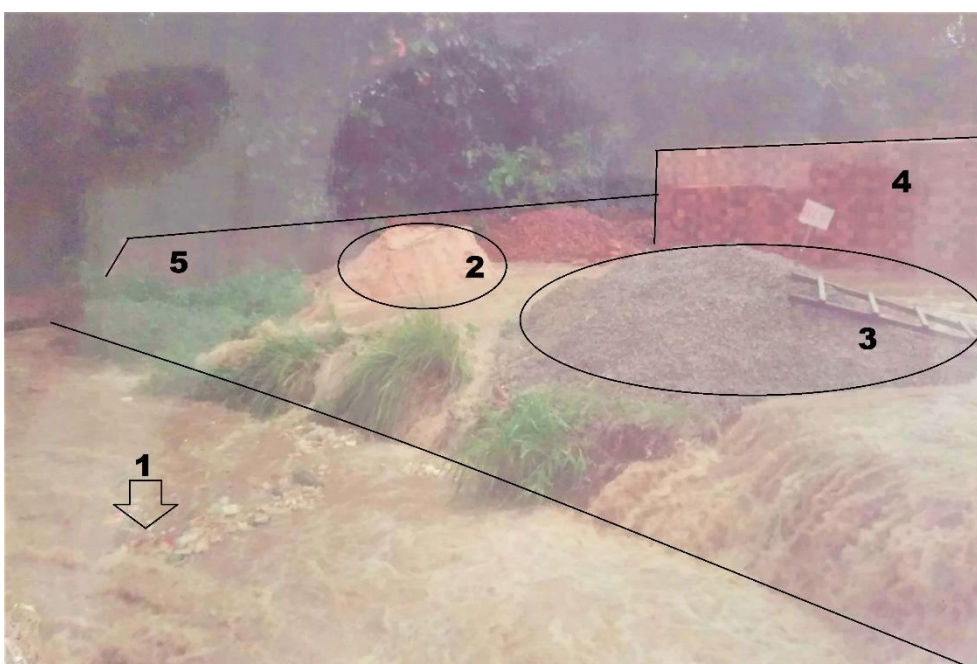
A partir do processo histórico de ocupação, principalmente quando este se dá por ocupação irregular, os canais fluviais e matas ciliares sofrem diretamente os impactos, devido aos sedimentos lançados do rio, assim como efluentes *in natura*, pois inicialmente não há rede de esgoto nessas áreas, as margens são habitadas e para isto retira-se a vegetação e impermeabiliza-se as margens contribuindo para a ocorrência de inundações.

Nesta área a partir das entrevistas, ao final do período chuvoso e início do período seco de 2017, e no período chuvoso de 2018, constatou-se através dos depoimentos destes, que sempre houve a ocorrência de inundações no período chuvoso, entretanto segundo relatos, os piores eventos deram-se no ano de 2009 e 2012, todavia, a única data aproximada que obtivemos foi de um evento de inundação de 17 de fevereiro de 2015.

Ao buscarmos os índices pluviométricos de chuvas horárias no período em questão, o dia chuvoso mais próximo foi 18 de fevereiro de 2015, de acordo com a estação localizada na Vila Janaína, São Luís – MA. às 17:00h da data em questão, o acumulado horário foi de 27.8 mm e as 19:00h de 9.2, sendo o total acumulado em 24 horas de 38.6 mm (CPTEC/INPE, 2019), o que segundo os órgãos de monitoramento é considerado como estado de alerta para desastres relacionados à inundação.

Na foto 3 pode-se observar a elevação do nível da água no canal fluvial (seta 1) areia (círculo 2), brita (círculo 3) e tijolos (número 4) sendo carreados pela chuva, com perdas em torno de 7.000 reais pelo proprietário.

Foto 3 - Evento de inundação na rua das Jaqueiras, Vila Lobão, 2009



Fonte: Morador da área, 2018.

No ano de 2008 o proprietário deste estabelecimento construiu um muro que pode tendo em vista conter as inundações, entretanto este foi sendo derrubado em partes ao longo dos anos, até que no início deste ano (2018), teve que ser totalmente reconstruído, o que torna evidente que a população acredita que apenas obras de engenharia podem conter os eventos de inundação.

Os moradores foram questionados se consideravam o local como área de risco referente à inundação, todos responderam que não, e consideraram o local seguro, tanto no que se refere ao risco de inundação quanto à violência urbana. Embora seja fato sabido, os casos de roubos e furtos na área de estudo. Nesta área, um total de nove habitações são atingidas diretamente pelas inundações sendo que destas, três são estabelecimentos comerciais e o restante residências.

A partir das observações em campo e entrevistas com os moradores percebeu-se que os resíduos sólidos lançados no canal fluvial pela população, caracterizam-se como fatores intensificadores das inundações no local, visto que este canal foi tubulado e com o aumento das chuvas, os sedimentos são carregados das áreas mais altas em direção a foz, entretanto com as galerias e tubulações entupidas pelos resíduos sólidos, a água e sedimentos não conseguem fluir e acabam intensificando a ocorrência de inundações. No entanto, quando o canal fluvial encontra-se desobstruído não há ocorrência de inundação, ou é de pequena intensidade.

5.1. 2 Mancha de Inundação 2 - Rua Projetada, Jardim São Cristóvão

Nesta área parte do canal fluvial foi aterrado para construção das casas e da própria rua, que é de grande circulação, pois funciona como rota alternativa de ligação entre a Av. Santos Dumont e a Avenida Guajajaras. O córrego é quase imperceptível em meio a planície de inundação, sendo esta, vasta e de fácil visualização, entretanto nota-se a pressão das ocupações no entorno. Do outro lado sendo o canal cortado pela rua Projetada, a planície de inundação encontra-se ocupada por estabelecimentos comerciais e ocupações irregulares.

A partir da entrevista aplicada neste local, compreende-se que as inundações influenciam indiretamente os moradores do local, pois apesar da água não invadir as residências, a mesma prejudica a passagem de carros e clientes para estabelecimentos comerciais localizados nas imediações.

Notou-se nos trabalhos de campo que algumas pessoas tentam se estabelecer na planície de inundação mesmo depois de terem sido alertadas pelos moradores que esta é uma

área inapropriada para ocupação, e de presenciarem eventos de inundação no local. Estes ocupantes estão aterrando o que ainda resta do córrego neste lado da via e descarregando entulho mais acima na área da nascente, tendo em vista assorear o canal fluvial totalmente, e ocupar a área de forma definitiva.

Na foto 4 pode-se observar o canal fluvial no período seco totalmente vegetado (seta 2), que localiza-se do lado esquerdo da via no sentido Avenida Guajajaras em direção à Avenida Santos Dumont. Observa-se ainda algumas ocupações irregulares (setas 1 e 3) habitando na planície de inundação.

Foto 4 - Área de ocupação na planície de inundação, rua Projetada- Jd. São Cristóvão



Fonte: Google Street View, 2017.

Na foto 5A pode-se observar o evento de inundação que ocorreu no mês de fevereiro de 2018, segundo relatado na entrevista, o evento ocorreu entre os dias 05 e 07 de fevereiro de 2018, onde observa-se em primeiro plano a área inundada (seta1), chegando a alcançar a moradia irregular (seta 2) e na foto 5B o canal fluvial após o evento de inundação, sendo possível observar os sedimentos carregados assim como pneus e galhos de árvores. Observa-se que os resíduos sólidos são lançados pela população no canal fluvial, o que carreta no aumento da vazão e obstrução da passagem da água no canal fluvial. Os dados de chuvas horárias disponíveis para o período mencionado pelo entrevistado (05 a 07 de fevereiro) correspondem à estação pluviométrica localizada na Área de Proteção Ambiental do Itapiracó com destaque para o dia 07 de fevereiro de 2018, indicando às 18:00 um índice de 24.6 mm de precipitação, e às 19:00h apresentando 35.0 mm, com total acumulado em 24 horas, de 88.2 mm (CPTEC/INPE, 2019), sendo considerado estado de alerta máximo, devido a probabilidade de desastres.

Foto 5A - Canal fluvial na Rua Projetada durante a inunda o (08/02/18)



Foto 5B - Canal fluvial na Rua Projetada após evento de inunda o (08/02/18)



Fonte: Morador da  rea, 2018.

Das áreas de inunda o mapeadas esta localiza-se na cota de inunda o mais alta com 30 m, ressalta-se que das sete manchas mapeadas, apenas nesta a inunda o atinge a cota de 30 metros, as demais alcançam a cota de 15 metros. Acredita-se que isto deve-se ao aterramento do canal fluvial que fica próximo a nascente, pela popula o que tenta ocupar a planície de inunda o na rua Projetada e para isto deposita entulho. Além disto, a situa o torna-se mais grave devido ao aterramento de grande parte do canal fluvial, possivelmente antiga área de nascente, onde foi construído um grande aterro irregular de lixo, localizado no cruzamento da rua 30 com a rua 11 no bairro Tirirical. Segundo relatos dos moradores o lixão tem por volta de 20 a 30 anos, constatou-se vários caminhões efetuando despejo no local, e resíduos sendo queimados no mesmo.

Na pequena área remanescente da nascente próxima ao aterro irregular, de propriedade particular localizada na rua 13 do Engenho, pode-se observar o afloramento da nascente que serve de refúgio para a fauna ainda existente, e com diversidade de flora. Entretanto esta encontra-se ameaçada pela pressão populacional do entorno, invasão e ameaça de grileiros ao proprietário do local. Assim como na área de inunda o 1, pode-se inferir que

os resíduos sólidos, resíduos de construção colocados no canal fluvial contribuem para o aumento da vazão e magnitude dos eventos de inundação local.

5.1.3 Mancha de inundação 3 - Rua João Alberto

Na Rua João Alberto situada na Vila Lobão, a mancha de inundação atinge por volta de seis residências, muitas delas já estão à venda, e grande parte do canal fluvial nesta área foi aterrado para a construção Avenida Santos Dumont, além da construção de áreas residências e comerciais. Neste ponto a degradação se dá atualmente por conta do despejo de resíduos sólidos dentro do córrego que insere-se na Reserva Canaã administrada pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, entretanto os moradores da região relatam que o órgão responsável não cuida da reserva e deixam que resíduos sejam lançados no canal, por moradores de outras localidades, além da mesma servir de esconderijo para meliantes.

Diante disto, os próprios moradores estão fazendo mutirões para a limpeza da reserva. Assim, no que tange sobre os indicadores de degradação observou-se que além do processo histórico de ocupação predatória, ocorreram mudanças na topografia do fundo do leito, lixo, sedimentos e efluentes líquidos sendo lançados no canal, além da retirada da mata ciliar em alguns pontos, levando a ocorrência de vegetação secundária.

Em entrevista com moradora do local, a mesma relata que no período chuvoso há o transbordamento da água do rio, entretanto não adentra no interior da casa, apenas no quintal, entretanto nem sempre foi assim. A mesma conta que os eventos de inundação começaram a se agravar a partir da década de 80, mas segundo a mesma, na gestão do ex Governador Castelo (1979 - 1982) o mesmo fez a obra de construção da Avenida Santos Dumont os eventos cessaram, até que por volta do ano de 1992 os eventos de inundação voltaram a atingir a população do entorno. A mesma relata que a água só chegou a adentrar sua residência no ano de 2003, e não sabe informar uma data aproximada.

Quanto ao período chuvoso de 2017 e 2018, ela comenta que em 2017 apesar do aumento do nível da água ter se elevado no canal fluvial da Reserva Canaã, e a água transbordou e alcançou a Avenida Santos Dumont, o escoamento se deu de forma rápida e não atingiu a moradia. Quanto ao período chuvoso de 2018, ela relata que após as constantes limpezas que estão sendo efetuadas todos os sábados para retirada de resíduos sólidos do canal fluvial devido esforços de uma vereadora do bairro os eventos de

inundação não ocorreram no período em questão.

Ressalta-se que a moradia da entrevistada encontra-se em um nível mais baixo que a Avenida Santos Dumont e a água converge na direção da residência, tendo marcas da destruição da inundação até hoje, sendo esta área localizada na cota de 15m. Na foto 6, a seta 2 indica a localização da Avenida Santos Dumont em relação a residência, na seta 3, a localização do canal fluvial, e a seta 1 o que restou do muro após os eventos de inundação.

Foto 6 - Moradia atingida por inundação, Rua João Alberto



Fonte: Costa,2017.

5.1.4 Mancha de inundação 4 - Rua São Carmelo

A Rua São Carmelo localiza-se no bairro Pirapora, uma área de ocupação irregular contemporânea à Vila Lobão, entretanto de acordo com os moradores esta iniciou-se a cerca de 30 anos. A partir dos trabalhos de campos e entrevista, afirma-se que cerca de 11 habitações são afetadas, estando localizada na cota de inundação de 15m. Cabe ressaltar que neste local as habitações foram construídas no leito do rio (Foto 7), o que aumenta o perigo à inundação dessa população.

Na foto 7 é possível visualizar na seta 1 o canal fluvial, sendo a cor da água verde escuro e com resíduos sólidos ao longo de trecho observável. A seta 2 indica a base de sustentação da palafita de baixo padrão, composta em partes por alvenaria e restos de madeiras e a seta 3, uma estrutura de proteção constituída de galhos de árvores, restos de madeira e arame. Segundo informações dos moradores vizinhos, a família que habitava esta residência abandonou o local antes do período chuvoso de 2018.

Foto 7 - Habitações construídas no leito do rio, Rua São Carmelo – Pirapora



Fonte: Costa, 2017.

Em entrevista com o morador que participou desde o início da ocupação, o mesmo afirmou que o maior evento de inundação enfrentado fora à cinco anos atrás (2011); este chegou a romper a ponte de madeira construída pelos moradores, que precisou ser totalmente refeita com uma madeira mais resistente. Ele relata também que o escoamento da água dura no máximo 20 minutos e que a fauna do rio era muito diversificada no início da ocupação, mas que ainda hoje pode-se observar em quantidade reduzida, jacarés e peixes.

Na foto 8, a seta 1 indica o canal fluvial onde é possível perceber a diferença de coloração da água em relação à foto anterior, que no período seco se mostrou mais turva e escura devido aos efluentes domésticos lançados no canal fluvial, e na seta 2 visualiza-se a estrutura de arame que servia de corrimão e foi derrubada pela força da água, e a seta 3 indica onde esta estrutura se encontrava antes do evento de inundação.

Em evento de inundação relato por um dos entrevistados, o mesmo relatou que a altura da água alcançou mais de 44 cm no interior da residência no ano de 2012, no qual os moradores narram ter sido a pior inundação enfrentada, entretanto não sabem indicar mês ou dia. Quanto à ocorrência de inundação no local no período chuvoso de 2017 e 2018, os moradores relataram que a água não chegou a atingir as residências.

Foto 8 - Destruição da ponte no período chuvoso



Fonte: Costa, 2018g.

5.1.5 Mancha de inundação 5 - Travessa São Jorge

Na travessa São Jorge no bairro João de Deus, identificou-se que o canal fluvial foi fechado e implantadas tubulações de esgoto (Foto 9). Na seta 1 identifica-se o local onde passava o canal fluvial, atual tubulação e a seta 2 indica mecanismo de proteção contra a água na residência.

Foto 9 - Tubulações de esgoto implantadas no canal fluvial



Fonte: Costa, 2017.

O morador entrevistado da área aponta que quando chegou na localidade há trinta anos para ocupar irregularmente essa terra, existia um córrego no local e a água limpa e observava-se peixes e jacarés. O mesmo relata que ele próprio foi responsável pelo aterramento do canal para impedir que as inundações atingissem sua residência. Ele declara ainda que há alguns anos não sabe indicar o ano com clareza, a tubulação estava com muitos resíduos sólidos que dificultavam a passagem da água, e neste dia a água entrou na residência e subiu rapidamente sendo necessário furar as paredes para saída da água. Atualmente segundo as informações do morador após a chuva a água escoar rapidamente. Apesar da necessidade de mais dados sobre esses eventos na região, os eventos de inundação foram confirmados por parte dos moradores mais antigos da área.

5.1.6 Mancha de inundação 6 - Rua da Macaúba

Esta área de inundação compreende parte da rua Coração de Jesus e a rua da Macaúba no bairro Vila Conceição. Esta área de inundação foi mapeada em abril de 2018, sendo a rua mais atingida a rua da Macaúba. Os moradores entrevistados relataram que residem ali há mais de 15 anos, e são atingidos por inundações todos os anos no período chuvoso. Entretanto apesar do nível da água se elevar rapidamente no canal fluvial, estes relatam que a água leva cerca de 20 minutos para escoar. Na rua da Macaúba cerca de 20 famílias são atingidas pelos eventos em questão, sendo esta, a rua mais atingida.

Observou-se que além da proximidade das residências em relação ao canal, a quantidade de resíduos sólidos lançados neste agrava os eventos de inundação, como na maioria das manchas de inundação mapeadas. Na foto 10, observou-se a tubulação de esgoto implantada em parte do canal fluvial (seta 1), efluentes domésticos lançados *in natura* (seta 2), resíduos sólidos no leito (seta 3), e a seta 4 indica o caminho que o canal fluvial percorre, da travessa Coração de Jesus passando por dentro de uma empresa de distribuição privada até chegar à Avenida Santos Dumont.

Na foto 11 referente a Rua da Macaúba, sendo esta a rua mais atingida nesta mancha de inundações, é possível reconhecer o leito fluvial (seta 1), com grande carga de assoreamento, vegetação secundária nas margens, e resíduos sólidos que são lançados no leito do rio (seta 2), habitações que foram construídas no leito fluvial (seta 3) e as marcas dos eventos de inundação nas paredes das residências (setas à direita).

Foto 10 - Canal fluvial na Travessa Coração de Jesus, Vila Conceição (27/04/18)



Fonte: Costa, 2018g.

Foto 11- Leito fluvial na Rua da Macaúba, Vila Conceição (27/04/18)



Fonte: Costa, 2018g.

5.1.7 Mancha de inundação 7 - Rua das Brotas

Esta mancha de inundação abrange parte da Avenida Casemiro Júnior, Avenida Édson Brandão e a Rua das Brotas, sendo esta área um de fundo de vale, que de acordo com a lembrança de antigos moradores, havia um brejo, alagado ou córrego, os mesmos não sabem distinguir. A partir das cartas DSG do ano de 1980, constatou-se que ali havia um canal fluvial, afluente do rio Anil, possivelmente onde hoje encontra-se a tubulação de esgoto, além disto constatou-se que a área que corresponde atualmente ao CEUMA – Centro Universitário do Maranhão unidade Anil, abrigava uma das nascentes do canal fluvial.

Nesta mancha de inundação tem-se aproximadamente 30 ou mais habitações atingidas, contabilizando áreas residenciais e comerciais atingidas direta e indiretamente.

Segundo os entrevistados na Rua das Brotas, os eventos de inundação começaram a ter maior magnitude após a construção da universidade em questão e de um supermercado. Desta forma acredita-se que as nascentes, constatadas a partir das cartas DSG de 1980, foram aterradas na construção da universidade em questão e do supermercado, contribuindo na intensidade das inundações.

Na Rua das Brotas são atingidas cinco habitações diretamente, onde a água adentra as residências e os moradores perdem todos os móveis (Foto 12), e como forma de conter a entrada da água nas residências constroem batentes e aumentam a altura das calçadas.

Foto 12 - Vista do interior da casa no evento de inundação, Rua das Brotas



Fonte: Morador da área, 2018.

Os eventos de inundação são tão severos nesta mancha de inundação, que há uma casa que foi abandonada (Foto 13) por conta da ocorrência de inundações, e hoje o estado da casa é de destruição. Pode-se observar galhos de árvores trazidos pela força da água de áreas mais acima até a residência (seta 2). Estima-se que o prejuízo do dono da mesma esteja entre 165 e 265 mil, que é a média do valor das residências desse padrão na região. É possível observar na seta 1, o local onde provavelmente estava o leito fluvial e encontra-se a galeria atualmente (seta 1).

Foto 13 - Residência abandonada, após inundações



Fonte: Costa, 2017.

É possível ver nas paredes da casa as marcas das inundações anteriores, na qual a partir do auxílio dos moradores e das medições das marcas na parede, identificou-se que em fevereiro de 2017 a altura da água foi de 1,75m (Foto 14), e no ano de 2014, esta chegou a 2,2 metros no local. Destaca-se o evento de inundação ocorrido nesta área no dia 29 de maio de 2017 no qual a inundação derrubou o muro do antigo Grêmio Recreativo Lítero, onde localiza-se o principal canal fluvial do rio Anil, atingindo um carro, e causando grandes transtornos na Av. Casemiro Júnior e Édson Brandão (Foto 15).

A partir dos dados disponíveis na estação pluviométrica da APA do Itapiracó observou-se que a partir das chuvas horárias do dia anterior ao ocorrido (28/05/17), um acumulado de 38.2 mm em 24 horas, com concentração de chuva nos horários de 13:00h (15mm), 18:00h (2.4), 19:00h (8.8mm), e 20:00h (10.0mm) de acordo com os dados do CPTEC/INPE (2019), o que acredita-se ter contribuído para a queda do muro do antigo Grêmio Recreativo Lítero no dia 29, no qual parte do muro já havia desmoronado no dia 29 de abril do mesmo ano.

Foto 14 - Marcas de inundação na parede da residência abandonada



Fonte: Costa, 2017.

Foto 15 - Inundação em 29 de maio de 2017, Av. Casemiro Júnior



Fonte: Reis, 2017.

Na foto 15, pode-se observar o evento de inundação, sendo possível enxergar em primeiro plano, motos impossibilitadas de passar, esperando o escoamento da água. Observa-se também a partir (seta 1) que a água encobriu as rodas do carro que está no posto de gasolina. A seta 3 indica a localização do canal fluvial e a seta 2 a aglomeração de pessoas e veículos esperando a água escoar para atravessar a avenida.

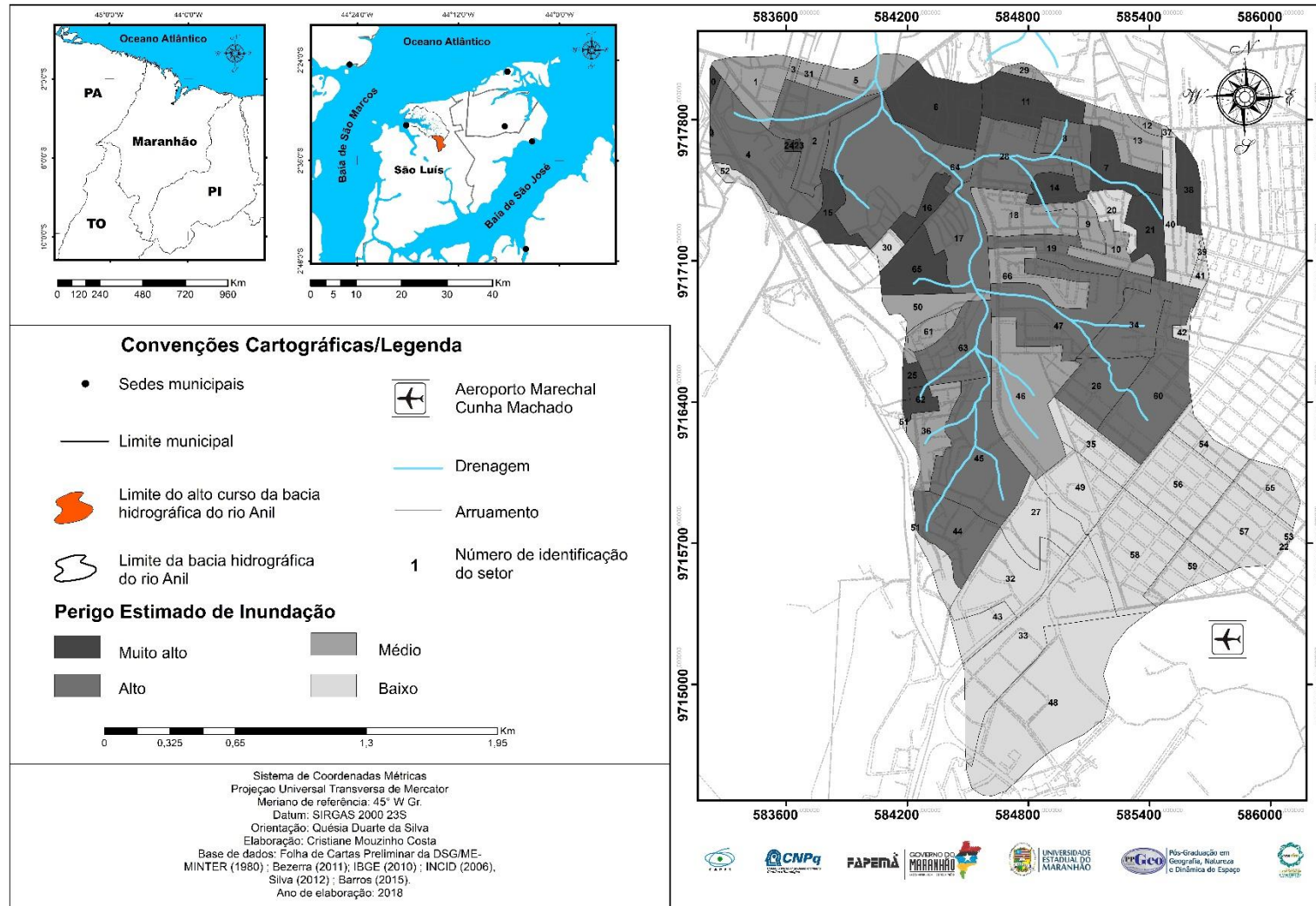
5.2 Perigo Estimado de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil

De acordo com a metodologia de Goerl *et al.* (2012) o Perigo Estimado é delimitado a partir do polígono da área inundada de cada setor censitário, adotando como base a cota altimétrica determinada pelo plano diretor do município. A Lei Ordinária 4.669 de 11 de outubro de 2006, que dispõe sobre o Plano Diretor do município de São Luís no artigo 28,§3º estabelece a cota de 05 metros como linha de preamar, como áreas identificadas como inundáveis. Entretanto a partir dos trabalhos de campo e com auxílio das cotas altimétricas identificou-se as manchas de inundação em maioria atingindo a cota altimétrica de 15 metros e uma área atingindo a cota de 30 metros, desta forma optou-se por estabelecer a cota de 30 metros para delimitação das áreas inundadas de cada setor. Tendo em vista que o plano em questão estabelece a cota de 05 metros como linha de preamar, como áreas identificadas como inundáveis, e a mancha de inundação em questão atinge até a cota de 15 metros, infere-se que as áreas inundáveis nas cotas de 10 a 30 metros não foram identificadas no plano diretor e a partir disto caracterizam-se como áreas seguras para a população de acordo com este.

Apesar disto, como já mencionado, as áreas inundáveis ultrapassam a cota 5 metros em toda área de estudo, e a partir dos relatos dos moradores mais antigos da região, os primeiros eventos de inundação datam da década de 1990, e a publicação do atual Plano Diretor do Município de São Luís data do ano de 2006, isto é, da ocorrência dos primeiros eventos até o lançamento do plano diretor atual passaram-se 16 anos e ainda assim as áreas inundáveis das cotas de 10 a 30 m não foram contempladas pelo plano diretor, o que é preocupante no gerenciamento de áreas inundáveis, pois desconsidera áreas de perigo.

O Mapa 8 demonstra a distribuição espacial do *PE* a partir dos setores censitários do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil. Percebe-se que as áreas de perigo muito alto e alto correspondem a setores que estão próximos ou na abrangência dos canais fluviais, concentrando-se na porção norte, nordeste e noroeste da bacia, isto é, a partir do método de classificação utilizado (Quantil) que analisa onde estão os valores mais próximos da mediana, os valores mais baixos, e os mais altos, infere-se que as áreas de risco muito alto correspondem aquelas cujos valores são mais altos. Identificou-se como setores de perigo muito alto de inundação os setores: 0,6,7, 11, 14,15,16, 21,23,24, 25, 38,62 e 65. Quanto aos setores que apresentaram perigo alto, estes vão desde a porção central da bacia em direção a porção norte, sendo estes: 2, 4, 8, 17, 19, 26, 28,34, 44, 45, 47, 60, 63 e 64 (Mapa 8).No que se refere ao perigo médio de inundações os setores neste padrão foram os setores, 1, 3, 31, 5, 29, 13, 12, 18, 9, 10, 50, 61, 66,46 e 36, que seriam aqueles cujos valores estão mais próximos da mediana.

Mapa 8 - Perigo Estimado de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

Em relação aos demais setores estes foram considerados de perigo baixo e correspondem em maioria às áreas localizadas ao sul da bacia e estão fora da abrangência da drenagem, e correspondem aos valores mais baixos a partir do método escolhido.

Cabe destacar que a cota de inundação de 30 metros foi estabelecida a partir dos eventos de 2016 a 2018, visto que no município de São Luís não há estudos sólidos nem séries longas que permita um estudo hidrológico aprofundado.

5.3 Vulnerabilidade no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil

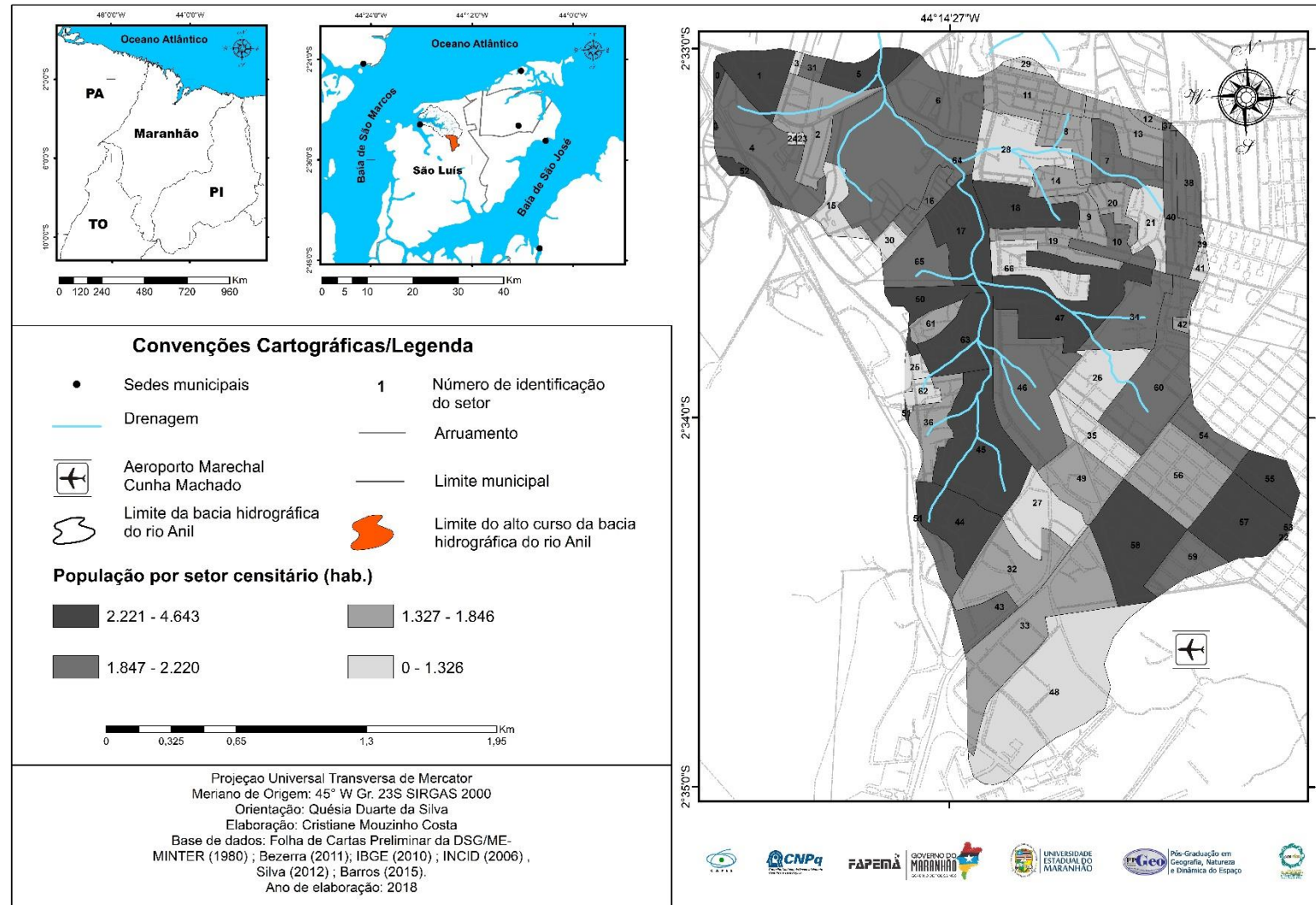
Para obtenção do índice de vulnerabilidade foram compiladas sete variáveis alicerçadas nos dados do censo 2010. Estas foram escolhidas com base na metodologia de Goerl *et al.* (2012) que consideram estas representativas dos três principais campos que compõem a vulnerabilidade (demografia, educação e economia) e acrescentou-se a variável relacionada ao descarte de resíduos sólidos, visto que estes contribuem para o agravamento dos eventos de inundação no local, sendo este lançamento de resíduos sólidos constante nos canais fluviais da região, mesmo com a coleta de lixo regular.

Da compilação destas obtiveram-se as seguintes variáveis: população total do setor, média de moradores por residência, densidade demográfica, número de pessoas alfabetizadas por setor, porcentagem da população com baixa renda, população dependente e domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro ou rio.

Nota-se no Mapa 9 que a maior parte da população concentra-se na porção central da área de estudo, acompanhando a drenagem e, a Avenida Santos Dumont, onde estão os comércios e serviços, além da concentração isolada em pontos periféricos na porção sudeste e nordeste.

Na porção central a concentração corresponde às áreas de ocupação Vila Lobão, Sítio Pirapora, Vila Roseana Sarney, Anil (bairro tradicional) e Jardim São Cristóvão e Loteamento Santo Antônio. Na porção periférica da área de estudo as maiores concentrações destacam-se a noroeste, pela área de ocupação Santa Cruz, o bairro tradicional Cutim Anil, e setor limítrofe dos bairros, Coheb e Sacavém sendo estes dois últimos conjuntos residenciais construídos através da Cooperativa Habitacional-COHAB e Cooperativas. Na porção nordeste do alto curso do rio Anil destacam-se os setores censitários inseridos nas áreas de ocupação João de Deus e Vila Conceição, e Jardim São Cristóvão que também cobre setores censitários na porção sudoeste.

Mapa 9 - População total do setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

Quanto a porção sudeste os setores com destaque estão inseridos no bairro Tirirical. Nos setores com a concentração entre 0-1.326, estes correspondem à áreas de planície de inundação não totalmente ocupadas, terrenos de especulação imobiliária, áreas de funcionamento de empresas ou igrejas e militares.

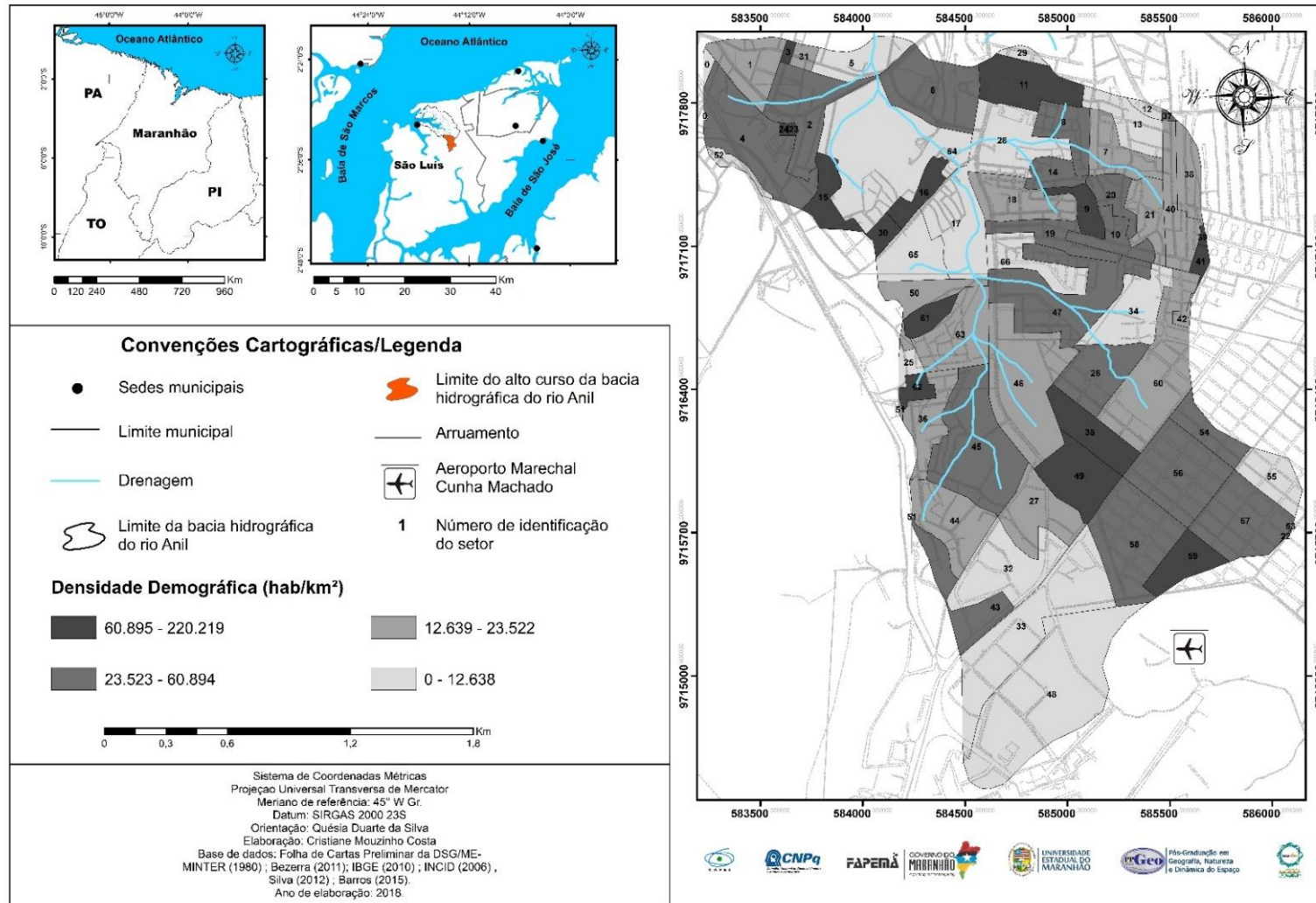
No tocante à densidade demográfica (Mapa 10), os setores com maior adensamento populacional correspondem a pequenos setores distribuídos de forma isolada e majoritariamente nas áreas de ocupação, são estes: Vila Roseana Sarney, Sítio Pirapora, Vila Lobão, Vila Conceição, João de Deus, Santa Cruz e os bairros Anil, Jardim São Cristóvão e Tirirical e Santo Antônio.

Quanto à média de moradores por setor censitário (Mapa 11) nota-se que os setores com as maiores concentrações estão a sudeste nos bairros Jardim São Cristóvão e João de Deus. E em setores isolados nos bairros Cutim - Anil, Anil, Vila Lobão, Vila Roseana Sarney e Tirirical. No que concerne aos valores nulos e baixos da média de moradores estes setores concentram-se na porção norte da área de estudo, com ênfase para os setores localizados nos bairros Sítio Pirapora, Anil, Vila Conceição e setores isolados na porção sul da área do alto curso do rio Anil.

Em referência à população de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos considerada dependente (Mapa 12) os setores com maior concentração estão dispersos nas extremidades noroeste, sudeste, sudoeste e setores na área central. Os setores relevantes neste sentido estão nos limites dos bairros Tirirical, Vila Roseana Sarney, Vila Lobão, Jardim São Cristóvão, Sítio Pirapora, João de Deus, Santa Cruz e Cutim - Anil.

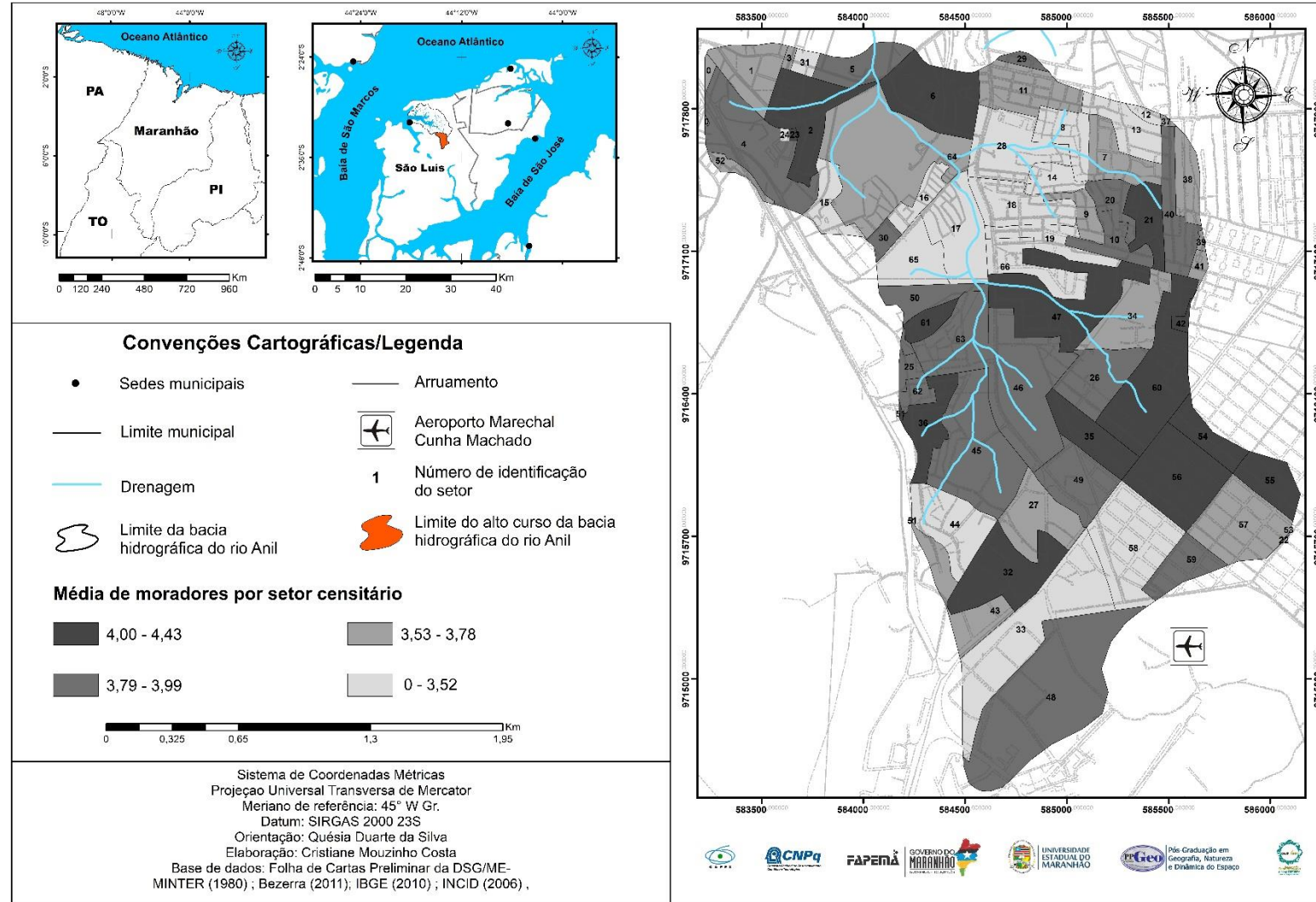
Em relação à variável número de alfabetizados por setor censitário (Mapa 13), observa-se que esta apresenta uma relação direta com a variável população de baixa renda, visto que os setores com o maior número de pessoas alfabetizadas correspondem aos setores com menor percentual de população de baixa renda. E apesar da muito alta concentração populacional em áreas de ocupação, estas são que apresentam maior número de alfabetizados e diante do cenário de baixa renda são as que apresentam menores percentuais de pessoas responsáveis pelos domicílios com rendimento mensal de até um salário mínimo (Mapa 14). Esses percentuais se dão devido aos responsáveis pelos domicílios nesta área serem comerciantes, visto que a região é um ponto com vários estabelecimentos comerciais e feiras de venda de alimentos entre outros.

Mapa 10 - Densidade Demográfica do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



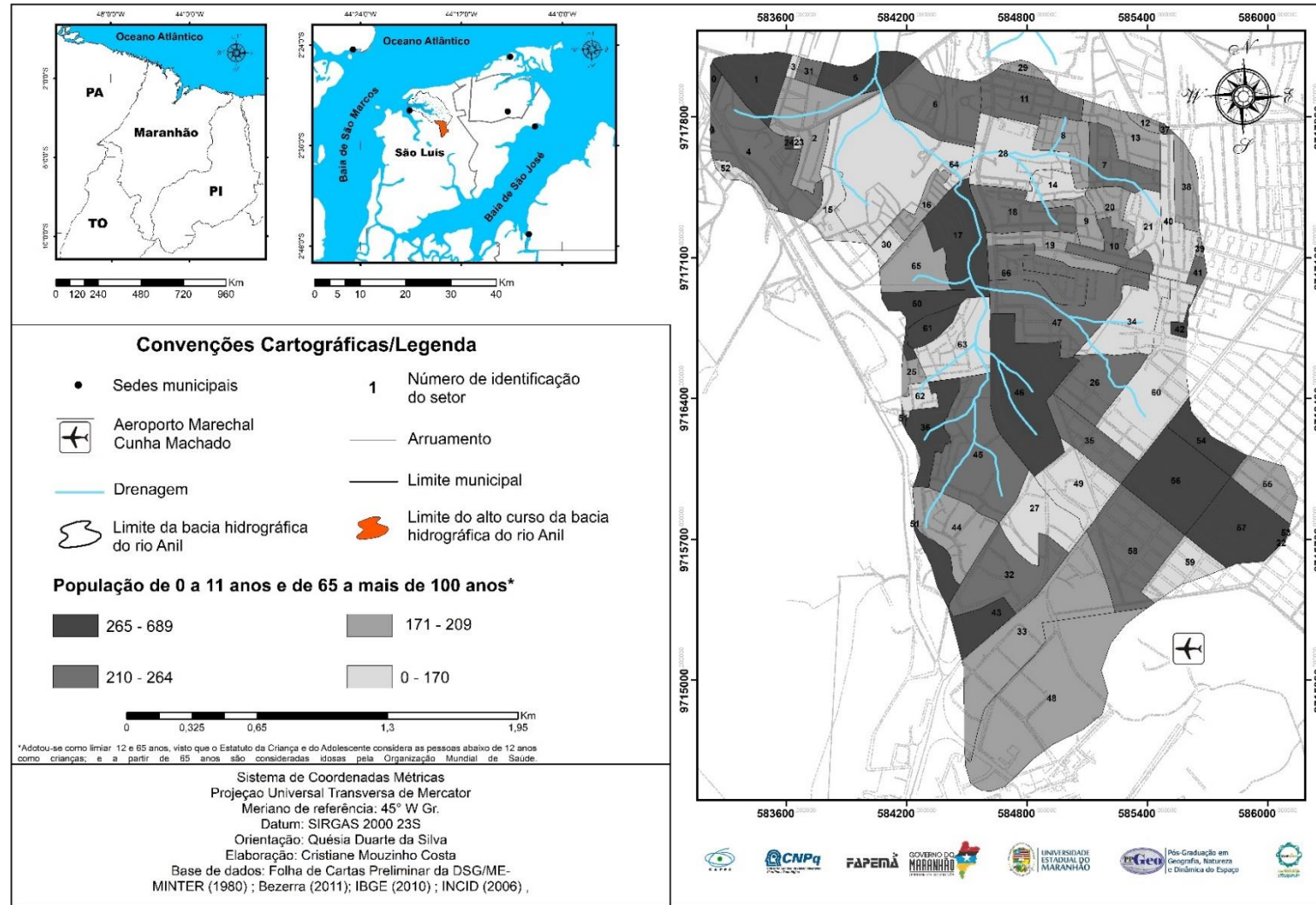
Fonte: Costa, 2018b.

Mapa 11 - Média de moradores por setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



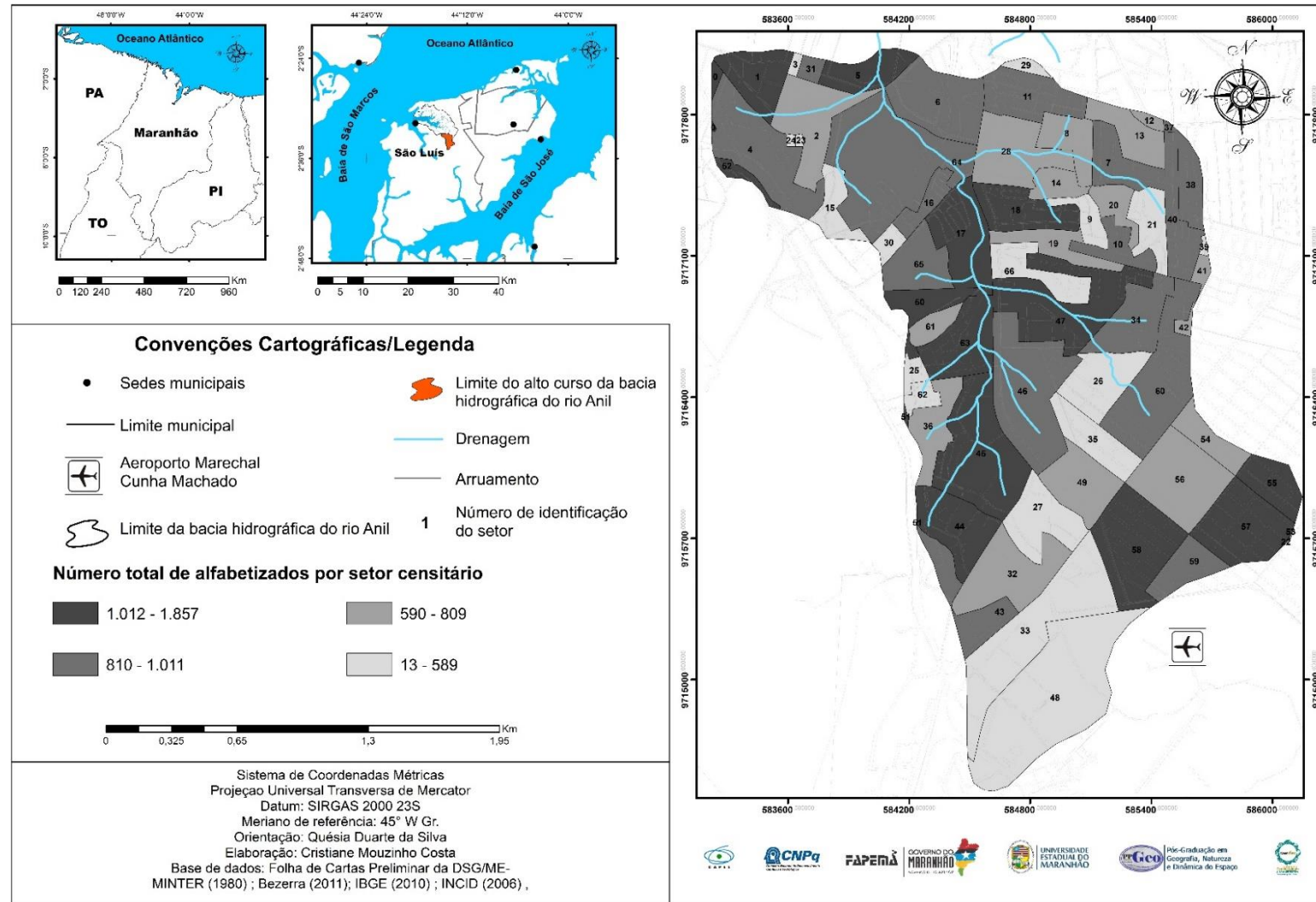
Fonte: Costa, 2018b.

Mapa 12 - População de 0 a 11 anos e de 65 a mais de 100 anos do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



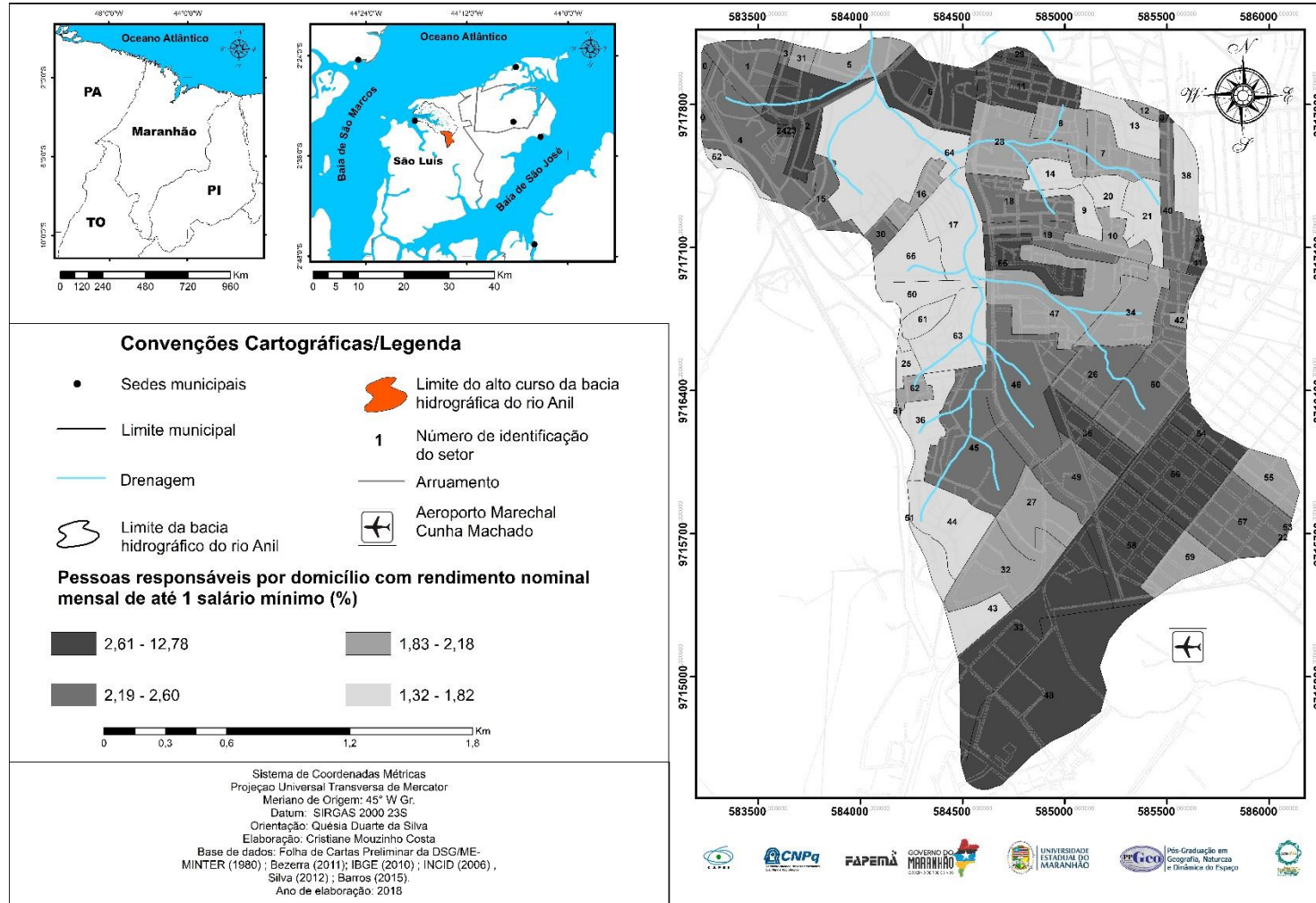
Fonte: Costa, 2018b.

Mapa 13 - Número de alfabetizado por setor censitário do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

Mapa 14 - Percentual de pessoas responsáveis pelos domicílios com rendimento mensal de até um salário mínimo do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

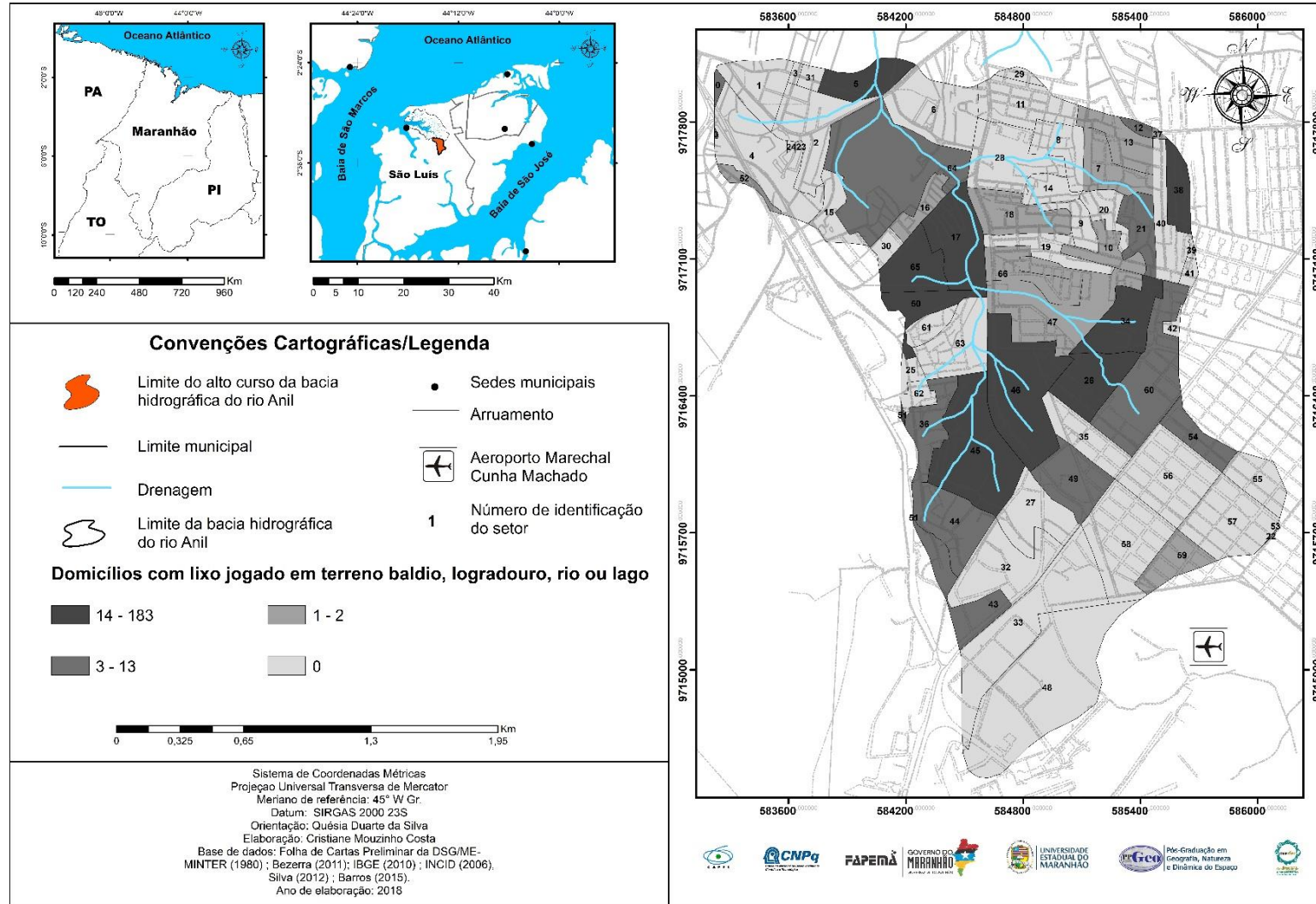
Por fim no que diz respeito aos domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago (Mapa 15) os setores de maior concentração referem-se às áreas centrais da bacia, próximas ao canal fluvial principal do rio Anil, acompanhando a Avenida Santos Dumont e coincidem com as áreas de manchas de inundação e áreas de influência das nascentes, confirmando que os resíduos sólidos lançados nos canais fluviais da área de estudo contribuem para o aumento da magnitude das inundações, visto que aumentam o pico de inundação por impedirem o fluxo da água nos canais fluviais. Os setores com os valores muito altos de domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago inserem-se nas áreas Vila Roseana Sarney, Sítio Pirapora, Santa Cruz, João de Deus, Jardim São Cristóvão e Tirirical.

A partir dos índices de vulnerabilidade elaborou-se o mapa de vulnerabilidade do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil (Mapa 16), cujos setores que apresentaram vulnerabilidade muito alta localizam-se na porção central da margem direita do canal fluvial nas imediações da Vila Roseana Sarney, Vila Lobão e Sítio Pirapora. Nas porções periféricas a noroeste e sudoeste destacam-se setores no Tirirical e Santo Antônio, e na porção sudeste nas imediações do Jardim São Cristóvão.

Quanto aos setores com menor vulnerabilidade tem-se os setores em sua maioria localizados na porção leste, sendo estes: 0, 29, 12, 28, 13, 7, 66, 39, 25,26, 60, 54, 56,27, 32,33 e 48. Embora sete variáveis tenham sido consideradas, constata-se no Mapa 17 que as áreas de muito alta vulnerabilidade em sua maioria correspondem às áreas de ocupação irregular com aglomerado populacional enquanto as de baixa vulnerabilidade são aquelas preponderantemente de menor quantitativo populacional, correspondente a áreas de bairros tracionais do município. Considerando que a vulnerabilidade remete-se aos atributos socioeconômicos, infere-se que o índice de vulnerabilidade reflete o processo social, político e econômico do local.

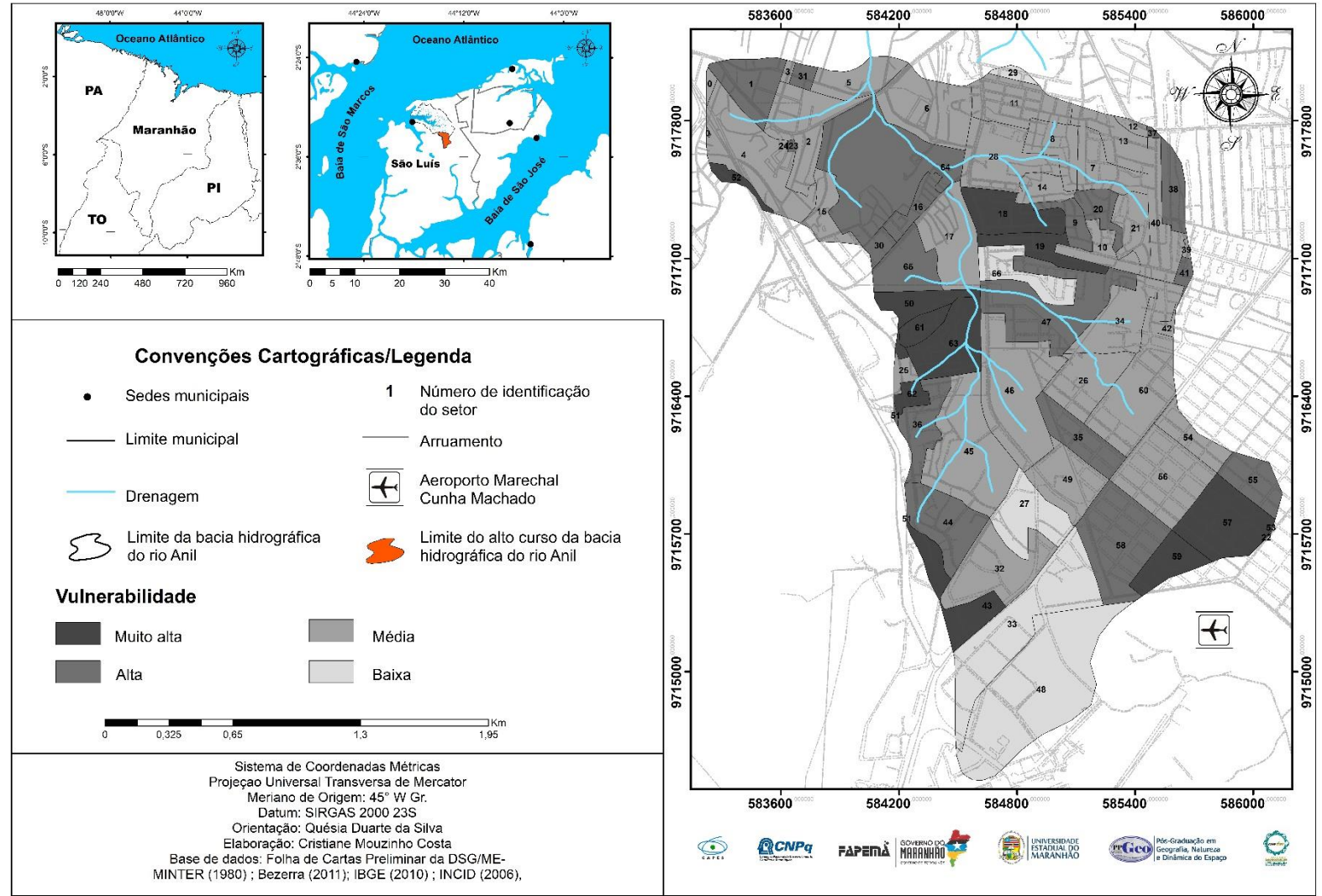
Desta forma, a partir da espacialização do índice através do mapa, é viável apontar as áreas primordiais para execução de políticas públicas de ordenamento territorial, prevenção e educação ambiental. Entretanto, ao analisar o mapa de vulnerabilidade e a partir do conhecimento da área de estudo, pode-se inferir que os índices de vulnerabilidade são baixos se comparados com a realidade do local, isto deve-se a escolha das variáveis utilizadas no modelo proposto. Ressalta-se que dados de criminalidade seriam de importância na análise, visto que muitas vezes, as pessoas evitam sair de suas casas nos eventos de inundação, com receio de roubos nas mesmas, entretanto até o presente momento não se tem dados disponíveis para esta análise.

Mapa 15 - Domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

Mapa 16 - Vulnerabilidade do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

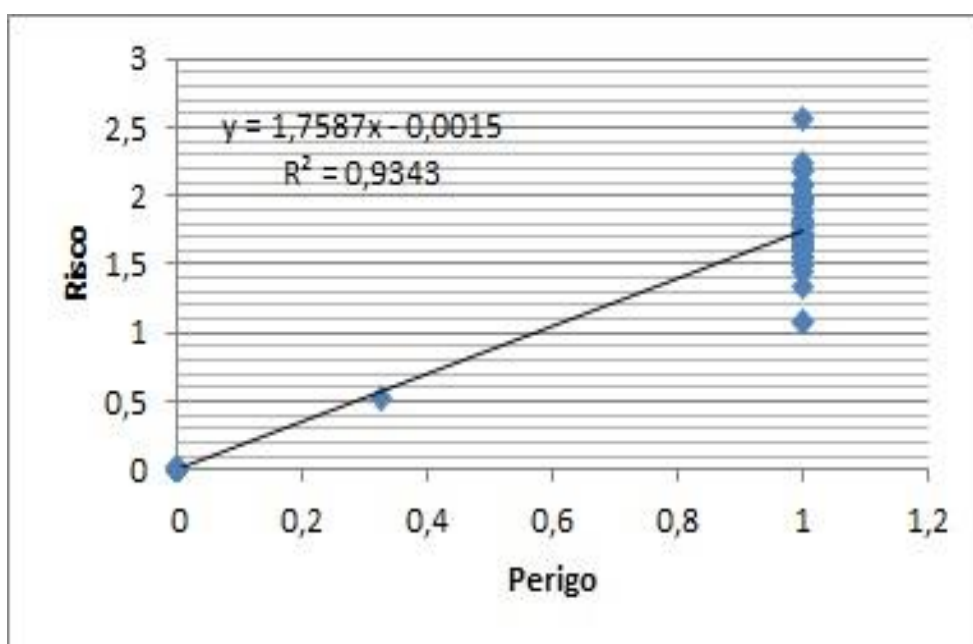
Outra variável importante é estimar quão segura é a habitação a partir do tipo de material utilizado na construção da residência, entretanto esta variável demandaria tempo e disponibilidade de mão de obra para efetuar os campos visitando todas as habitações da área de estudo, tornando-se portanto inviável devido ao tempo e disponibilidade de mão de obra. Estes baixos índices de vulnerabilidade podem ter sido gerados devido ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, que leva em consideração o município de São Luís, que apresenta um IDH considerado alto, e que difere do cenário área de estudo.

No que diz respeito ao risco, este se dá em função do perigo e da vulnerabilidade. A partir do mapeamento de perigo e vulnerabilidade realizados neste estudo a partir da equação ($R = P \times V$), obteve-se o risco de inundações do alto curso do rio Anil (Mapa 17).

A partir deste mapa, verificou-se que os setores com risco muito alto foram: 23, 16, 64, 18, 19, 38, 65, 50, 61, 63, 62, 36, 47 e 44 e localizam-se na porção centro-norte da bacia, sendo os setores da margem esquerda os mais atingidos e também os que estão mais próximos da Avenida Santos Dumont.

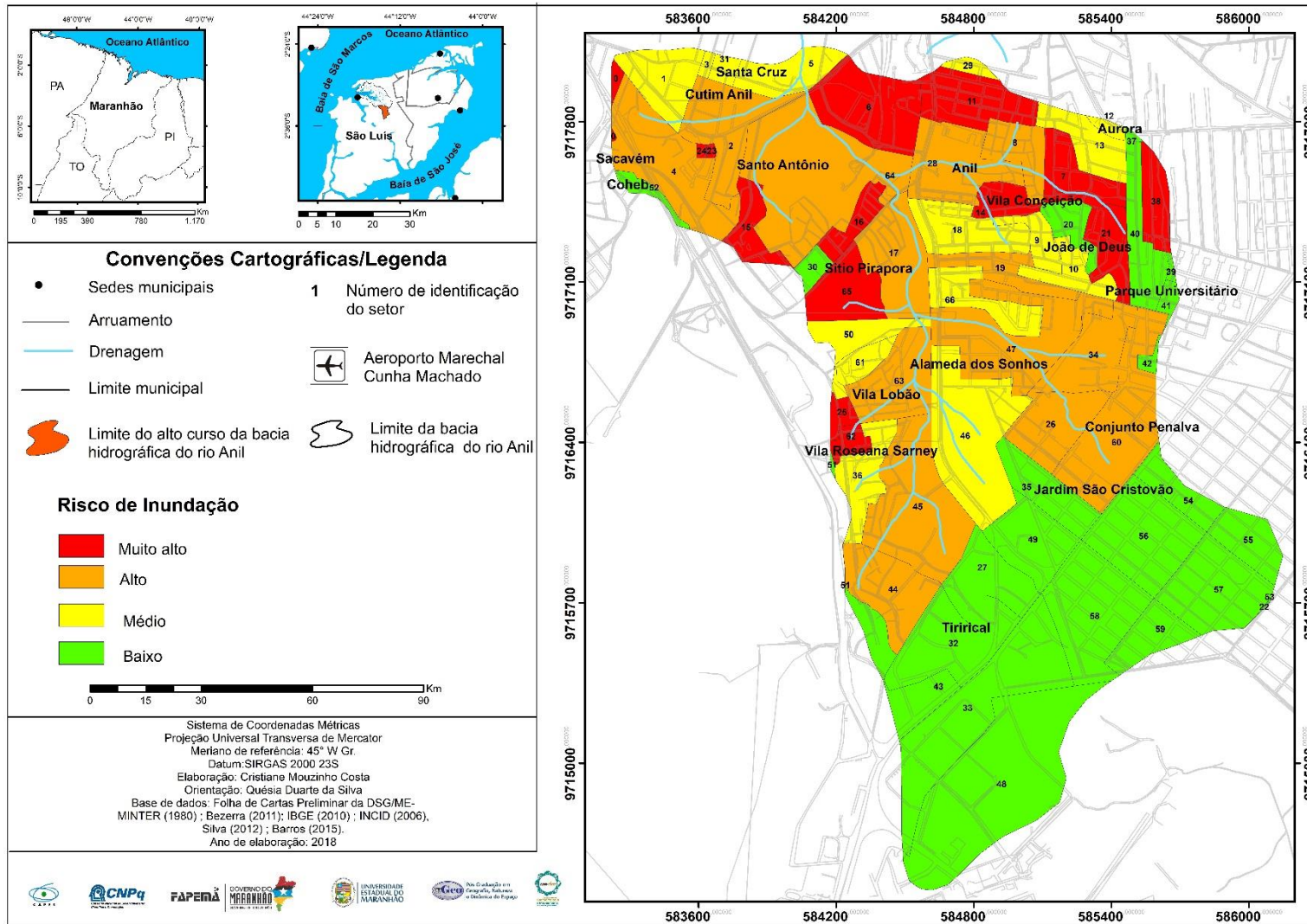
E no que concerne aos setores com risco baixo são estes: 52, 30, 20, 37, 40, 39, 41, 42, 35, 49, 27, 32, 54, 56, 58, 59, 57, 55, 53, 22, 43, 33, 48 e 51, que correspondem às áreas mais altas da bacia, na área do Tabuleiro do Tirirical, mais distante ou fora da abrangência da drenagem. A partir da verificação da correlação do risco, perigo e vulnerabilidade, observou-se que o coeficiente de determinação do perigo em relação ao risco foi de 93,4% (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Correlação entre risco e perigo



Fonte: Costa, 2018d.

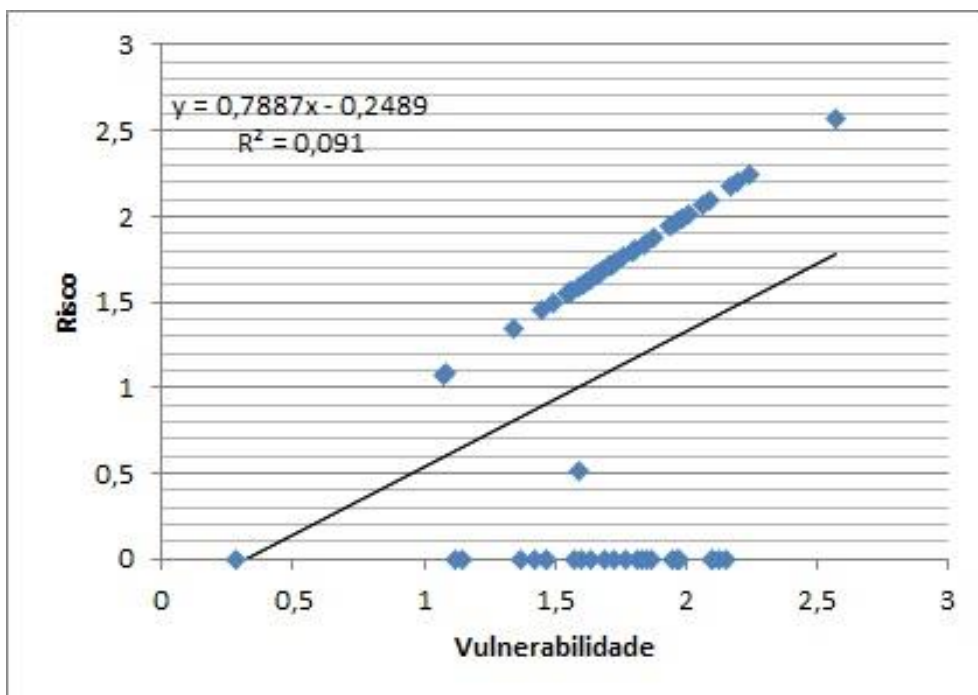
Mapa 17 - Risco de inundações do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil



Fonte: Costa, 2018b.

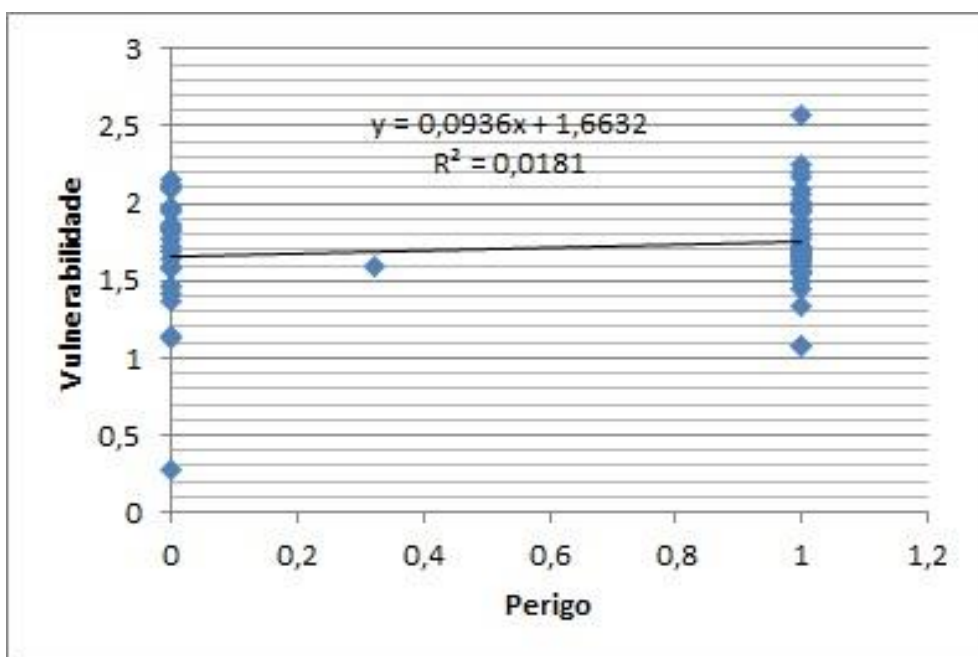
Enquanto o coeficiente de determinação da vulnerabilidade em relação ao risco foi de 9,1% (Gráfico 5), o de vulnerabilidade e perigo foi de 1,8% (Gráfico 6).

Gráfico 5 - Correlação entre risco e vulnerabilidade



Fonte: Costa, 2018d.

Gráfico 6 - Correlação entre perigo e vulnerabilidade



Fonte: Costa, 2018d.

Assim o índice com forte correlação com o risco foi o perigo, e o que obteve as

correlações mais fracas foram entre vulnerabilidade e perigo.

Desta forma o perigo determina 93,4% do risco e a vulnerabilidade determina 9,1% do risco neste estudo. Em áreas que o perigo é baixo e a vulnerabilidade é muito alta o risco é baixo, em áreas que o perigo é muito alto e a vulnerabilidade é baixa.

Destarte pode-se afirmar que o perigo é fator determinante nesta análise, e a vulnerabilidade não contribuiu de forma significativa para o aumento dos índices de risco, porém como já mencionado, a escolha das variáveis de vulnerabilidade foram determinantes nos baixos índices de vulnerabilidade, e não condizem com a vulnerabilidade percebida em campo. Desta forma, ressalta-se aqui a importância de conhecer a realidade local, visto que estes correspondem às populações que estão em situações mais desfavoráveis em relação ao perigo, o que nos leva à importância do mapeamento destas áreas, e cautela na escolha das variáveis de vulnerabilidade.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente trabalho teve-se como objetivo analisar o risco de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil. Definindo-se risco como função do perigo e da vulnerabilidade através da determinação do perigo estimado de inundação e do índice de vulnerabilidade.

Tendo em vista que a sociedade e o espaço agem mutuamente um sobre o outro tendo como consequência física a paisagem, que reflete o momento atual, mas, carrega também elementos do passado, a partir deste processo, *estruturas* são formadas e assim a natureza é modificada diante de um *processo* muitas vezes débil de urbanização que, na maioria das vezes, gera diferentes tipos de riscos, desta forma foi fundamental realizar uma revisão bibliográfica acerca das transformações espaciotemporais ocorridas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil através da tríade sociedade, espaço e paisagem. Para isto utilizou-se concepção de Milton Santos (2014a) que analisa este processo através das *estruturas, formas, funções e processos*.

A partir destas concepções analisou-se a relação da urbanização, degradação ambiental e desastres, tendo como ênfase os cursos d'água. Além disto fez-se uma revisão bibliográfica quanto aos aspectos conceituais dos desastres e riscos, enchentes e inundações e desastres causados por inundações.

Para cumprir os objetivos da pesquisa se fez necessário utilizar uma metodologia que melhor se adequasse aos dados disponíveis da área de estudo, visto que não se tem dados hidrológicos consistentes ou séries no município. Desta forma optou-se por Goerl *et al.* (2012) com adaptações a área de estudo. Assim o perigo foi determinado pela cota de inundação de 30 metros mapeada a partir das manchas de inundação identificadas através dos trabalhos de campo, visto que o plano diretor do município de São Luís utiliza a cota de 5 metros como cota máxima para área de inundação, subestimando o perigo de inundações.

Utilizou-se como unidade de análise os setores censitários, tendo como recorte a área do alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, e, por conseguinte os dados do censo demográfico de 2010 disponibilizados pelo IBGE. Embora o ideal fosse trabalhar com microdados, visto que o limite da área de estudo corta alguns setores censitários, isto não foi possível, tendo em vista o tempo restante para conclusão da pesquisa. Além disto, os baixos valores no índice de vulnerabilidade, pode ter relação direta com Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, cujo valor retrata o município de São Luís, cujo valor é considerado alto e não condiz com a realidade da área de estudo.

Ressalta-se que na metodologia proposta por Goerl *et al.* (2012) as variáveis de vulnerabilidade utilizadas referem-se a variáveis censitárias ligadas a população, renda, educação e população de idosos e jovens. Entretanto percebeu-se que na área de estudo, os cursos d'água das manchas de inundação mapeadas recebiam muitos resíduos sólidos, ou estavam próximos de áreas onde eram depositados esses resíduos, por isso decidiu-se inserir a variável “Domicílios com lixo jogado em terreno baldio, logradouro, rio ou lago”, visto que esta era relevante para a intensidade das inundações na área de estudo, entretanto dados de criminalidade seriam importantes para os índices de vulnerabilidade, tendo em vista que o receio de deixar as residências na ocorrência de inundações pode ser devido à casos de roubos nas habitações, porém estes dados não estão disponíveis publicamente até o presente momento.

Outro ponto importante de ressaltar, refere-se ao tratamento dos dados estatísticos no qual Goerl *et al.* (2012) apenas uniformiza as unidades através do escalonamento. Entretanto como agregou-se várias variáveis cujo valor total teria que resultar em 100%, realizou-se também a ponderação desses dados além do escalonamento.

Após o escalonamento a metodologia de Goerl *et al.* (2012) define as classes através do desvio quartílico que divide a série de dados em quatro grupos com igual número de ocorrências cada um compreendendo 25% do total de valores, quanto a isto optou-se por utilizar quatro classes contudo, utilizou-se o método de classificação Quantil no sig ArcGIS que fornece classes com o mesmo número de feições. Valeriano (2014) explica que o método do quantil chamado por ele de quartis, consiste em agrupar os dados com quantidades iguais de registros e analisa onde e quanto, e onde estão os valores mais próximos da mediana, os valores mais baixos, e os mais altos. Visto que o alto curso apresenta apenas pouco mais de 5 km² e apresenta sete manchas de inundação, optou-se por adotar um método de classificação que demonstrasse rapidamente as áreas mais críticas tendo em vista contribuir para o planejamento dos gestores públicos.

A partir do exposto pode-se inferir que as áreas de risco a inundação no alto curso do rio Anil não são pontuais, estas situam-se nas áreas onde estão os cursos d'água ou seu entorno, variando de muito alto, alto e médio e baixo risco. Destaca-se que os setores que apresentam risco muito alto não obrigatoriamente mostraram valores de vulnerabilidade muito alta, mas todos os setores censitários com risco muito alto apresentaram perigo muito alto, isso se explica pois o risco possui uma correlação maior com o perigo do que com a vulnerabilidade nesta análise.

Os baixos valores de vulnerabilidade são explicados devido à escolha das variáveis, nas quais dados de criminalidade, e qualidade das habitações forneceriam base para o aumento

desse índice, pois ao comparar o índice com a realidade local, observa-se que os valores são baixos e não condizem com a alta vulnerabilidade observada em campo. Para futuras pesquisas, recomenda-se fazer um levantamento do tipo de material utilizado nas habitações próximas aos canais fluviais, e de roubos a residências na área de estudo.

Além disto, a área de inundação não alcança todos os setores censitários, desta maneira, áreas com muito alta vulnerabilidade, mas com perigo baixo, não apresentam risco de inundação. Entretanto a partir da classificação da vulnerabilidade pode-se identificar os setores censitários prioritários, que são de suma importância para gestão municipal e estadual, tendo em vista subsidiar políticas públicas para essas populações.

Portanto compreende-se que o risco de inundação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil é resultado de um contexto espaciotemporal, advindo de uma urbanização débil e sem planejamento, a partir da implantação de grandes empreendimentos públicos e privados na Ilha do Maranhão, que contribuíram para a expansão da ocupação no sentido centro-sul da Ilha, o que deu início ao processo de ocupação do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, que se deu em maioria por áreas de ocupação irregular, por conta do déficit habitacional.

A partir disto, muitos ficaram marginalizados pelo sistema social e foram em busca de moradia em áreas frágeis ambientalmente como as planícies de inundação e fundos de vale. Desta forma entende-se que o risco de inundação na área de é resultado de um processo de desenvolvimento heterogêneo, de frágil gerenciamento ambiental, aumento populacional e muitas vezes de falta de percepção ambiental e de risco, aliado a índices pluviométricos concentrados. Por fim considera-se que a magnitude das inundações relaciona-se diretamente com a quantidade de resíduos sólidos lançados no canal fluvial, e com o índices de precipitação horários.

Desse modo, este trabalho pretende contribuir no que tange a prevenção e gerenciamento de risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, para a Prefeitura e Defesa Civil Municipal. A partir da identificação das áreas prioritárias os órgãos públicos competentes podem elaborar projetos de sensibilização ambiental quanto aos resíduos sólidos, retirada da vegetação que margeia os canais fluviais, bem como desmistificar a noção de que o aterramento do canal irá encerrar o risco de inundação. Além disso, é necessário capacitar as populações atingidas quanto a identificação de níveis fluviais de alerta e implementar políticas públicas para tornar as populações menos vulneráveis e preparadas para evacuação caso ocorra desastres.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA – AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, USA, v. 47, 2002, p.107-124. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X02000831>>. Acesso em: 11 set. 2018.

ALCÁNTARA – AYALA, I.; MORENO, A. R. Landslide risk perception and communication for disaster risk management in mountain areas of developing countries: a Mexican foretaste. **Journal of Mountain Science**.v.13, dez. 2016. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11629-015-3823-0>>. Acesso em: 11 set. 2018.

ALMEIDA, H. G. (org.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís SW/NW, Folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará**. 2010. 278f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

ALVES, E. J. P. **Repertórios e argumentos da mobilização política: um estudo sobre o Movimento Reage São Luís, em São Luís – MA**. 2014. 190f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e Enchentes. *In*: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 39-52.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações**. Brasília, 2014.15p.

ARAGÃO, J. O. R. O impacto do ENSO e do dipolo do Atlântico no nordeste do Brasil. **Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines**. Lima, v. 27, num.3, 1998. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/pdf/126/12627346.pdf>>. Acesso em 12 set. 2018.

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R. GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

ARAUJO, R. P. S. **Inundações no médio curso do rio Paciência**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2017.

ARAUJO, R. P. S.; COSTA, C. M.; BARROS, D. V.; GARRITO, A. C. Urbanização e a ocorrência de desastres naturais no médio curso na bacia hidrográfica do Paciência - MA. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 502-506, 2014.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de risco de escorregamentos quantificada em ambiente de SIG como subsídio para planos de seguro em áreas urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)**. 2001. 195f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geociências) –

Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1996.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Pernambuco - Junho de 2010**, Brasília: Banco Mundial/ Governo do Estado de Pernambuco, 2012. 76p. Disponível em: < http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=53d18df5-cf74-4be4-80c0-97ce3cebad14&groupId=10157>. Acesso em: out. 2017.

BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; GARRITO, A. C.; COSTA, C. M.; ARAUJO, R. P. S. Análise morfométrica aplicada na identificação de enchentes e inundações na bacia hidrográfica do prata, Ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 78-83, 2014.

BARROS, D. V. **Os níveis taxonômicos das unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão**. 2015. Relatório técnico apresentado a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, como requisito final da bolsa de iniciação científica. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2015.

BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; COSTA, C. M.; ARAUJO, R. P. S. **As formas de vertentes e sua influência nos fenômenos de enchentes e inundações: o caso da bacia hidrográfica do prata, Ilha do Maranhão - MA**. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2015, Teresina. Bacias hidrográficas - métodos e técnicas de estudo, usos, ocupação e conflitos no Espaço Geográfico. Teresina, 2015. v. XVI. p. 3253.

BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; TEIXEIRA, E. C.; COSTA, C. M.; SANTANA, R. G. Diagnóstico de áreas de risco à inundações na bacia hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão. In: VIANA, V. do N.; SOUZA, W. F.S; CHAVES, L. O.; GORAYEB, A. (Org.). **Educação ambiental, geotecnologias e cartografia social**. 1ed. Mossoró: Edições UERN, 2017, v. 3, p. 52-60.

BBC-BRASIL. Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres. **BBC Brasil.com**, São Paulo, 17 jul. 2003 Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717_cruzvermla.shtml> Acesso em: nov. de 2017.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. cap. 1, p. 18-42.

BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do rio Bacanga, São Luís, Maranhão**. 2011.251f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BIO-MANGUINHOS/FIOCRUZ. Chikungunya: sintomas, transmissão e prevenção. Rio de Janeiro: Bio-Manguinhos/FioCruz, 2014. Disponível em: <<https://www.bio.fiocruz.br/index.php/chikungunya-sintomas-transmissao-e-prevencao>>. Acesso em: 26 set. 2018.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. *In*: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. cap. 3, p.72-115.

BOULOMYTIS, V. T.; SANTANA, M. F.; COSTA, L. S. D.; SANTOS, A. P. Metodologia de apoio aos gestores urbanos para o mapeamento de inundações: caso da bacia do rio Juqueriquerê, Caraguatatuba, SP. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia. v. 16, n. 53, p. 164-175, mar. 2015.

BRAICK, P. R.; MOTA, M. B. **História: das cavernas ao terceiro milênio**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 11 set. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Levantamento de recursos naturais**. Folha SA. 23-São Luís e parte da folha SA.24 - Fortaleza; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, v. 3, 1973.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 de ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 11 set. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 abr. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 11 set. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, de 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754 de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 maio. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 13 set. 2018.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília: DF, 19 de dezembro de 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm>. Acesso em: 13 set. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 13 set. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Comitê das Enchentes. ESPIN. **Enchentes no Norte e Nordeste do Brasil**. [S.L.], 2009.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Ministro visita áreas atingidas por enchentes em SC**. Brasília, 09 dez. 2008. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/noticias/ministro-visista-areas-atingidas-por-enchentes-em-sc/>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BURNETT, F. L. Da cidade unitária à metrópole fragmentada: crítica à constituição da São Luís moderna, In: LIMA, A. J. (org.). **Cidades Brasileiras, Atores, processos e Gestão Pública**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

BURNETT, F. L. **Uso do solo e ocupação territorial na região metropolitana de São Luís: dinâmica econômica e realidade sócio-ambiental dos Municípios de São Luís e São José de Ribamar**. Relatório de pesquisa. São Luís: Setagraf, 2012.

CABRAL, E.; FUNARI, F. L. **Análise da variação da precipitação diária no município de São Paulo segundo os dias da semana (1933-1999)**. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro: SBMET, 2000. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-431e687d3a6fee8176700ea23d19096c.pdf>>. Acesso 14 nov. 2017.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (org.). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FAZIO, J. A.; MOTTA, N. O.; FRANCISCO, R. A. Processos erosivos. In: CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006. p. 39-91

CASTRO, A. L. C. et. al. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério de Integração Nacional, 2007. p. 182.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**. v.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/ Departamento de Defesa Civil. 1999.133 p.

Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Maranhão - CEDECMA. **Relatório de**

Ações da Cedecma “Ano 2009”. São Luís, 2014. Disponível em:
<<http://www.defesacivil.ma.gov.br/files/2015/02/RELAT%C3%93RIO-DE-A%C3%87%C3%95ES-DA-CEPDECMA-2009.pdf>> Acesso em nov. de 2017.

Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Capacitação básica em Defesa Civil. 5. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2014.157 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Hucitec, 1980.

CHUVAS alagam bairros de São Luís. **O Debate**. São Luís, jan.1985.

CLASSIFICAÇÃO de Imagens no ArcGIS. Forest-gis. 18 de out. de 2017. Disponível em:
<<http://forest-gis.com/2017/10/classificacao-de-imagens-no-arcgis.html/>>. Acesso em: 04 set. 2018.

COELHO, A. L. N. **Aplicações de Geoprocessamento em Bacias de Médio e Grande Porte**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2007, Florianópolis. Anais eletrônicos... Florianópolis: INPE, 2007. p. 2437-2445. Disponível em:
<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.17.41/doc/2437-2445.pdf>>.>. Acesso em: nov. 2017.

COLLISCHONN, E. Compreendendo e avaliando a construção do risco relacionado às inundações urbanas. In: MENDONÇA, F. **Riscos Climáticos: vulnerabilidade e resiliência associados**. Jundiá: Paco Editorial, 2014.

COLLISCHONN, E. **Inundações em Venâncio Aires/RS: interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais urbanos**. 2009.327f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

CORRÊA, R. L. **Região e Organização Espacial**. São Paulo: Editora Ática. 5. ed. 1995.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; GARRITO, A. C.; BARROS, D. V.; SANTOS ARAÚJO, R. P. Inundações urbanas: estudo de caso do alto curso da bacia hidrográfica do Paciência - Ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 222-227, 2014.

COSTA, C. M. **Inundações urbanas: estudo de caso do alto curso do rio Paciência - Ilha do Maranhão**. 2015. 113f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2015.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; BARROS, D. V.; GARRITO, A. C. Influência da cobertura da terra nos eventos de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Paciência - São Luís - MA. In: SEABRA, G. (org.). Paisagens, solos, biodiversidade e os desafios para um bom viver. 1ed.Itaituba: **Barlavento**, 2016, v. Único, p. 708-716.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; COSTA, I. R. S; BARROS, D. V.; TEIXEIRA, E. C. . Suscetibilidade a inundações a partir das variáveis morfométricas na região hidrográfica Eliezer Silva - alto curso do rio Paciência. **Revista Entorno Geográfico**, v. 13, p. 68-80, 2017.

COSTA, C. M. **Adaptação da cartografia**. São Luís, 2018a.

COSTA, C. M. **Elaboração da cartografia**. São Luís, 2018b.

COSTA, C. M. **Elaboração de figura**. São Luís, 2018c.

COSTA, C. M. **Elaboração de gráfico**. São Luís, 2018d.

COSTA, C. M. **Elaboração de quadro**. São Luís, 2018e.

COSTA, C. M. **Elaboração de tabela**. São Luís, 2018f.

COSTA, C. M. **Fotografias de estudo de campo**. São Luís, 2017.

COSTA, C. M. **Fotografias de estudo de campo**. São Luís, 2018g.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**: município de São Luís - MA. Brasília: CPRM, 2014. 1 carta. Escala 1.70.000. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes--Maranhao-5074.html>> Acesso em: 28 maio 2018.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. NASCIMENTO, I. C. (org.). Teresina: CPRM, 2013.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Maranhão: Sistema de Informações Geográficas – SIG**: Texto explicativo dos mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Maranhão. KLEIN, E. L.; SOUSA, C. S. (org.). Escala 1:750. 000. Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2012. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17861>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Dados Observacionais**. Precipitação de estações automáticas. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 29 mar. 2019.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED. EM-DAT – **The International Disaster Database**, Bélgica, 2013. Disponível em: <<http://www.emdat.be/database>>. Acesso em: 31 mai 2018.

CUNHA, C. M. L. Riscos ambientais: uma discussão com base geomorfológica. *In*: LOMBARDO, M. A.; FREITAS, M. I. C. **Riscos e vulnerabilidades [recurso eletrônico]: teoria e prática no contexto luso-brasileiro**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013b. p. 131-154. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109268>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CUNHA, L. **Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2013a. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/264120142>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CUNHA, L.; RAMOS, A. M. Riscos naturais em Portugal: alguns problemas, perspectivas e tendências no estudo dos riscos geomorfológicos. In: LOMBARDO, M. A.; FREITAS, M. I. C. **Riscos e vulnerabilidades [recurso eletrônico]: teoria e prática no contexto luso-brasileiro**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013b. p. 19-44. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/264120142>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 211-252.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. cap. 7. p. 219-238.

CURI, N. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.

CUTTER, S. **American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters**, Washington: Joseph Henry Press, 2001.

CUTTER, S. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**. Coimbra, n. 93, p.59-69, jun. 2011. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/rccs/89>>. Acesso em: 12 set. 2018.

CUTTER, S. L. **Living with risk: the geography of technological hazards**. Londres: Arnold, 1993.

CUTTER, S. L. The vulnerability of science and the science of vulnerability. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 93, n.1, p. 1-12, 2003.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v.20, n. 4, p.526-539, 1996.

CUTTER, S.; L.; BORUFFE, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental Hazards. **Social Science Quarterly**, Columbia, v. 84, n. 2, jun. 2003. Disponível em: <<http://www.d.umn.edu/~pfarrell/Natural%20Hazards/Readings/Cutter.%20Socail%20Vulnerability.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

D'ABEVILLE, C. **História da missão dos padres capuchinhos – Na Ilha do Maranhão e sua circunvizinhanças**. São Paulo, SP: Ed. Siciliano, 2002.

DAUPHINÉ, A. **Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer**. Paris: Armand Colin, 2005.

DECLARAR situação de emergência. DEFESA CIVIL /SC. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/component/content/category/106-agentes-dc.html>>. Acesso em: jan. 2017.

DIKAU, R. Derivates from detailed geoscientific maps using computer methods. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, Stuttgart, v. 80, p. 45-55, 1990.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Projeto Radam Folha SA. 23 São Luís e parte da folha SA. 24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1973.

DSG/ME. **Topografia 1: 10.000.** Cartas topográficas. Folhas 23 e 24. 1980. Disponível em: < <http://www.zee.ma.gov.br/subsidio/>>. Acesso em: nov. de 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Embrapa Monitoramento por Satélite. **Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão.** Campinas Embrapa, v. 2, 2013, 324 p. Disponível em: <<http://www.seplan.ma.gov.br/macro-zee/>>. Acesso em: 1 set. 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos](http://< https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos >)>. Acesso em: 25 ago. 2018.

FAUGÈRES, L. La géo-cindynique, géo-science du risque (Geo-cindynics, a science of risk management). **Bulletin de l'Association de géographes français**, Paris, n.68, p. 179-193, mar. 1991. Disponível em: <http://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_1991_num_68_3_1574> Acesso em: 24 nov. 2017.

FEITOSA, A. C. **Relevo do Estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica.** In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference On Geomorphology, 2006, Goiânia .Anais eletrônicos... Goiânia: UNB, 2006. p. 1-11. Disponível em: < <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/11/476.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

FERRAZ, F. F. B. **Geoprocessamento aplicado à hidrologia urbana.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 1999.

FERREIRA, A. B. H. **Mini Aurélio: o dicionário da língua portuguesa.** 8 ed. Curitiba: Positivo, 2010.

FERREIRA, A. J. A. **A evolução da Geografia dos transportes no Estado do Maranhão, Brasil: de ancoradouro a sistema multimodal.** In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. Anais eletrônicos... Montevideo: Universidad de la República, 2009. n. p. Disponível em: < <http://egal2009.easyplanners.info/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

FERREIRA, A. J. A. **A produção do espaço urbano em São Luís do Maranhão: passado e presente há futuro?** São Luís: EDUFMA, 2014.

FERREIRA, A. J. **A questão urbana maranhense: problemas de um discurso desenvolvimentista que não prioriza a gestão e o ordenamento territorial.** In: XII Simpósio Nacional de Geografia Urbana, 2011, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 2011. n.p. Disponível em: < <https://www.yumpu.com/pt/document/view/12606891/a-questao-urbana-maranhense-problemas-de-xii-simpurb>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (org.).

Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008, p. 105-128.

GARRITO, A. da C. **Inundações urbanas: estudo de caso do baixo curso da região hidrográfica do rio Paciência - Ilha do Maranhão.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. **Considerações sobre as inundações no Brasil.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, Porto Alegre. Anais eletrônicos... Porto Alegre: ABRH, 2005.n.p. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf>. Acesso em: nov. de 2017.

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, 2012. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Goerl_Risco_de_inundacao.pdf>. Acesso em: ago. 2018.

GOMES, J. P. T. Síntese histórica da formação urbana de São Luís. **Revista FIPES**, São Luís, v.3, n. 2, p. 17-25, jul./dez.1988.

GOUDIE, A. S. **The human impact on the natural environment : past, present and future.** Seventh edition. Oxford: Wiley- Blackwell. 2013.

Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento - GEOMAP. Informação verbal. 2018.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUERRA, A. T. GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico.** 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.649.

GUIMARAES, P. R. B. **Análise de correlação e medidas de associação.** [S. L.]: DEST/UFPR, 2013. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

HASTENRATH, S.; LAMB, H. Dynamics of climatic hazard in the Northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Roy Meteorological Society**, n. 103, p. 77-92, jan.1977.

HILL, A. A.; CUTTER, S. L. Methods for determining disaster proneness. In: S. L. CUTTER (Ed.). **American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters.** Washington D.C.: The Joseph Henry Press, 2001. pp. 13-36.

HOFFMANN, T. C. P.; MENDONÇA, F.; GOUDARD, G. Eventos climáticos extremos: inundação e gestão de riscos no Paraná. In: MENDONÇA, F. **Riscos Climáticos: vulnerabilidade e resiliência associados.** Jundiaí: Paco Editorial, 2014.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Washington: Bulletin of the Geological Society of**

America. v. 56. n. 1, p. 275-370, 1945.

HOYOIS, P.; et al. **Annual Disaster Statistical Review Numbers and Trends**. Bruxelas: Scholl of Public Health Catholic University of Louvain. 2007. 54p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org>>. Acesso em: 15 nov. de 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **Censo demográfico 2000**: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **Censo demográfico 2010**: Agregados por setores censitários. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em: ago. 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. Geociências. Malhas municipais. Município2010. Arquivo shapefile. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm> Acesso em: 21 nov. 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Manuais Técnicos em Geociências: Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Manuais Técnicos em Geociências: Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Manuais Técnicos em Geociências: Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural - INCID. Bairros do município de São Luís - MA. Arquivo shapefile. 2006.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Tempo. **Gráficos**. 2018a. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Glossário**. 2018b. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario#O>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

International Strategy For Disaster Reduction - ISDR. **Visions of Risk: A Review of International Indicators of Disaster Risk and its Management**. London: Inter-Agency Task force on Disaster Reduction – Working Group 3, 2004. 73p.

JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. **Global Environmental Change**, v.16, p.237-9, 2006.

JHA. A. K.; ROBIN. B. LAMOND. J. **Cidades e Inundações**: Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI. 2012. Washington: Banco Mundial, 2012.

JORGE, M. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.p. 117-145.

KATES, R.W. Hazard and choice perception in flood plain management. Chicago: University of Chicago, Department of Geography Research, cap. IV, n. 78, 1962.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F. Identificação dos riscos. In: KOBIYAMA, M.et. al. (org.). **Mapeamento de Áreas de Risco para Prevenção de Desastres Hidrológicos com Ênfase em Modelagem Hidrogeomorfológica**. Porto Alegre: UFRGS/IPH/GPDEN, 2016. p. 172-175.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERLS, R. F.; MOLIERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

LANDSAT 8: imagem de satélite. EUA: USGS, 2017. Composição colorida RGB 6, 5 e 4, e fusão banda pancromática,8.

LIRA, S. A. **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. 2004.196f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

LOPES, E. C. TEIXEIRA, S. G. Contexto Geológico. In: BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento (org.). **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM. cap. 2. 2013.

LOPES, R. **O torrão maranhense**. Tipografia do Jornal do Comércio. Rio de Janeiro,1916.

MACEDO, L. A. A. de. **A Urbanização da Ilha de São Luís e seus impactos ambientais nos recursos hídricos**. São Luís: EDUEMA, 2011.

MACEDO, L. A. A. de. **Qualidade Ambiental dos rios da Ilha de São Luís**. São Luís: UFMA, 2003.

MACHADO, L. E. G. LIMA, C. V. **Mapeamento geomorfológico da bacia do rio Água Limpa (GO) com base em parâmetros morfométricos e morfográficos**. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 7, n. 3, p.79-109, dez.2013. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/atelie/article/viewFile/20271/15711>>. Acesso em: ago. 2018.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. **O risco em perspectiva: tendências e abordagens**. Geosul, Florianópolis, v. 19, n.3, p. 315-338, set./dez. 2004. Disponível em: <<http://morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/O-risco-em-perspectiva-tend%C3%A2ncias-e-abordagens.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Caderno Didático. Santa Maria: INPE/CRS, n. 1, 2008.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres

naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia. v.7, n.17, p.72-84. 2006.

MARCHEZINI, V. WISNER, B. Challenges for vulnerability reduction in Brazil: Insights from the PAR framework. In: MARCHEZINI, V.; WISNER, B.; LOND, L. R.; SAITO, S.M. (org.). **Redução de vulnerabilidade a desastres: do conhecimento à ação**. São José dos Campos: RIMA, 2017, p. 57-96.

MENDONÇA, F. **Riscos Climáticos: vulnerabilidade e resiliência associados**. Jundiaí: Paco Editorial, 2014.

MÍLEN, A. F.; SOUSA, I. D. S.; CAMPOS, K. S. C.; PEREIRA, M. R. O.; DIAS, L. J. B. Abordagem sistêmica da praia do Calhau. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2006, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Goiânia: 2006. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/6/242.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

MONTZ, B. E.; TOBIN, G. A; HAGELMAN, R. R. Risk Assesment. In: MONTZ, B. E.; TOBIN, G. A; HAGELMAN, R. R. **Natural hazards: explanation and integration**. 2. ed. New York: The Guilford Press, 2017. cap.8. p. 297-340.

MORAES, A.C. R. Tendências de ocupação da zona costeira do Brasil. In: BRASIL. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União**. Brasília: MMA/PNGC, 1996.

MOREIRA, C. V. R.; PIRES NETO, A. G. Clima e Relevo. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

MOREIRA, J. F. **Arenas, repertórios e ações: o processo de tentativa de implantação do Terminal Portuário de São Luís, no povoado Cajueiro**. 2015. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) - Centro de Ciências Humanas, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

National Research Council. **Facing Hazards and Disasters: Understandin Human Dimensions**. Committee on Disaster Research in the Social Sciences: Future Challenge and Opportunities, Washington. D.C.: The National Academies Press, 2006. 409p.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OLIVEIRA, E. L. A. **Áreas de risco geomorfológico na bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria/ RS: Zoneamento e Hierarquização**. 2004. 145f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.

OLIVER-SMITH, A. Redução do Risco de Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas: A Visão da Antropologia Aplicada. **Organização Humana**. v. 72, n. 4, p. 275-282, inverno 2013.

PAIVA, I. **Risco de inundação em Coimbra. Factores físicos e acção antrópica. As inundações urbanas e as cheias do Mondego (1950/51 - 2003/ 04)**. Cadernos de Geografia, Coimbra, n. 24/25, p. 145-147, 2005-2006. Disponível em:

<[http://www.uc.pt/fluc/depgeo/Cadernos Geografia/Numeros publicados/CadGeo24_25/artigo19](http://www.uc.pt/fluc/depgeo/Cadernos_Geografia/Numeros_publicados/CadGeo24_25/artigo19)>. Acesso em: 12 set. 2018.

PAXECO, F. **Geografia do Maranhão**. São Luís: Typogravura Teixeira, 1922.

PELLING, M. **The vulnerability of cities: Natural disaster and social resilience**. London: Earthscan, 2003.

PENTEADO, M. M. P. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PEREIRA, E. D.; ZAINÉ, J. E. Mapa geológico-geotécnico da bacia do rio Bacanga – São Luís (MA). **Geociências**, São Paulo, v.26, n1, p. 45-54, 2007.

PINDOBA. Dicionário Informal. Disponível em:
<<https://www.dicionarioinformal.com.br/pindoba/>> Acesso em nov. 2017.

PINHEIRO, J. M. Dinâmica climática da Ilha do Maranhão. In: FARIAS FILHO, M. S.; CELERI, M. J. (org.). **Geografia da Ilha do Maranhão**. São Luís, MA: EDUFMA, 2015. cap. III, p.28-36.

PINHEIRO, J. M. **Distribuição espaço-temporal da pluviosidade na Ilha do Maranhão no ano de 2016**. Inter-Espaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, Grajaú, v.3, n.8. abr. 2017. Disponível em:
< <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/6530>>.
Acesso em: ago. 2018.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Fundação João Pinheiro - FJP. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. O Atlas. 2018. Disponível em:<
http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/>. Acesso em: ago. 2018.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. IDHM. 2018. Disponível em:
<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/>. Acesso em: ago. 2018.

PORTO, R.; ZAHÉL, K. F.; TUCCI, C.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/Edusp/ abril, 1993. cap. 21, p. 805-847.

PREFEITURA de São Luís decreta estado de emergência em 41 bairros de São Luís. **Periódico Online Cabeça de Cuia**. Piauí, maio 2014. Disponível em:
<<http://www.cabecadecuia.com/piaui/141046/prefeitura-de-sao-luis-decreta-estado-de-emergencia-em-41-bairros>> Acesso em 10 maio 2014.

RAMOS, A. P. M.; MARCATO JUNIOR, J.; DECANINI, M. M. S.; PUGLIESI, E. A.; OLIVEIRA, R. F.; PARANHOS FILHO, A. C. Avaliação qualitativa e quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.68/3, p. 609-629, mar./abr. 2016.

REBELO, F. **A Teoria do risco analisada sob uma perspectiva geográfica**. Cadernos de Geografia, Coimbra, n. 18, p. 3-13, 1999. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/depgeo/Cadernos_Geografia/Numeros_publicados/CadGeo18/artigo0>1. Acesso em: 13 set. 2018.

REBOUÇAS, A. C.; SILVA, A. B. **Estudo hidrogeológico do Distrito Industrial de Itaqui - Maranhão**. Divisão de Documentação. Recife: SUDENE, 1972. 45p.

RECKZIEGEL, B. W.; L. E. de S. ROBAINA. **Riscos geológico-geomorfológicos: revisão conceitual**. Ciência e Natura, Santa Maria, 27/2, p. 65 – 83, 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9679/5797>>. Acesso em: dez. 2017.

REIS, D. Fotografia. São Luís, 29 maio 2017. Disponível em: <<https://twitter.com/deckcreis>>. Acesso em: nov. 2017.

REIS, R. J. **Produção do espaço urbano da Praia Grande**. 1990. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 1990.

REVISTA VEJA. Norte e Nordeste sofrem com as enchentes. **Veja.com**, Brasil, 05 maio, 2009. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/norte-nordeste-sofrem-enchentes>>. Acesso em: 18 de nov. de 2017.

RIBEIRO, E. M. S. **Análise Estatística com Excel**. Apostila. São Paulo: USP, [2007?]. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=1411061>>. Acesso em: 06 set. 2018.

RODRIGUES, T. L. N. et al. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís. Folha SA.23-Z-A, Cururupu. Folha SA.23-X-C, Estado do Maranhão. Brasília, CPRM, 1994.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W. et al.(org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

SANT'ANA JÚNIOR, H. A. Complexo portuário, reserva extrativista e desenvolvimento no Maranhão. **Caderno CRH**, Salvador, v. 29, n. 77, p. 281-294, Maio/Ago. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-49792016000200006>>. Acesso em: 11 de set. 2018.

SANTANA, R. G. **Situação das áreas com enchentes e inundações no Riacho do Angelim. São Luís - MA**. 2017. 108f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2017.

SANTOS, E. R.; SANTOS, K. R. Geomorfologia e inundações urbanas: o caso da bacia hidrográfica do córrego Cesários em Anápolis (GO). In: X SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, 2014. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2014/trabalhos/6/6-201-1215.html>. Acesso em: 29 nov. 2017.

SANTOS, M. (org.). **Por uma geografia nova; da crítica da geografia a uma geografia crítica**. São Paulo: HUCITEC, 1978.

SANTOS, M. **A natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2014a.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2014b.

SÃO LUÍS – MA. (Município). Lei nº 4.770 de 22 de março de 2007, declara como Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE as áreas de influência das nascentes do rio Jaguarema, afluente do rio Anil, localizado no município de São Luís, estado do Maranhão, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de São Luís - MA**, São Luís, MA, 22 mar. 2007. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/rspgh>>. Acesso em: ago. 2018.

SÃO LUÍS – MA. (Município). Lei nº 4669, de 11 de Outubro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de São Luís e dá outras providências. **Diário Oficial do município de São Luís – MA**, São Luís, MA, 11 out. 2006. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ma/s/sao-luis/lei-ordinaria/2006/467/4669/lei-ordinaria-n-4669-2006-dispoe-sobre-o-plano-diretor-do-municipio-de-sao-luis-e-da-outras-providencias>> Acesso em: jun. 2018.

Secretaria de Cidades e Desenvolvimento Urbano - SECID-MA. São Luís, 30 mar.2015
Disponível em: < <http://www.secid.ma.gov.br/pac-2/>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. **Estudo de pedologia/cobertura vegetal**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998a.

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. **Estudo de Ocupação Espacial/Uso e Cobertura da Terra**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998b.

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. **Estudo de Geomorfologia Litorânea**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA,1998c.

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. **Estudo de Geologia**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998d.

SIDLE, R. C.; TAYLOR, D.; LU, X. X.; ADGER, W. N.; LOWE, D. J.; LANGE, W. P.; NEWNHAM, R. M.; DODSON, J. R. Interactions of natural hazards and society in Austral-Asia: evidence in past and recent records. **Quaternary International**, n.118-119, p.181-203, 2004.

SILVA, A. S. Solos Urbanos. In: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. cap. 2. p.43-69.

SILVA, D. B. **Feições Geomórficas da Bacia Hidrográfica do Paciência - Ilha do Maranhão**. 2013. 112f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2013.

SILVA, Q. D. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. 249f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

SOUSA, S. B.; **Uso da Água de Chuva: uma alternativa para enfrentar a escassez de água na Ilha do Maranhão - MA**. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009.

SOUZA, B. B. G. **Caracterização de indicadores sócio-ambientais na bacia do rio Anil, São Luís – MA, como subsídio à análise econômico-ambiental do processo de desenvolvimento**. 2005. 146f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2005.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of Geomorphology. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 923-938, 1952.

Superintendência de planejamento - SUPLAN. Figura. Porto de São Luís – Centro. 1990.

TEIXEIRA, E. C. **Enchentes e inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão**. Relatório técnico apresentado a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, como requisito final da bolsa de iniciação científica do curso de Geografia. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2015a.

TEIXEIRA, E. C. **Produção do espaço e problemática social e política da comunidade do residencial João Alberto e Vila Lobão, São Luís – MA**. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Geografia Urbana, do Curso de Geografia, Centro de Educação Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Maranhão, 2015b.

TEIXEIRA, E. C.; SILVA, Q. D.; COSTA, I. R.; COSTA, C. M.; RODRIGUES, T. O.; BARROS, D. V.; SANTANA, R. G. **Enchentes e inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão**. São Luís: UEMA, 2016 (Resumo expandido).

TEIXEIRA, E. C.; COSTA, I. R. S.; SILVA, Q. D.; COSTA, C. M. Mapeamento das Áreas de Enchentes e inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão. In: Anais do V Congresso Nacional de Educação Ambiental & VII Encontro Nordestino de Biogeografia, realizados na Universidade Federal da Paraíba - Campus I, em João Pessoa, no período de 09 a 12 de outubro de 2017, João Pessoa. Riscos, Impactos e Desastres Naturais, 2017.

TIMMERMAN, P. **Vulnerability, resilience and collapse of society: a review of models and possible climatic applications**. Toronto: University of Toronto, 1981.

TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. **Natural hazards: explanation and integration**. New York: The Guilford Press, 1997.

TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: por que ocorrem? *In*: TOMINAGA, L. K.;

SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. cap. 1. p. 11-24.

TORRES, F. T. P.; NETO, R. M.; MENEZES, S. O. **Introdução à geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. **Mercator**, Fortaleza, v.15, n.3, p.53-66, 2016.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. *In*: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. 2003a, cap. 3. p.45-129.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. *In*: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003b, cap.2. p. 11-44.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos Hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

UN - ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Geneva: UNISDR, 2009. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

UN - ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**. Geneva: UNISDR, 2013. Disponível em: <https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2013/en/home/GAR_2013/GAR_2013_2.html>. Acesso em: 15 nov. 2017.

UN-ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives**. Genebra: UNISDR, 2004. Disponível em:< https://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - CEPED. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais**. v. Brasil, 1991-2012. 2. ed. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013. 126 p.

UNIVERSO ONLINE - UOL. Chuvas no Norte e Nordeste já fazem o dobro de desabrigados e desalojados do desastre de SC. **Uol.com.br**, São Paulo, 13 maio. 2009. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/2009/05/11/ult5772u3921.jhtm>. Acesso em: nov. de 2017.

VALERIANO, S. **Método do quartil na representação da informação**. 2014. Disponível em: <<https://sandrogeotecnologia.blogspot.com/2014/09/metodo-dos-quartis-na-representacao-da.html>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

VALERIANO, M. M. **Topodata: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 4, n.1, p.17-29, 2003. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/17>>. Acesso em: 11 set. 2018.

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

VIVEIROS, J. **História do comércio do Maranhão (1612-1895)**. São Luís: Associação Comercial do Maranhão, v.1, 1954.

WEICHSELGARTNER, J. Disaster Mitigation: The Concept of Vulnerability Revisited. **Disaster Prevention and Management**, West Yorkshire, v. 10, n. 2. p. 85-94. 2001. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/238413556>>. Acesso em: 01 maio. 2018.

WHITE, G. F.; HAAS, J. E. **Assessment of research on natural hazards**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1975.

APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO
ESPAÇO
DISCENTE: CRISTIANE MOUZINHO COSTA
DISSERTAÇÃO: RISCO DE INUNDAÇÕES NO ALTO CURSO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL, SÃO LUÍS – MARANHÃO

ROTEIRO DE ENTREVISTA APLICADO AOS MORADORES⁷ DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

ENTREVISTADOR:

DATA/ HORÁRIO:

MORADOR/ENTREVISTADO:

ENDEREÇO:

TEMPO DE RESIDÊNCIA/CONHECIMENTO DO LOCAL:

QUANTAS PESSOAS RESIDEM NA CASA?

- 1) Sobre a comunidade: história da ocupação, quadras etc.
- 2) Sistema modo de vida das pessoas (onde as pessoas trabalham, estudam, o que fazem)
- 3) Serviços públicos (saúde, educação, juventude, esporte, cultura, mobilidade urbana)
- 4) Preocupações principais
- 5) Associação dos moradores: história, atividades.
- 6) SOBRE AS INUNDAÇÕES: DE TODAS AS INUNDAÇÕES ENFRENTADAS:
 - a) Em qual evento (ano / mês) a água atingiu a maior altura?
 - b) Qual foi a maior altura aproximada em centímetros (cota de inundação) neste evento?
 - c) Há fotos com registro das informações que podem ser cedidas para o estudo?
- 7) Quais são as semelhanças e diferenças entre as inundações de diferentes datas?
Exemplo: tempo que levou para a água subir e para escoar; condições de limpeza das calhas dos rios, efeito da maré (se houver), entre outros.
- 8) Em relação às inundações de maio de 2009, _____:
 - a) Qual a altura máxima que a água atingiu? Em que horário a água atingiu esse nível (cota de inundação)?
 - b) Quanto tempo levou para a água escoar das áreas alagadas?
OBS: medir com trena se ainda houver marcas de umidade nas paredes; verificar se há diferenças de cota significativas no terreno; perguntar sobre os pontos próximos de alagamentos, nas ruas e casas vizinhas.
 - d) Quais objetos foram perdidos durante as inundações? Qual foi sua maior perda?
 - e) Há registros de acidentes com pessoas ou automóveis por conta dos eventos de inundações?

⁷ Adaptado de Boulomytis et. al. 2015.

9) QUANTO AO SANEAMENTO BÁSICO:

- 10) Sua casa possui: água encanada; rede de esgoto; fossa; há coleta de lixo na rua? há coleta de lixo no bairro? Quantas vezes por semana?
- 11) O que você faz com o lixo que não é removido pela prefeitura? Joga no rio, despeja direto no lixão, queima, enterra, separa para a reciclagem.

12) DAS DOENÇAS RELACIONADAS À ÁGUA:

- a) Você, alguém da sua família ou algum vizinho já teve alguma dessas doenças (leptospirose, zyka, chikungunya, micose? Qual mês/ ano?
- b) Se sim, você acha que tem alguma relação com o evento de inundação, ou a questão ambiental do bairro?
- c) É comum a presença de ratos e baratas na região?

13) QUANTO AO RISCO:

- a) Você considera que sua casa está localizada em uma área de risco? Se sim, por quê?
- b) Você sairia desse local caso houvesse a possibilidade? Exemplo: condições financeiras melhores, aluguel social e outros.