

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

GABRIELA SILVA DE OLIVEIRA

**ÁGUAS URBANAS E QUESTÕES SIGNIFICATIVAS
NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO**

**Estudo de caso para situações de alagamentos, enchentes e inundações em
São Luís, Maranhão**

São Luís

2019

GABRIELA SILVA DE OLIVEIRA

**ÁGUAS URBANAS E QUESTÕES SIGNIFICATIVAS
NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO**

**Estudo de Caso para situações de alagamentos, enchentes e inundações em
São Luís, Maranhão**

Trabalho final de graduação apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a MSc. Nadia Rodrigues.

São Luís

2019

Universidade Estadual do Maranhão. Sistema Integrado de Bibliotecas da UEMA.

O048u

OLIVEIRA, Gabriela Silva de.

Águas Urbanas e Questões Significativas no Processo de Urbanização: estudo de caso para situações de alagamentos, enchentes e inundações em São Luís, Maranhão.. / Gabriela Silva de Oliveira. - São Luís, 2019.

110 f. : il.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Maranhão, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2019.

Orientadora: Profa. Ma. Nadia Freitas Rodrigues.

1. Águas urbanas. 2. Urbanização. 3. Drenagem sustentável. I. Título.

CDU: 711.4:626.86(812.1)

GABRIELA SILVA DE OLIVEIRA

**ÁGUAS URBANAS E QUESTÕES SIGNIFICATIVAS
NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO**

**Estudo de Caso para situações de alagamentos, enchentes e inundações em
São Luís, Maranhão**

Trabalho final de graduação apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em: ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a MSc. Nadia Freitas Rodrigues (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. José Bello Salgado Neto (Examinador)
Universidade Estadual do Maranhão

Shirlen Caroline Rabelo Cabral (Convidada)
Arquiteta e Urbanista

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me sustentado em todos os momentos, pela sabedoria, proteção e paz de espírito. Aos meus pais, pelos conselhos, apoio e persistência, em me zelar sempre no caminho dos estudos. Principalmente ao meu pai alimentador dessa sementinha de busca por conhecimento, na qual sempre se esforçou por me fornecer os melhores estudos possíveis, incentivando sempre.

A minha orientadora Nadia Rodrigues pela paciência, por ter apoiado e abraçado as minhas ideias. Ao meu orientador Salgado pelas instruções, correções e opiniões que tanto enriqueceram este trabalho. A todos os professores que diretamente ou indiretamente participaram da minha vida acadêmica, dando colaborações para a aprendizagem, em especial ao professor Frederico Burnett pela oportunidade em iniciação científica durante a graduação, na qual contribuíram para a formação do meu conhecimento e opiniões profissionais.

A Carla Veras, quem deu minha primeira oportunidade profissional, e transmitiu ensino e experiência. Aos meus amigos, em particular Ferdinan Sousa, Mariana Costa e Beatriz Cardoso, e especialmente a Eduardo Penha, pelas conversas, sorrisos e momentos que fizeram esta jornada parecer muito mais leve. Aos meus colegas na iniciação científica Nubiane Vieira, Manoel Moniz, Aylla Pimenta, Jessica Dias e Caroline Prudencio, o carinho de equipe que eu jamais esquecerei.

Por fim, encerro dizendo que tais agradecimentos aqui colocados jamais conseguirão imprimir a real gratidão que sinto, a todos que não foram citados, mas fizeram/fazem parte da minha história, meu sincero muitíssimo obrigado.

“Do rio cujas águas tudo arrasta, se diz violento. Mas ninguém diz violentas as margens que o comprimem”.

Bertold Brecht

RESUMO

A importância dada pela gestão pública ao tratamento das águas urbanas e à infraestrutura voltada ao saneamento ambiental implica nos processos de urbanização e na qualidade de vida das pessoas. A expansão urbana da cidade de São Luís, no Maranhão, é marcada por uma certa ausência de planejamento e infraestrutura adequada para o tratamento de águas urbanas. Tal situação contribui para a consolidação de um tecido urbano vulnerável quanto à cobertura das infraestruturas, manutenção e controle por parte da própria administração pública. Nos períodos chuvosos, a cidade insular é afetada e alguns locais sofrem alagamentos e enchentes, comprovando a falta de soluções de infraestrutura adequada e ocasionando prejuízos à mobilidade urbana, meio ambiente e sinistros para a defesa civil. Dessa forma, este trabalho relaciona o conceito de Águas Urbanas com o desenvolvimento urbano e questões significativas no processo de Urbanização, com destaque à Drenagem Urbana da cidade. Por meio de pesquisa bibliográfica sobre o tema; elaboração do referencial teórico; investigação de noticiários jornalístico; visitação, observação e coleta de dados dos objetos de estudos desta pesquisa; realizou-se um mapeamento dos eventos de alagamentos, enchentes e inundações em alguns pontos da cidade com auxílio do programa QGis. O referencial teórico traz conceitos e definições de autores relevantes ao tema com foco na Drenagem Sustentável e adaptações às alterações climáticas, onde se pode perceber o compromisso da gestão pública com estas questões significativas ao urbanismo contemporâneo. Algumas cidades em vários países do mundo se organizam estrategicamente, estruturando-se antecipadamente à eventos máximos e alterações climáticas. Como resultado do tratamento de dados e aplicação dos conhecimentos adquiridos, apresenta-se estratégias específicas à São Luís por meio de estudo de caso, onde são apresentadas suas particularidades, contextualização ao tema e evidências de suas fragilidades no tecido e drenagem pluvial. Tem-se também reflexões quanto aos impactos significativos na urbanização e a falta de gestão urbana integrada que ainda é um desafio na relação 'águas urbanas x território'. Por fim, os direcionamentos e estratégias para as situações e problemas apontados em São Luís confirmam a necessidade de atenção ao tema também no cenário da urbanização das cidades brasileiras.

Palavras-chave: águas urbanas; urbanização; drenagem sustentável.

ABSTRACT

The importance given by public management to the treatment of urban water and the infrastructure backed up to environmental sanitation that implies on the urbanization process and the quality of people life. The urban expansion of São Luis city, Maranhão, it is marked of certain planning lack and also appropriated infrastructure to treatment of the urban waters. This situation contributed to consolidation of a venerable sequence such coverage of infrastructures, maintenance and control that come to own public management. In the rainy time, the insular city is affected in many locals that suffer overflows and floods, bringing on loss to the urban mobility, environment and baleful to civil defense. In this way, this paper is associated to the concept of urban water along urban development and significance questions on the urbanization process, featured on the urban drainage of city. Through the bibliographic research about theme; elaboration theoretical framework, investigation of journalistic news, visitation; observation and data collection from the objects of studies in this research; performed a mapping of flooding, overflow and waterlog events in the territory was carried out with the QGis program. The theoretical framework brings concepts and definitions of authors relevant to the theme focusing on Sustainable Drainage and adaptations to climate change, where we can see the commitment of public management with these significant issues to contemporary urbanism. Some cities in various countries around the world are organized strategically, structuring themselves in advance of peak events and climate change. As a result of the data treatment and application of the acquired knowledge, introduced specific strategies to São Luís through a case study, where its particularities, contextualization to the theme and evidence of its weaknesses tissue and rainfall drainage are presented. There are also reflections on the significant impacts on urbanization and the lack of integrated management that is still a challenge in the 'urban waters x territory' relationship. Finally, the directions and strategies for the situations and problems pointed out in São Luís confirm the need for attention to the theme also in the urbanization scenario of Brazilian cities.

Keywords: urban waters; urbanization; sustainable drainage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração do Ciclo da Água.	15
Figura 2 - Delimitação das Bacias Hidrográficas.....	16
Figura 3 - Ilustração da diferença entre enchente, inundação e alagamento.	17
Figura 4 - Esquema de impactos da Urbanização e aumento da densidade populacional	19
Figura 5 - Unidade de um sistema de abastecimento de água	21
Figura 6 - Conjunto dos componentes de um sistema de esgoto convencional.....	23
Figura 7 - Estruturas de um sistema de drenagem pluvial	27
Figura 8 - Exemplo de biorretenção	42
Figura 9 - Poço seco em construção	43
Figura 10 - Exemplo de Trincheira de Infiltração e seu corte esquemático.....	44
Figura 11 - Zona de amortecimento e filtragem próxima ao passeio.....	44
Figura 12 - Exemplo de Bacia de Infiltração antes e após a chuva.....	45
Figura 13 - Exemplo de implantação da Vala Gramada.....	46
Figura 14 - Reservatório de água pluvial.....	46
Figura 15 - Telhado Verde em área densamente urbanizada em Berlim	47
Figura 16 - Alagado Construído no Qiaoyuan Park em Tianjin, China	48
Figura 17 - Rua com pavimento permeável	48
Figura 18 - Exemplo de Bacia de Retenção.....	49
Figura 19 - Localização da Ilha de São Luís	60
Figura 20 - Hipsometria da Cidade.....	61
Figura 21 - Bacias Hidrográficas	62
Figura 22 - Mapa dos Compartimentos Ambientais (geomorfologia)	63
Figura 23 - Abastecimento de água dos domicílios particulares permanentes	64
Figura 24 - Esgotamento Sanitário dos Domicílios Particulares Permanentes.....	65
Figura 25 - Ocorrência de Língua Negra na Praia de São Luís.....	66
Figura 26 - Destino do lixo dos domicílios permanentes	68
Figura 27 - Destino do lixo dos domicílios particulares permanentes.....	69
Figura 28 – Ponto de Alagamento em uma das grandes avenidas em São Luís	72
Figura 29 - Mapeamento dos Alagamentos nos Setores Sesmaria, Itaqui/Bacanga e Tibiri/Pedrinhas	73
Figura 30 - Mapeamento dos Alagamentos no Setor Rio Anil.....	74

Figura 31 - Mapeamento dos Pontos de Enchente em São Luís	75
Figura 32 - Ocorrência da enchente em 2017	76
Figura 33 - Eventos de enchente em 2019	76
Figura 34 - Eventos de Enchentes no Rio Paciência	77
Figura 35 - Mapeamento dos pontos de Inundação	78
Figura 36 - Imagens de alguns locais afetados pela inundação em São Luís.....	78
Figura 37 - Alguns pontos afetados no município de Raposa	79
Figura 39 - Mapa de Problemas e Conflitos	81
Figura 38 - Ocupações precárias localizadas em áreas com restrição à ocupação..	82
Figura 40 - Lixos e entulhos colocados no canal de macrodrenagem do Rio das Bicas	86
Figura 41 - Panorama de medidas não estruturais	88
Figura 42 - Exemplo de reservatório	88
Figura 43 - Pavimentos Permeáveis	89
Figura 44 - Exemplo de biorretenção com o uso de árvores	90
Figura 45 - Esquema com medidas não-estruturais e o sistema tradicional funcionando em conjunto	90
Figura 46 - Condições atuais do canal do Rio Anil, no bairro Anil.....	91
Figura 47 - Planta de Implantação do projeto de drenagem do canal do Portinho....	92
Figura 48 - Alagamentos no Mercado Central de São Luís.....	93
Figura 49 - Espigão localizado na Ponta D'Areia	94

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEORICO	14
2.1. DEFINIÇÕES E CONCEITOS.....	14
2.2. INFRAESTRUTURA URBANA.....	19
2.2.1. Sistema de Abastecimento de Água.....	20
2.2.2. Sistema de Esgoto Sanitário	21
2.2.3. Sistema de Drenagem Convencional	24
2.2.4. Gestão de Sólidos	28
2.3. LEGISLAÇÃO	31
2.3.1. Políticas Nacionais	33
2.3.2. Plano Diretor de Drenagem Urbana	35
2.4. DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL.....	36
2.4.1. Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis (SUDS).....	38
2.4.2. Urbanização de Baixo Impacto (LID).....	40
2.4.3. Dispositivos Utilizados em Projetos de SUDS e LID.....	41
3. ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO PARA ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: CASOS CONTEMPORANEOS	50
3.1. Holanda, a cidade de Roterdã.....	51
3.2. Estados Unidos, as cidades de São Francisco e Nova Iorque.....	53
3.3. Reino Unido, as cidades de Kingston-Upon-Hull e Londres.....	55
3.4. Portugal, a cidade de Lisboa.....	57
4. ESTUDO DE CASO: A CIDADE DE SÃO LUÍS	60
4.1. Características Físico-Territoriais.....	61
4.2. Águas Urbanas em São Luís	63
4.3. Mapeamento: casos de Alagamentos, Enchentes e Inundações.....	69
5. RESULTADOS	80
5.1. QUESTÕES SIGNIFICATIVAS NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO.....	80

5.2. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE E GESTÃO DE ALAGAMENTOS, ENCHENTES E INUNDAÇÕES.....	84
5.2.1. Apontamentos para os alagamentos e enchentes.....	87
5.2.2. Apontamentos para as Inundações Costeiras	94
CONCLUSÃO.....	96
REFERÊNCIAS.....	98

1. INTRODUÇÃO

O tema do presente trabalho de conclusão de curso surge pela relevância das águas urbanas e infraestrutura voltadas ao saneamento ambiental que marcam positivamente ou negativamente os processos de urbanização. A partir da década de 1950 a dinâmica urbana no Brasil revelou um vertiginoso crescimento da população urbana. Como relata Silva e Travassos (2008), a expansão de áreas periféricas e ocupação das áreas intra-urbanas frequentemente envolvem algum tipo de risco, justo por geralmente se localizarem em áreas desprezadas pelo mercado imobiliário formal e/ou em áreas de restrição de uso – como beiras de córregos, encostas dos morros, terrenos sujeitos a enchentes ou áreas de proteção ambiental. Maricato (1996) contribui falando que estas são as mais frágeis do ponto de vista ambiental, por isso jamais deveriam ser ocupadas, porém acabam dando suporte a ocupação urbana, precária e predatória.

Como informa Souza e Romualdo (2009) este intenso crescimento agrava os diversos problemas socioambientais afetando a frequência das inundações. Assim, nesse modelo, à medida que a cidade se urbaniza, ocorre o aumento das vazões máximas devido à impermeabilização e canalização. Constantemente, como aponta Gronstein (2001) são as construções viárias de forma aleatória e improvisada, a ocupação indiscriminada dos fundos de vale, a expansão urbana dissociada de transporte público metropolitano e a incompletude dos sistemas de saneamento básico que interferem na agudização dos problemas ambientais urbanos.

Especificamente sobre São Luís, pode-se dizer que esta cidade obteve intensa expansão da malha urbana pós a década de 1960. O desenvolvimento da cidade sem considerar as águas urbanas como prioridade no planejamento mostra seus vigorosos impactos negativos quando imposta as condições climáticas, seja na estação de estiagem ou chuvosa. Com as chuvas, grandes áreas são alagadas e ficam imersas; ocasionando extensos congestionamentos devido aos alagamentos das avenidas e as áreas submersas impedem a circulação de veículos e pessoas, promovendo a situação de bairros literalmente ilhados.

Nesse aspecto, este trabalho faz uma exposição do panorama atual da cidade e busca explicar o tema das águas urbanas em discussão, evidenciar as vulnerabilidades existentes no tecido urbano e os transtornos causados à população ludovicense, salientar a ausência de políticas públicas e ações do poder público, e, de

certa forma, alertar a sociedade sobre a importância e necessidade de medidas mitigadoras.

Depreende-se que o tema envolve uma soma multidisciplinar de conhecimento devido a escala espacial, envolvendo macro áreas como Planejamento e Desenvolvimento Urbano, percepção de aspectos físicos como topografia, expansão da malha Urbana, processo de urbanização e gestão do espaço público. Envolve também saneamento e drenagem urbana para a assimilação da colaboração das águas pluviais e de esgotos nos sistemas das bacias hidrográficas urbanas visando a elaboração do cenário geral e apontamentos de soluções e planos pontuais, de acordo com as necessidades específicas do local.

O objetivo geral é realizar estudo de soluções de planejamento urbano e projetos urbanísticos compatíveis com a realidade dos alagamentos, enchentes e inundações urbanas da cidade de São Luís. Para isso, buscou-se compreender planos e projetos urbanos que amenizam e contribuam para a solução destas situações urbanas, além da identificação dos pontos críticos e as causas desses episódios em alguns bairros de São Luís.

O trabalho foi desenvolvido através da pesquisa bibliográfica sobre o tema; elaboração do referencial teórico; levantamento de informações em noticiários, visitação, observação e coleta dos dados nos locais objetos de estudo desta pesquisa; tratamento e análise dos dados por meio do programa QGis e aplicação de conhecimento adquirido por meio do referencial teórico.

2. REFERENCIAL TEORICO

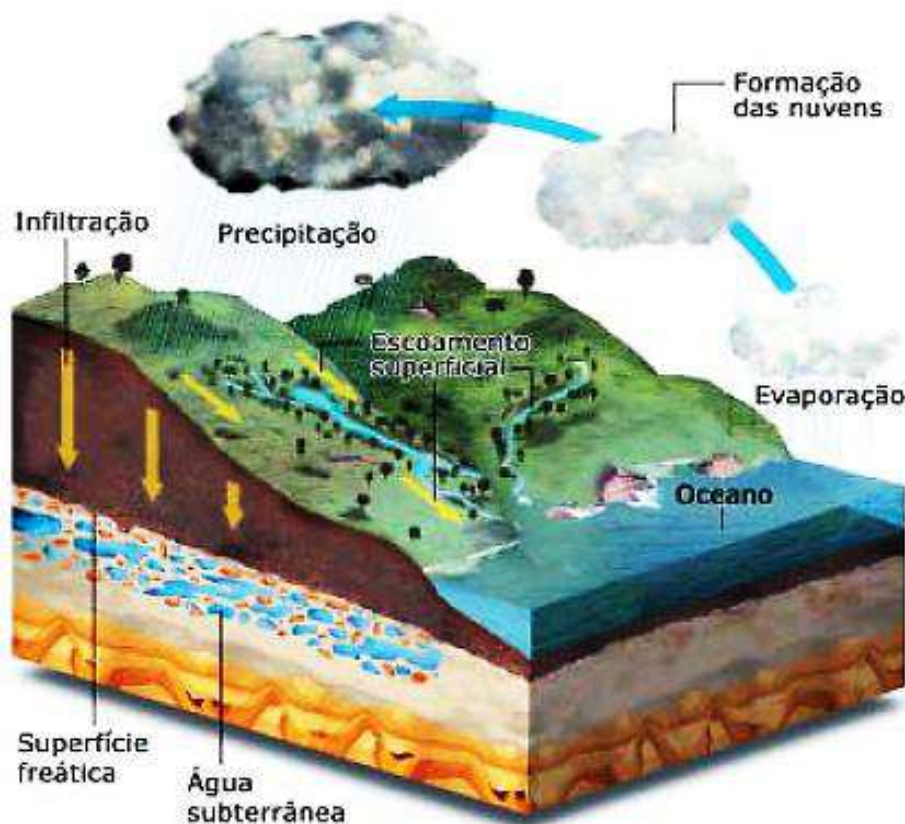
2.1. DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Neste subcapítulo são expostos os conceitos e apontamentos relevantes para a melhor assimilação das informações necessárias ao desenvolvimento do presente trabalho. De acordo com Tucci (2008), o termo 'Águas Urbanas' englobam o sistema de abastecimento de água e esgotos sanitários, a drenagem urbana e as inundações ribeirinhas, a gestão dos sólidos totais, tendo como metas a saúde e a conservação ambiental. As definições e caracterizações dos sistemas que serão mais tarde apresentados são com base nos estudos de Mascaró & Yoshinaga (2005) e nas informações contidas no Manual de Saneamento do Ministério da Saúde, pela Fundação Nacional de Saúde (2015).

Inicialmente é preciso compreender o fluxo da água e seu comportamento natural na superfície terrestre, ou seja, nas Bacias Hidrográficas. Como aponta Silveira (2002), o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água dentro das unidades componentes do nosso planeta – a atmosfera, a superfície terrestre e a hidrosfera. Esse fenômeno é impulsionado pela energia solar associado à gravidade e rotação terrestre.

Nos oceanos e na superfície da Terra, a água evapora e passa a integrar a atmosfera em forma de vapor d'água formando as nuvens. Quando o volume de vapor d'água atinge um determinado nível, pela ação da gravidade, ocorre a precipitação pluviométrica (a chuva), a partir daí parte infiltra no solo abastecendo os reservatórios subterrâneos (o lençol freático e aquíferos), e, a outra parte é direcionada pela topografia, escoando superficialmente para as cotas mais baixas até as bacias hidrográficas, chegando finalmente nos oceanos para sofrer a evaporação, reiniciando o ciclo.

Figura 1 - Ilustração do Ciclo da Água.

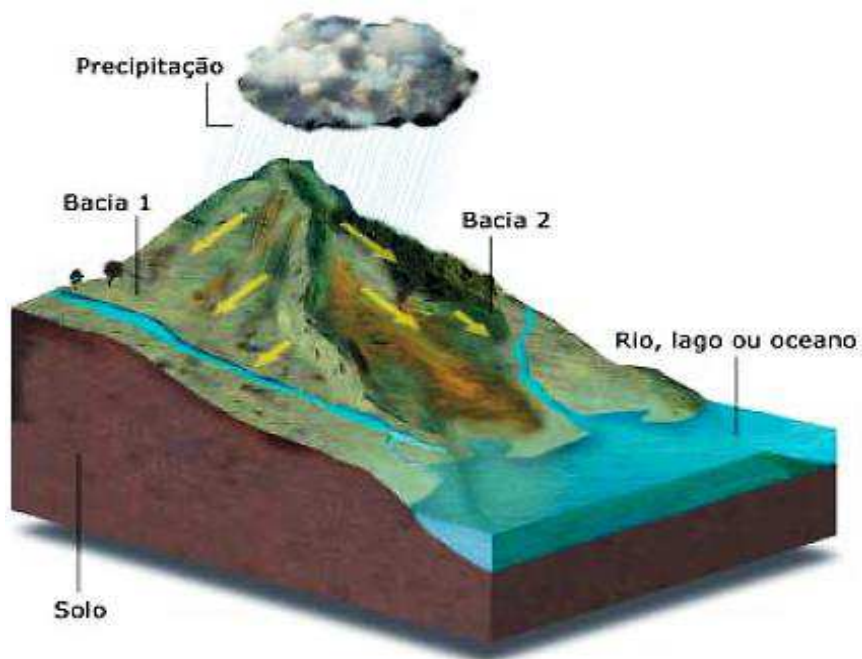


Fonte: Pinto e Pinheiro, 2006.

Silveira (2002) diz que a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, sua fonte, seu exutório, como pode ser observado na representação da figura 2 a seguir. Lima (2015) entende-se bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um curso d'água principal e seus afluentes, onde as cotas mais altas do relevo definem o caminho que a água percorre durante as precipitações e o formato da bacia e sub-bacias. Os autores Pinto e Pinheiro (2006) dividem as sub-bacias em três tipos listadas a seguir:

- a) Sub-bacia não-urbanizada: aquela em que não houve a ocupação na planície de inundação do curso d'água;
- b) Sub-bacia parcialmente urbanizada: aquela onde a ocupação começa a se consolidar ao longo do curso d'água;
- c) Sub-bacia urbanizada: aquela em que a ocupação das margens se encontra consolidada.

Figura 2 - Delimitação das Bacias Hidrográficas



Fonte: Pinto e Pinheiro, 2006.

Sobre drenagem urbana e alguns aspectos que interferem no seu desempenho, pode-se citar os termos popularmente conhecidos como inundações, enchentes e alagamentos como sinônimos, porém estes possuem significados e dimensões bastante diferentes. De acordo com o Manual de Saneamento (2015), o termo “enchente” representa o fenômeno de ocorrência de aumento de vazões com transbordamento de um canal de drenagem, e, o termo “inundação” representa o extravasamento do fenômeno de enchente. Já o “alagamento” é o acúmulo de águas nas ruas e nos perímetros urbanos por problemas de drenagem. É importante compreender cada um dos termos e fenômenos dentro de uma linguagem técnica, e também de diálogo com a comunidade, tanto para o planejamento urbano e projetos urbanísticos, quanto para orientações de ocupações territoriais e ações da Defesa Civil. São termos técnicos da Engenharia, do Urbanismo e da também de educação ambiental para a população.

Figura 3 - Ilustração da diferença entre enchente, inundação e alagamento.



Fonte: Brasil, 2015.

Para tanto, torna-se importante também diferenciar os tipos de inundações. Dessa forma o Manual de Saneamento (2015) aponta a existência de dois tipos de fenômenos hidrometeorológicos:

- a) Inundações fluviais: ocorre quando o volume de água das chuvas excede a capacidade de condução do leito normal de um rio. Onde os danos cada vez mais numerosos não se devem necessariamente a inundações maiores, mas ao incremento dos assentamentos humanos nas áreas de inundações.
- b) Inundações costeiras: se devem a ondas ocasionadas por ciclones, furacões e outras tormentas marítimas que provocam um movimento anormal do mar.

Dando prosseguimento às definições de relevância para este trabalho, segundo o Manual de Saneamento (2015) as enchentes podem ser classificadas em:

- a) Enchentes súbitas: são aquelas que se caracterizam por curto espaço de tempo entre o começo da enchente e a descarga de pico. Podem ser o resultado de chuvas torrenciais, ciclones, transbordamento ou rompimento de diques. Enchentes desta natureza são especialmente perigosas devido à rapidez com que ocorrem.
- b) Enchentes lentas: são aquelas que se manifestam de forma lenta, causadas pelo aumento do volume de água produzida pela chuva nos rios e lagos por longo período (dias ou semanas). Afetam principalmente casas, bens móveis e desalojam os habitantes das áreas afetadas.

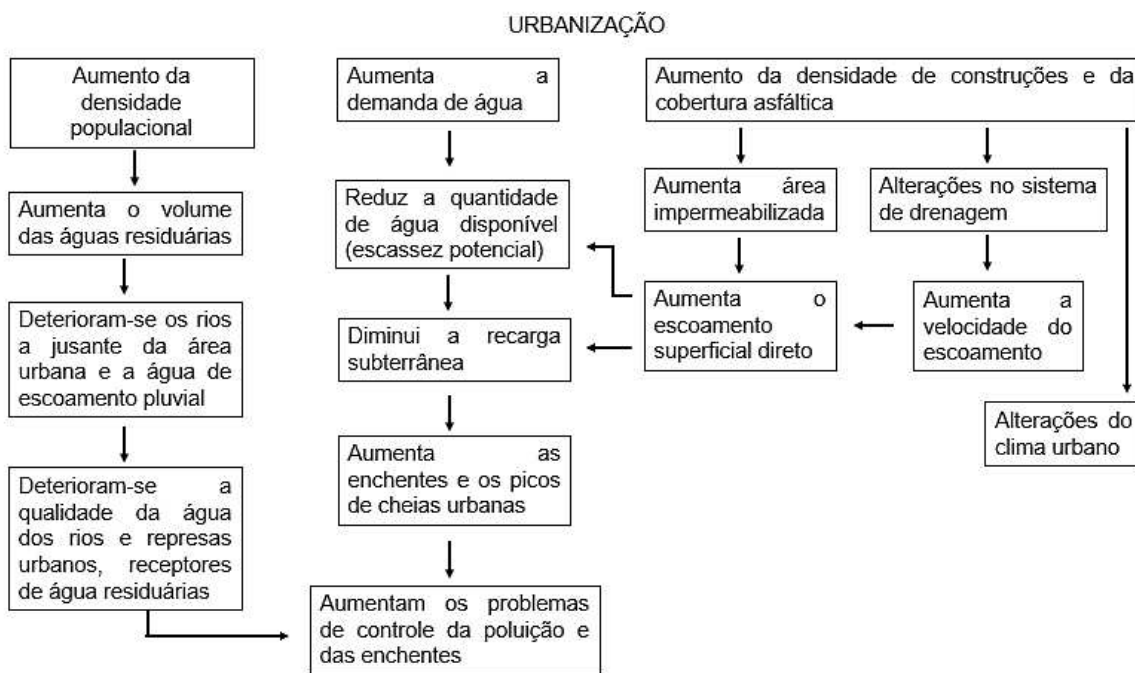
Para melhor compreensão desses fenômenos, deve-se compreender que as características físicas e naturais são diretamente ligadas tanto aos eventos de enchentes quanto os de inundações. Canholi (2005) afirma que a capacidade de absorção do solo depende de inúmeros fatores, entre os quais: cobertura vegetal, tipo de solo, condições do nível freático e qualidade das águas de drenagem. Lima (2008) cita que pela sua influência sobre processos hidrológicos tais como interceptação, transpiração, infiltração e percolação, a cobertura vegetal constitui-se num dos fatores mais importantes que afetam a produção de água nas bacias. Para Barbosa (2006), no crescimento dos centros urbanos, todos estes processos são reduzidos drasticamente, o que faz aumentar o escoamento, encurtando o seu tempo de concentração, causando graves reflexos nos cursos de drenagem natural, provocando erosão, assoreamento e inundações.

É preciso destacar que como aponta Silva (1991) o padrão periférico de urbanização se processa, na maioria das vezes, em desconformidade com as características do meio físico. A partir da justaposição de diferentes projetos de loteamento, geralmente definidos sobre modelos idealizados de terreno, a malha urbana é estruturada sem considerar a topografia, a declividade e o sistema de drenagem do sítio real, implicando gigantescas movimentações de terra, declividades inadequadas, remoção do solo superficial e exposição do solo de alteração. Segundo Silva & Travassos (2008), as questões decorrentes da expansão urbana extensiva e desordenada internas a uma sub-bacia hidrográfica, por exemplo, se transferem indistintamente aos inúmeros corpos d'água que a recobrem e podem extravasar a escala local e atingindo toda macrobacia à qual pertencem. Sendo esta uma das causas principais da relação dos problemas de drenagem das águas urbanas com o processo de urbanização.

Como aponta Tucci (2008), o desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. Dessa forma, em razão da impermeabilização do solo e da construção da rede de condutos pluviais, as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude causando as inundações por causa de urbanização. Sendo que, geralmente, essas inundações são vistas como locais porque envolvem bacias pequenas (< 100 km², mas frequentemente bacias < 10 km²).

Sobre o supracitado, apresenta-se a seguir uma representação gráfica do esquema de impactos da urbanização e do aumento da densidade populacional perante a temática trabalhada nesta monografia.

Figura 4 - Esquema de impactos da Urbanização e aumento da densidade populacional



Adaptado pelo autor. Fonte: Garcias e Sanches *apud* Pinheiro, 2009.

2.2. INFRAESTRUTURA URBANA

De acordo com Barroso (2018), a infraestrutura urbana é o conjunto de sistemas técnicos de construções físicas e de serviços vitais para o funcionamento da cidade e possui como objetivo assegurar as necessidades dos habitantes e garantir a qualidade de vida.

Como o termo Águas Urbanas citado anteriormente e no próprio título deste trabalho, joga-se importante apresentar uma abordagem geral dos apontamentos necessários para a compreensão de cada sistema envolvido, como o abastecimento de água e esgotos sanitários, a drenagem urbana e a gestão de sólidos totais. São aspectos relevantes para uma visão holística dentro de uma abordagem de saneamento ambiental e processo de urbanização.

2.2.1. Sistema de Abastecimento de Água

A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhoria na saúde pública e nas condições de vida de uma comunidade, através do controle e prevenção de doenças, da promoção de hábitos higiênicos, do desenvolvimento de esportes e da melhoria da limpeza pública, conforme o Manual de Saneamento (2015). Esta fonte bibliográfica aponta também que a implantação do abastecimento de água resulta num aumento de vida média da população atendida, numa diminuição da mortalidade em geral, em particular a infantil.

De acordo com Mascaró & Yoshinaga (2005), o sistema de abastecimento de água compõe-se, geralmente, das seguintes partes:

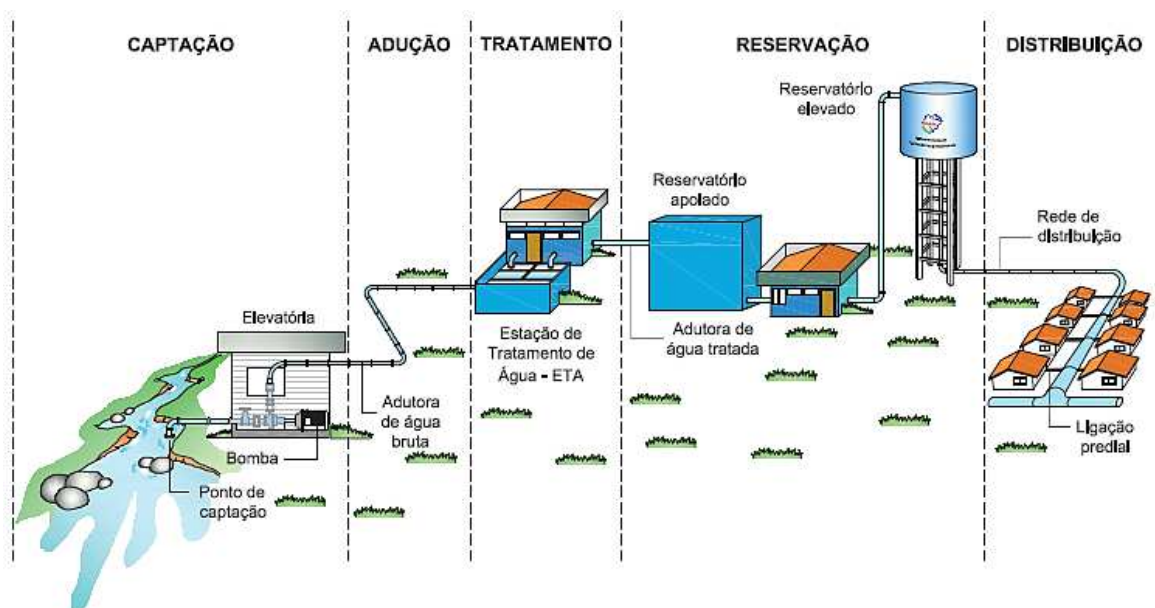
- **Captação:** consiste em um conjunto de estruturas e dispositivos construídos para a captação de água, os mananciais utilizados para o abastecimento podem ser as águas superficiais e/ou subterrâneas. No caso de águas superficiais (rios, lagos, córregos, etc.) com capacidade adequada, a captação é direta. Os que não possuem vazão suficiente em alguns períodos do ano torna-se necessários construir reservatórios de acumulação. Os sistemas de mananciais subterrâneos são geralmente mais caros, devendo-se evitar sua utilização indiscriminada.
- **Adução:** é constituído pelo conjunto de peças destinado a ligar fontes de água bruta (mananciais) às estações de tratamento e estas aos reservatórios de distribuição. O comprimento e o diâmetro da adutora em geral são proporcionais ao número de habitantes, quanto maior a população, maior será a quantidade de água necessária para abastecê-la. Com isso, mais rapidamente se esgotarão os mananciais disponíveis nas imediações.
- **Estações elevatórias ou de recalque:** compreende o conjunto de edifícios, máquinas, demais equipamentos e aparelhos necessários para a elevação da água de um ponto para outro. Os sistemas de recalque são muito utilizados atualmente, seja para captar a água de mananciais, seja para reforçar a capacidade das adutoras. Quando há necessidade de recalcar a água a pontos distantes ou elevados ocorre o encarecimento do sistema de abastecimento.
- **Reservação:** é a parte do sistema cujas finalidade são assegurar uma reserva de água para combate a incêndios, fornecer água em casos de interrupção da

adução e melhorar as condições de pressão da água na rede de distribuição. Os reservatórios podem ser enterrados, semienterrados ou elevados, sendo que a localização no terreno é definida, geralmente, por condições de eficiência do sistema.

- Rede de distribuição: um conjunto de condutos colocados nas vias públicas, junto aos edifícios, com a função de conduzir as águas aos prédios e locais de consumo público, abastecendo extensas áreas da cidade.

Lembrando que nem todos os sistemas devem, necessariamente, conter todas as partes. Vale ressaltar que o tratamento constitui a parte do sistema de abastecimento de água destinado a adequá-la às condições necessárias ao consumo quando a quantidade captada não é satisfatória. É realizado em estações construídas especialmente para esse fim. A necessidade e abrangência dos processos de tratamento recomendáveis são definidas através dos dados relativos à qualidade da água no manancial e sua variação durante o ano.

Figura 5 - Unidade de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Manual de Saneamento, 2015.

2.2.2. Sistema de Esgoto Sanitário

Após o uso da água há a necessidade de criar soluções para o afastamento e retorno de uma parcela desta água para o meio ambiente. Depois de utilizada as características naturais são perdidas, englobando múltiplas substâncias cuja matéria

é vinculada à finalidade que foi servida. Como indica o Manual de Saneamento (2015) estes despejos provenientes das diversas modalidades de uso da água, se dá o nome de esgotos, águas servidas ou águas residuárias, e, sua devolução direta ao meio ambiente pode causar problemas ambientais e à saúde das pessoas e animais pela transmissão de doenças causadas por germes patogênicos presentes nos dejetos humanos.

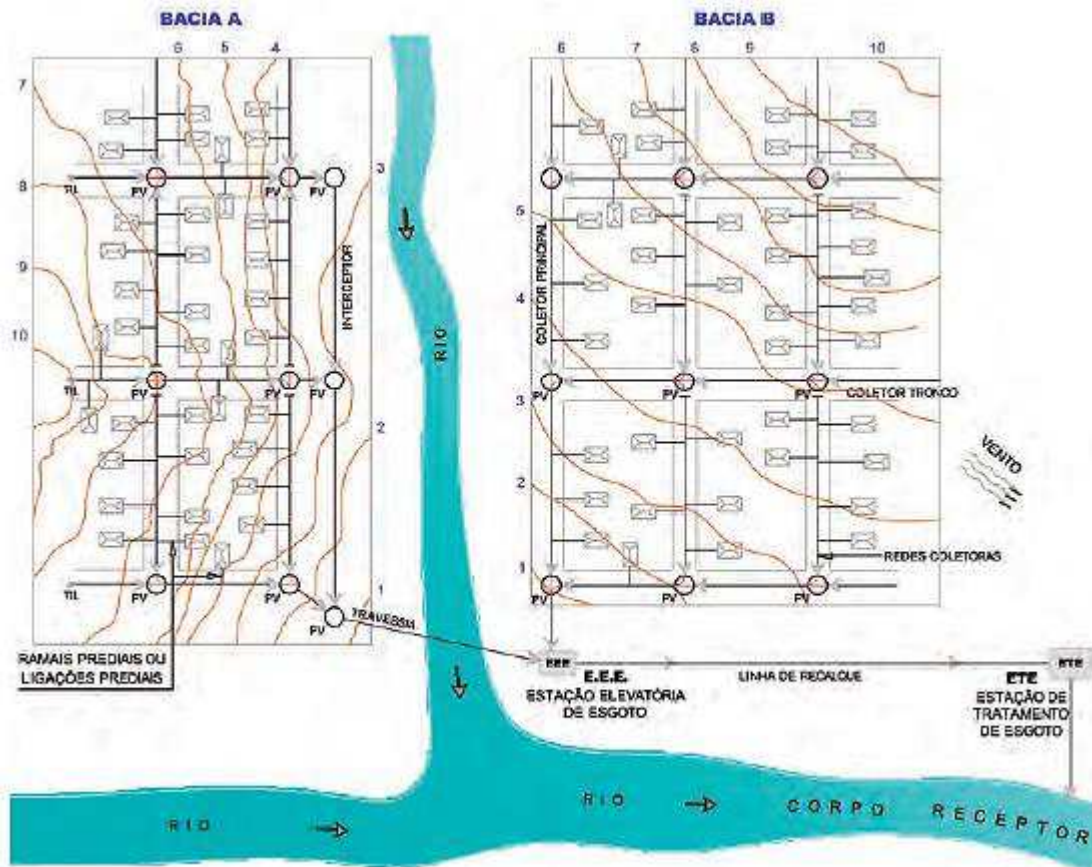
De acordo com o Manual de Saneamento (2015), os esgotos são classificados de acordo com a sua origem em domésticos e industriais. O esgoto doméstico é essencialmente orgânico, compreendendo as águas que contêm a matéria originada pelos dejetos humanos no esgotamento de peças sanitárias e as águas servidas das atividades domésticas. Incluem também os efluentes das instalações sanitárias de estabelecimentos comerciais, de empresas e instituições. Podem ser divididos em águas negras a parcela proveniente das instalações sanitárias, contendo fezes e urina; e a cinza a parcela proveniente de banhos, lavagens e demais usos domésticos.

Os esgotos industriais variam a composição de orgânicos a mineral, geralmente mais rico em sólidos dissolvidos minerais do que os esgotos domésticos. A rede coletora pública de esgoto é projetada para receber os esgotos sanitários, mas dificilmente conduz apenas o esgoto doméstico, porque normalmente há uma parcela de esgotos industriais. Em cada caso, deverá ser estudada a natureza dos efluentes industriais para verificar se os mesmos podem ser lançados *in natura* na rede de esgotos, ou para saber se haverá necessidade de um pré-tratamento.

O sistema de esgotos urbanos é constituído, como explica Mascaró & Yoshinaga (2005), basicamente de uma rede de tubulações destinados a transportar os esgotos; elementos acessórios como poços de visita, de recalque, etc.; e estações de tratamento. Uma rede coletora de esgotos tem como ponto inicial a instalação predial, constituída pelo conjunto de aparelhos sanitários e a canalização, que transporta o efluente doméstico até o coletor predial. Este pode receber efluentes de um ou mais domicílios. O coletor predial conduz tais efluentes a um coletor de esgotos que os transporta até um coletor tronco. Do coletor tronco, o efluente é transportado até o interceptor (canalização de grande diâmetro, geralmente de concreto) cuja finalidade é proteger os cursos d'água, praias, lagos, etc., evitando descargas diretas. A canalização final é o emissário cuja finalidade é conduzir os efluentes da rede para o

ponto de lançamento (córrego, rio, mar, etc.) longe da cidade ou após ter o esgoto sofrido tratamento. Esse conjunto de componentes pode ser compreendido por meio da figura 6.

Figura 6 - Conjunto dos componentes de um sistema de esgoto convencional



Fonte: Manual de Saneamento, 2015.

Os autores supracitados seguem esclarecendo que as estações de tratamento de águas residuárias nos sistemas de esgotos urbanos são instalações destinadas a eliminar os elementos poluidores, permitindo que essas águas sejam lançadas nos corpos receptores finais em condições adequadas. O tratamento das águas residuárias exige para cada tipo de esgoto (doméstico ou industrial) um processo específico, devendo ser realizado na medida das necessidades e de maneira a assegurar um grau de depuração compatível com a capacidade autodepurativa do corpo d'água receptor.

A existência das Estações de Tratamento de Esgotos é essencial para manter a qualidade da água e biodiversidade dos corpos d'água. O despejo de esgotos *in*

natura transporta toda a contaminação para jusante, afetando as propriedades das águas urbanas, criando um raio de contaminação que pode afetar os lençóis freáticos e a vida em geral. Como informa o Manual de Saneamento (2015), o tratamento e a disposição final adequada dos esgotos é uma medida fundamental para o gerenciamento do ciclo do uso da água, incluindo o planejamento, projeto, execução e controle das obras necessárias para a manutenção da qualidade da água.

2.2.3. Sistema de Drenagem Convencional

Devido ao enfoque do trabalho na questão da drenagem e o planejamento urbano apresenta-se aqui um breve histórico com o propósito de pormenorizar o conteúdo. Para Lima (2015), as primeiras cidades estabeleciam-se próximas aos cursos d'água como forma de facilitar o abastecimento para o uso da população e para a irrigação na agricultura. Já Matos (2003) acrescenta que o sistema de drenagem na época não era considerado como infraestrutura primordial no planejamento do núcleo urbano, mas é possível notar sua existência mesmo que de forma simples nas antigas civilizações. Temos por exemplo os Mesopotâmios, e, principalmente o Império Romano, no qual desenvolveu grande obras de drenagem e abastecimento de água, que foram os aquedutos e a cloaca máxima.

O autor menciona que na Idade Média, houve uma espécie de regressão em termos de higiene urbana. O crescimento desordenado, irregular e a falta de pavimentação em alguns locais, construía um cenário de dificuldade no manejo das águas residuais. Com o lançamento dos dejetos nas ruas e valas a céu aberto, a falta de higiene também era um problema. Somente entre o século XVIII e XIX, após ser constatado que a falta de salubridade acarretava na proliferação de doenças, a solução adotada partia do princípio higienista, onde as águas residuais necessitavam ser manejadas o mais rápido possível para fora do ambiente urbano. Esse transporte era feito a partir de um sistema unitário, sendo o esgoto pluvial e cloacal conduzidos pelos mesmos condutos.

Com isso, a salubridade dentro da cidade melhora, entretanto as doenças de veiculação hídrica permanecem, visto que o esgoto era lançado diretamente nos mananciais sem nenhum tratamento. Assim, Tucci (2008) define essa fase como pré-higienista. Logo após veio a chamada fase higienista onde o abastecimento de água de fontes seguras e a coleta de esgoto com despejo a jusante (sem tratamento) do

manancial da cidade tiveram como finalidade evitar doenças e seus efeitos. Mas, apenas acabaram transferindo mais uma vez os impactos para jusante. Tucci (2008) continua relatando que pós a Segunda Guerra Mundial, quando ocorreu o chamado *baby boomer* – um *boom* de crescimento populacional – onde houve uma urbanização acelerada, levando uma alta parcela da população para as cidades, há novamente um colapso do ambiente urbano em razão dos efluentes sem tratamento e poluição aérea.

Em 1970, Tucci (2008) cita que houve um marco importante com a aprovação do *Clean Water Act* (Lei de água limpa), onde foi definido que os efluentes deveriam ser tratados com a melhor tecnologia para recuperação e conservação dos rios. Nessa mesma época, verificou-se que era insustentável continuar a construção de obras de drenagem que aumentassem o escoamento em razão da urbanização, como a canalização de rios. Procurou-se revisar os procedimentos e utilizar sistemas de amortecimento em detrimento das canalizações, assim inicia-se a fase corretiva.

Entretanto, o autor relata que se examinou a persistência de uma parte da poluição em razão das inundações urbanas e rurais. Assim, afirma que desde os anos 1990, tem-se investido no desenvolvimento de uma política de desenvolvimento sustentável urbano baseado no tratamento das águas pluviais urbanas e rurais, conservação do escoamento pluvial e tratamento dos efluentes em nível terciário para retirada de nitrogênio e fósforo que eutrofizam os lagos. Segundo Tucci (2008), aqui essa fase tem sido denominada, de desenvolvimento sustentável.

É importante citar que as cidades variam de estágio e as cidades brasileiras conforme afirma Tucci (2008), ainda estão na fase higienista em razão de falta de tratamento de esgoto, transferência de inundação na drenagem e falta de controle dos resíduos sólidos. O autor também relata que a rede de esgoto pode ser combinada (sanitário e pluvial num mesmo conduto) ou separada (rede pluvial e sanitária separada), e, que no Brasil a legislação estabelece o sistema separador. Porém, na prática isso não ocorre em razão das ligações clandestinas e da falta de rede de esgoto sanitário.

Como expõem o Manual de Saneamento (2015), ainda é mantido o conceito clássico e tradicional de drenagem urbana de executar obras destinadas a retirar rapidamente as águas acumuladas em áreas importantes da cidade, transferindo o problema para outras áreas ou para o futuro. Tradicionalmente, o sistema de

drenagem é entendido como sendo composto por dois sistemas denominados de microdrenagem e macrodrenagem.

Assim, conforme o Manual de Saneamento (2015), é importante citar que a rede física de Macrodrenagem é constituída pelos principais talvegues (fundo de vale) existentes, independente da execução de obras específicas e da localização das áreas urbanizadas, por ser o caminho natural das águas pluviais. Portanto, esta é a rede de drenagem natural preexistentes nos terrenos antes de ocupados, sendo responsável pelo escoamento final, formado por canais naturais, artificiais e estruturas auxiliares. A rede física de macrodrenagem também é um conjunto de obras que visa melhorar as condições de escoamento para atenuar problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talvegues. As estruturas constituídas são projetadas para cheias cujo período de retorno está entre 10 e 100 anos. Quando bem projetada, pode diminuir o custo da microdrenagem e o seu bom funcionamento impacta diretamente na segurança urbana contra enchente e a saúde pública.

Ainda sobre conceituação e definições básicas para este trabalho de conclusão de curso, conforme o Manual de Saneamento (2015), pode-se dizer que os canais são condutos abertos ou fechados que transportam a água com superfície livre. Classificados em naturais como os rios ou artificiais quando apresentam forma geométrica conhecida, podendo ser revestido ou não. Como exemplos de canais artificiais, cita-se os coletores de esgotos sanitários, as galerias de águas pluviais, os túneis-canais, as calhas, as canaletas, entre outros. O uso dos canais na macrodrenagem apresenta vantagem com relação a custo, capacidade de vazão, possibilidades recreativas, condições estéticas e capacidade de armazenamento no próprio canal. Como desvantagens, cita-se a necessidade de extensas áreas de implantação e custos de operação e manutenção. Portanto, é necessário um planejamento cuidadoso e projeto adequado para minimizar as desvantagens e potencializar benefícios.

Microdrenagem ou sistema de drenagem inicial, ou ainda sistema coletor de águas pluviais, é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais e também canais de pequenas dimensões. É dimensionado para o escoamento de águas pluviais, quando bem projetado minimiza consideravelmente os alagamentos na área urbana, evitando as

- Sarjetões: são calhas geralmente construídas do mesmo material das sarjetas, com forma ‘V’, situadas nos cruzamentos de vias, para permitir que a água da chuva passe de um lado para o outro ou paralelamente à via em que converge.
- Bocas-de-lobo: são caixas de captação das águas, colocadas ao longo das sarjetas com a finalidade de captar as águas pluviais em escoamento superficial e conduzi-las ao interior das galerias. Normalmente, são localizadas perto dos cruzamentos das vias a montante da faixa de pedestres, ou em pontos intermediárias quando a capacidade do conjunto meio-fio-sarjeta fica esgotado.
- Conduitos de ligação: são dutos que captam as águas em uma boca-de-lobo e as conduzem a uma caixa de ligação, a um poço de visita, ou ainda a outra boca-de-lobo. Devem ser retilíneos e apresentar uma declividade, sendo geralmente construídos em concreto pré-moldado.
- Caixas de ligação: tem por função unir os conduitos de ligação às galerias, ou ainda, conectar entre si conduitos de ligação para reuni-los em um único, não tendo entrada para limpeza. São executadas em concreto ou alvenaria e tem geralmente secção quadrada. São relativamente pouco utilizadas pelo encarecimento que implicam e pela mínima função que cumprem.
- Poços de visita: são elementos do sistema de drenagem que possibilitam o acesso aos conduitos para limpeza e inspeção. São necessários quando há mudanças de direção ou declividade na galeria, nas junções de galerias, nas extremidades de montante, ou quando ocorre mudanças de diâmetro das galerias.
- Galerias: são canalizações destinadas a receber as águas pluviais captadas na superfície e encaminhá-las ao seu destino final. Normalmente são localizadas na rua, no eixo ou em seus terços. As mais utilizadas são de concreto pré-fabricado com secção circular.

2.2.4. Gestão de Sólidos

A abordagem sobre gestão de sólidos torna-se importante porque esta questão impacta diretamente nas águas urbanas. Pois, podem obstruir e vedar encanações, facilitar no assoreamento dos canais naturais, poluir e degradar as bacias hidrográficas e contribuir para alagamentos, enfim, podem sobrecarregar todos os

sistemas expostos anteriormente, contribuindo para cenários de transtornos como inundações e enchentes.

Segundo o Manual de Saneamento (2015), os resíduos sólidos são um conjunto heterogêneo de materiais, substâncias, objetos ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, em estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Ainda com o Manual como fonte bibliográfica relevante, cita-se a classificação dos resíduos sólidos conforme a origem em domiciliares, resíduos públicos, sólidos urbanos, de estabelecimento comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e de mineração. Já as coletas podem ser classificadas como:

- a) Convencional: compreende a coleta de resíduos sólidos domiciliares e estabelecimentos comerciais;
- b) Resíduos de limpeza urbana: compreende a coleta dos resíduos provenientes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) Resíduos de serviço de saúde: a coleta desses resíduos é de responsabilidade do gerador; entretanto, existem estabelecimentos de saúde que não gerenciam adequadamente seus resíduos e sendo poder público responsável pelas unidades de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS) instaladas em suas localidades, é comum que a prefeitura assuma esta responsabilidade;
- d) Resíduos da construção civil: a coleta desses resíduos é da responsabilidade do gerador; entretanto, em alguns casos, a prefeitura presta este serviço;
- e) Resíduos especiais: contempla os resíduos não recolhidos pela coleta convencional, e não podem ser enquadrados como de responsabilidade do gerador. Esses tipos de resíduos geralmente são coletados por meio da programação elaborada de acordo com a demanda;

- f) Coleta seletiva: visa recolher os resíduos segregados na fonte. Esse tipo de coleta está relacionado com a reciclagem e é executado por um plano específico;
- g) Estabelecimentos industriais: é de total responsabilidade do gerador.

A coleta seletiva, citada no item “f” acima, de acordo com o Manual de Saneamento (2015), é um sistema de recolhimento dos resíduos recicláveis inertes (papéis, plásticos, vidros e metais) e orgânicos (sobras de alimento, frutas e verduras), previamente separados nas próprias fontes geradora, com a finalidade de reaproveitamento e reintrodução no ciclo produtivo. As vantagens deste processo são economia de matéria-prima; economia de energia; combate ao desperdício; redução da poluição ambiental; e, potencial econômico, por meio da comercialização dos recicláveis. Este sistema pode ser implantado em municípios, bairros residenciais, vilas, comunidades, escolas, escritórios, centro comerciais ou outros locais que facilite a coleta dos materiais recicláveis. É importante mencionar que exige a educação da população já que significa mudança de procedimento de descarte das pessoas.

Quanto à disposição final, como esclarece o Manual de Saneamento (2015), o aterro sanitário é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, visando à minimização dos impactos ambientais. Utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo os resíduos sólidos com uma camada de terra, após a conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, caso necessário. Quando tecnicamente executado, constitui um bom destino final para os resíduos sólidos sob o ponto de vista sanitário, sem perigo de poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A atividade antrópica gera impacto que ecoa nos meios físicos, biológicos, socioeconômicos, ambientais e na saúde humana. Os resíduos sólidos, por conter uma grande quantidade de matéria orgânica na sua constituição, servem de abrigo e alimento para organismos vivos. Geralmente possuem agente patogênicos e micro-organismo prejudiciais à saúde humana. Por isso é necessário o manejo adequado desde a produção até a destinação final, afirma o Manual de Saneamento (2015).

Informa Tucci (2008) que há dois tipos de sólidos principais, que são os “sedimentos” gerados pela erosão do solo em razão do efeito da precipitação e do

sistema de escoamento, e, os “resíduos sólidos” produzidos pela população. A soma é chamada de sólidos totais. No desenvolvimento urbano, existem estágios distintos da produção de material sólido na drenagem urbana, que são:

- a) Estágio de pré-desenvolvimento: a bacia hidrográfica naturalmente produz uma quantidade de sedimentos transportada pelos rios em razão das funções naturais do ciclo hidrológico;
- b) Estágio inicial de desenvolvimento urbano: quando há a modificação da cobertura da bacia pela retirada da proteção natural, o solo fica desprotegido e a erosão aumenta no período chuvoso, aumentando a produção de sedimentos. Nesta fase, existe predominância dos sedimentos e pequena produção de lixo;
- c) Estágio intermediário: parte da população já está estabelecida, ainda existe importante movimentação de terra por causa de novas construções. E uma parcela de resíduos sólidos que se soma aos sedimentos;
- d) Estágio de área desenvolvida: praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, resultando numa produção residual de sedimentos em razão das áreas não-impermeabilizadas, e a produção de lixo urbano chega ao máximo com a densificação urbana.

As definições, conceitos e caracterizações apontadas até aqui sobre cada sistema, nos quais fazem parte do conceito de águas urbanas, são o ponto de partida para a compreensão do contexto de águas urbanas integradas. Pois, para isso é primordial entender a forma de funcionamento e desenvolvimento, além da importância de cada sistema individualmente. A ausência e/ou a insuficiência podem comprometer e impactar na saúde pública e na preservação ambiental do território.

2.3. LEGISLAÇÃO

Abordar a questão da legislação pertinente ao tema deste trabalho se faz necessário devido às situações orientadoras, proibitivas e de regulação que as leis promovem. Segundo Tucci (2005), as legislações que envolvem a drenagem urbana e o controle de inundações estão relacionadas com recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental.

Evidencia-se que em relação aos recursos hídricos, como aponta Lima (2015), na Esfera Federal, a Constituição de 1988 estabelece o domínio dos rios por meio de

legislação de recursos hídricos, instituindo os conceitos primários da gestão de bacias hidrográficas, podendo ser de domínio federal ou estadual. No entanto, existem marcos regulatórios estaduais de recursos hídricos que estabelecem critérios para a outorga do uso da água, mas não legislam sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem. Ou seja, mesmo sendo estabelecidas normas e padrões a respeito da qualidade de água dos mananciais, não são definidas restrições quanto ao lançamento de efluentes urbanos nos cursos d'água, segundo Tucci (2002).

De acordo com Tucci (2005), a legislação ambiental estabelece normas e padrões de qualidade da água dos rios por meio de classes, mas não define restrições quanto aos efluentes urbanos lançados nos rios. A ação dos órgãos estaduais de controle ambiental é limitada pela falta de capacidade de os municípios investirem nesse controle. Portanto, não existe exigência e nem pressão para investimentos no setor.

No que diz respeito ao uso do solo, a Constituição Federal, no artigo 30, define que o uso do solo é municipal. Porém, os Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando à proteção ambiental, ao controle da poluição, à saúde pública e à segurança. No caso da drenagem urbana, que envolve o meio ambiente e o controle da poluição, a matéria é de competência concorrente entre Município, Estado e Federação. Dessa forma, Tucci (2005) aponta que a tendência é os municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, incentivados pelos Estados.

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651) define que a proteção de mata ciliar dos cursos d'água deve ser de: a) trinta metros para os cursos d'água de menos de dez metros de largura; b) cinquenta metros, para os cursos d'água que tenham de dez a cinquenta metros de largura; c) cem metros, para os cursos d'água que tenham de cinquenta a duzentos metros de largura; d) duzentos metros para os cursos d'água que tenham de duzentos a seiscentos metros de largura; e) quinhentos metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a seiscentos metros. Nas nascentes, a área protegida é de um raio de no mínimo de cinquenta metros no seu entorno.

Dentro da esfera municipal temos o Plano Diretor, que define diretrizes de uso do solo e proteção das áreas de preservação ambiental e preservação permanente. Entretanto, muitos municípios não têm analisado coerentemente certos aspectos de águas urbanas, como esgotamento sanitário, resíduo sólido, drenagem e inundações. O que tem sido observado são legislações restritivas à proteção de mananciais e à

ocupação de áreas ambientais. Para Tucci (2005), a legislação muito restritiva, contrariamente à sua intenção, só produz reações negativas e desobediência civil, sob a forma de invasão de áreas, loteamento irregulares, entre outros. O autor continua citando que é necessário que a legislação dê alternativa econômica ao proprietário da terra, ou que o município compre a propriedade. As legislações do uso do solo apropriam-se da propriedade privada e ainda exigem o pagamento de impostos pelo proprietário, que não possui alternativa econômica. Dessa forma, a consequência imediata na maioria das situações é a desobediência legal.

Dirigindo-se a São Luís, cidade objeto de estudo, os aspectos relacionados ao uso do solo e drenagem urbana constam no Código de Obras, Lei de Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação de 1992 e no Plano Diretor dela vigente, contido na Legislação Urbanística Básica do município. Na Lei nº 033 de 11 de maio de 1976, que trará do Código de Obras existe uma seção que dá diretrizes no modo de construção dos dispositivos para lançamento das águas pluviais no passeio público (sarjeta), e quando houver impossibilidade de ligação dos coletores do lote para a sarjeta, esta água pode ser lançada diretamente nas galerias de águas pluviais. Como cita Lima (2015) a Lei nº 3.253 de 29 de dezembro de 1992 (Lei de Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação) trata da preservação de áreas verdes, através da criação das Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs), áreas estas que são basicamente as margens e nascentes de cursos d'água e locais com cotas mais baixas que cinco metros, pois são passíveis de inundações pelas marés; os afastamentos previstos são os mesmos determinados pelo Código Florestal.

Tucci (2002) esclarece no que tange ao licenciamento ambiental, a Lei nº 6.938/81 e pela Resolução Conama nº 237/97 estabelecem os limites para a construção e a operação de canais de drenagem, assim como, a Resolução CONAMA nº 1/86, artigo 2, inciso VII, institui a necessidade de licença ambiental para obras hidráulicas para drenagem.

2.3.1. Políticas Nacionais

Como citado anteriormente, no âmbito municipal alguns aspectos de águas urbanas não são analisados e nem sequer abrangidos nos Planos Diretores, embora existam as Leis e Planos Nacionais que serão citados a seguir.

No âmbito das políticas nacionais, o Código das Águas, Decreto nº 24.643/34 informa sobre o aproveitamento das águas em geral e sua propriedade, reivindicando

as responsabilidades e direitos dos cidadãos/proprietários. A Lei de Recursos Hídricos, Lei nº9.433/97, é sancionada com os objetivos de assegurar à atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais e incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

No que concerne ao esgotamento sanitário, algumas iniciativas foram tomadas por parte do Poder Federal, como o apoio a publicação de Manuais de Saneamento, compartilhando informações essenciais para a compreensão dos sistemas e opções existentes. Como por exemplo os Manuais de Saneamento da Fundação Nacional da Saúde – FUNASA, como cita o próprio Manual (2015), apresentando uma visão aos problemas ligados ao meio ambiente, agregando questões técnicas, tecnologias simplificadas e sociais, conceitos, legislação e temas de preocupação atuais; sendo direcionado a educação ambiental e a profissionais ligados ao saneamento e saúde pública.

A Lei nº11.445/2007, estabelece as diretrizes nacionais e a política federal de saneamento básico. Possuindo como objetivos, citados no artigo 49, contribuir para o desenvolvimento nacional, a redução das desigualdades regionais, a geração de emprego e de renda e inclusão social; priorizar planos, programas e projetos que visem à implantação e ampliação dos serviços e ações de saneamento básicos nas áreas ocupadas por populações de baixa renda, dentre outros, minimizar os impactos ambientais relacionados à implantação e desenvolvimento das ações, obras e serviços de saneamento básico e assegurar que sejam executadas de acordo com as normas relativas à proteção do meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde.

Acerca de Resíduos Sólidos, a Lei nº12.305/2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, como informa o Manual de Saneamento (2015), o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos é um dos maiores problemas do país, reunindo um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelos governantes ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado. Para isso preconiza a não geração, a redução, a reutilização, as soluções integradas para a coleta seletiva, a reciclagem, a

compostagem, a destinação final e a disposição final somente dos rejeitos resultantes dos processos de tratamento. Apoiando a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Ministério do Meio Ambiente lançou o 'Plano de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação', com a intenção de esclarecer a elaboração dos planos de gestão para gestores, técnicos e envolvidos dos estados e municípios na implementação da Política.

2.3.2. Plano Diretor de Drenagem Urbana

Lima (2015) *apud* Tucci (2002) apontam que o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) destaca-se como medida estratégica de gerenciamento do sistema de drenagem urbana, visando mitigar os impactos e transtornos das grandes inundações através de medidas sustentáveis e viáveis do ponto de vista econômico e ambiental. Este plano, fundamental ao planejamento urbano e gestão de cidades, tem como fundamento o diagnóstico das redes de drenagem através de uma subdivisão da mesma em macro bacias, para que assim se possam definir os princípios, objetivos e estratégias para diversos cenários possíveis, de forma a melhorar o gerenciamento da drenagem urbana. É importante ressaltar que o Plano Diretor de Drenagem Urbana deve ser um elemento do Plano Diretor Municipal, como um plano setorial mais aprofundado ao tema.

Tucci (2002) destaca a importância de criar mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionado com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade. Visando o planejamento da distribuição das águas residuais, baseando-se através das tendências de ocupação do espaço urbano com a infraestrutura para evitar prejuízos oriundos das grandes enchentes. Para tanto, a meta é estabelecer restrições para a ocupação das áreas de risco e definir medidas para uma melhor convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco, prevendo melhorias das condições de saúde dos cidadãos e do ambiente urbano.

Os objetivos desse plano devem seguir princípios essenciais para um gerenciamento consistente, para que se evite problemas devido às inundações urbanas. Dentre eles, é o planejamento dos sistemas da infraestrutura de forma global, prevendo a minimização dos impactos ambientais. Deve-se partir do princípio que cada usuário urbano, seja não impactando com a inserção de resíduos sólidos nos sistemas de drenagem, seja contribuindo para manter áreas permeáveis em seus lotes, não deva contribuir com a ampliação da cheia natural da bacia. Logo, o controle

de enchente precisa contemplar a bacia como um todo, não somente trechos isolados, estabelecendo medidas não estruturais (preventivas), bem como a preservação dos mecanismos naturais de escoamento, para que as medidas estruturais sejam implantadas somente quando necessário, sempre prevendo a viabilidade econômica e ambiental para a construção da mesma.

Lima (2015) acrescenta que as estratégias adotadas irão se basear no diagnóstico das redes de drenagem e de uma análise de possíveis cenários futuros, onde as medidas para áreas não ocupadas serão basicamente voltadas para restrições de uso e ocupação, enquanto para áreas mais adensadas, é preciso fundamentar-se no desenvolvimento urbano ocorrente e na sua projeção futura.

2.4. DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

Como aponta Tucci (2012), a urbanização tende a impermeabilizar o solo e acelerar o escoamento por condutos e canais. Este processo produz: (a) aumento da vazão máxima e sua frequência das inundações; (b) aumento da velocidade do escoamento, resultando em erosão do solo e produção de sedimentos para o sistema de drenagem; (c) aumento dos resíduos sólidos que escoam para o sistema de condutos onde produzem entupimento e reduzem a capacidade de escoamento de condutos e canais; e (d) deteriorização da qualidade da água pluvial devido à lavagem das superfícies urbanas.

Historicamente, como aponta Lourenço (2014), devido ao crescimento da população urbana, inevitavelmente deu-se um aumento da impermeabilização do solo. Em consequência deste processo de urbanização, os sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas tiveram de suportar quantidade de água cada vez maiores, essa insuficiência dos sistemas originou a ocorrência de inundações. Tucci (2012) expõem que o problema é agravado pelo limitado serviço de esgotamento sanitário e de coleta de resíduos sólidos que transforma os rios em áreas degradadas. A população solicita canalização próxima à sua casa e o recobrimento dos canais para evitar a área degradada. Os vizinhos continuam com a adoção desta solução, onde mais tarde quando o canal ou conduto estiver entupido a inundação retorna.

Assim na década de 1990, Lourenço (2014) complementa expondo que, diversos países como Estados Unidos, a França, a Austrália e o Reino Unido, propuseram um conjunto de novas estratégias para a gestão das águas pluviais em

meio urbano. Através de estudos, surgiu um conceito alternativo de drenagem urbana, que permite atenuar os caudais¹ de ponta e melhorar a qualidade da água, constituindo uma abordagem mais sustentável na gestão das águas pluviais. A ideia principal passa por restaurar o ciclo hidrológico natural, alterado pelo processo de urbanização, as técnicas contemplam o uso de estruturas que procuram reproduzir a capacidade de infiltração da água no solo, perdida devido à impermeabilização. Embora não seja possível restaurar totalmente o ciclo hidrológico natural, com a aplicação há uma melhoria significativa do ambiente urbano.

A perspectiva da sustentabilidade associada à drenagem urbana introduz uma nova forma de direcionamento das ações, baseada no reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade. Esta postura exige que a drenagem e o controle de cheias em áreas urbanas sejam reconceitualizadas em termos técnicos e gerenciais (POMPÊO, 2000, p.5).

Segundo Christofidis (2010), a drenagem urbana sustentável pode ser definida como o conjunto de medidas que visam manter as condições pluviais de uma ocupação urbana próxima, ou igual, à que existia antes da sua ocupação e que permita a recuperação ambiental de ambientes anteriormente degradados. Os princípios da drenagem sustentável segundo o autor são:

- a) Não ampliação da cheia natural: este princípio governa todo o planejamento e as estruturas do sistema sustentável de drenagem urbana. Para sua aplicação são necessários estudos de compatibilização de vazões naturais dos corpos hídricos receptores, estudos da vazão anteriormente infiltrada, escoada e empenho na recuperação da dinâmica que ocorria anteriormente à urbanização;
- b) Prioridade dos mecanismos naturais do escoamento: a ocupação urbana e os sistemas de drenagem deverão priorizar o uso de mecanismos naturais de escoamento, como infiltração, superfícies gramadas etc., que são áreas de retenção do escoamento e promotores de infiltração naturais;
- c) A bacia hidrográfica como unidade de planejamento: é a principal base e unidade planejamento, devendo o planejamento urbano municipal obedecer

¹ Caudal: volume de água que passa durante uma unidade de tempo numa dada secção de um rio e que se mede em metros cúbicos por segundo (Dicionário infopédia da Língua Portuguesa Porto, 2003-2021).

às determinações de toda a bacia. Devem ser avaliados os impactos causados em toda a sua extensão e as soluções adotadas devem mitigar os efeitos adversos e sua propagação para que não atinjam outras cidades, reduzindo, assim, as externalidades negativas das ocupações urbanas;

- d) Medidas de controle no conjunto da bacia: a adoção de um conjunto de medidas estruturais e não estruturais coerentes e que possam ser implantadas em todas áreas da bacia hidrográfica, até mesmo em diferentes municípios;
- e) Controle permanente: por ser composta de diversos mecanismos estruturais e não estruturais, são necessárias fiscalização atuante e manutenção constante, que irão proporcionar o correto funcionamento do sistema. Esse controle pode ser feito exclusivamente pelo Estado ou contar com participação da população afetada.
- f) Educação ambiental: a educação de engenheiros, arquitetos e outros profissionais envolvidos, da população e de administradores públicos é essencial para que as decisões sejam tomadas conscientemente.
- g) Tratamento do escoamento pluvial: é uma ação importante a fim de acarretar poluição aos corpos hídricos receptores. Permite a redução dos impactos ambientais causados pelo carreamento de substâncias tóxicas pelo sistema de drenagem.

Após as diversas fases da drenagem (pré-higienista, higienista, corretiva e desenvolvimento sustentável), é necessário compreender quais são os novos conceitos da chamada drenagem sustentável, pois serão apresentados os sistemas e técnicas que se desenvolveram com base nas ideias citadas. Mais tarde, com o mapeamento das situações de alagamentos, enchente e inundações, os princípios aqui esclarecidos serão essenciais na busca por recomendações e propostas de solução e mitigação.

2.4.1. Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis (SUDS)

De acordo com Ballard *et. al.* (2007), *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) são um conjunto de técnicas sustentáveis de controle e gestão das águas pluviais que surgiu como alternativa ao sistema tradicional de drenagem das águas pluviais das áreas urbanas. Esse sistema foi concebido para gerir os riscos ambientais do

escoamento urbano e contribuir sempre que possível para a melhoria/aprimoramento do ambiente urbano. Butler & Davies (2011) seguem mencionando que as SUDS foram desenvolvidas nos países do Reino Unido e que outros países como Austrália e Suécia, utilizam este tipo de abordagem desde a década de 1980. Estes sistemas vêm, pouco a pouco, substituindo as redes tradicionais de drenagem. Em alguns casos, a instalação prévia de SUDS torna desnecessária a construção de sistemas tradicionais, ou, então, a dimensão necessária para estes últimos passa a ser bastante reduzida.

Lourenço (2014) alega que contrariamente à visão tradicional, esta visão integrada tem por objetivo reter a água no local e beneficiar todos os processos que daí advêm; por infiltração promove-se a recarga dos aquíferos e retarda-se a chegada ao meio receptor. Por outro lado, estes sistemas apresentam impactos positivos ao nível do funcionamento dos ecossistemas, a retenção da água proporciona habitats de vida selvagem servindo de contributo para a biodiversidade. O autor menciona que os SUDS corretamente projetados, construídos e com manutenção adequada são mais sustentáveis que o sistema convencional e têm como objetivos:

- I. Reduzir tanto os caudais de ponta como o volume de escoamento superficial;
- II. Minimizar o transporte de poluição das áreas urbanas para o meio hídrico receptor – Melhoria da qualidade da água;
- III. Melhorar os regimes de escoamento nos cursos de água (mais naturais);
- IV. Recolher as águas pluviais de forma a substituir a água da rede em aplicações que não exijam níveis de qualidade de água elevados;
- V. Integra o tratamento das águas pluviais na paisagem – Melhoria da qualidade da paisagem urbana;
- VI. Promover a recarga natural dos aquíferos/águas subterrâneas (quando a água é apropriada);
- VII. Criar zonas de recreio e lazer (tem em consideração o ambiente natural e as necessidades da comunidade);
- VIII. Fornecer um melhor habitat para a vida selvagem.

Como informa Canholi (2013) esses sistemas são projetados para funcionar em pequenas unidades discretas disseminadas pelo terreno de forma a manter as características hidrológicas o mais próximo possível das condições anteriores à

ocupação. O controle da quantidade se baseia nos seguintes princípios: infiltração; detenção/retenção; transporte e captação da água. O controle da qualidade é realizado a partir da sedimentação, absorção, filtração, biodegradação, precipitação, assimilação, fotólise, nitrificação e volatilização dos componentes.

O planejamento dos sistemas de drenagem sustentáveis deve seguir uma combinação de diferentes dispositivos em série (conhecidos como *management train* ou *treatment train*), como expõem Ballard *et al.*, 2007. Canholi (2013) continua explanando que se caracteriza por determinar a sequência das alternativas de controle, de forma a minimizar os impactos inerentes da urbanização. Essa associação de dispositivos objetiva manter a condição hidrológica mais próxima possível das condições iniciais.

Outra característica é minimizar a descarga para jusante, ou seja, os impactos devem ser contidos o mais próximo possível da fonte e conseqüentemente pelo proprietário da área. Ballard *et al.* (2007) sugere a seguinte sequência para implantação de obras: a) boas práticas de construção (alterando o mínimo possível as características naturais locais) e limpeza; b) controle na fonte; c) controle local; d) controle regional; e) o manejo deve ser feito de preferência com dispositivos pequenos, perfeitamente inseridos na paisagem local.

Depreende-se que a busca pelas condições iniciais ambientais e o controle na fonte, emergem como a forma preferível de enfraquecer as contribuições de água pluvial no sistema público de drenagem. Tais ideias já apontam as recomendações iniciais para amenizar os alagamentos que se portam de maneiras pontuais pelo tecido urbano. As SUDS demonstram a atenção com a busca do equilíbrio e a manutenção da biodiversidade ambiental local, condições estas que acaba sendo afetado no processo de urbanização.

2.4.2. Urbanização de Baixo Impacto (LID)

Low Impact Development (LID) ou Urbanização de Baixo Impacto, segundo Cruz *et al.* (2007), tem como filosofia vigente 'deixar que a natureza faça seu trabalho', ou seja, minimizar as construções artificiais para desempenhar as mesmas funções pré-existentes. Kloss & Calarusse (2006) explicam que a implementação do método aproxima a drenagem urbana ao desenvolvimento sustentável pois a implementação

pode ser compatível com o sistema existente, além de providenciar melhorias, especialmente no caso de reformulações de empreendimentos em regiões com sistemas combinados de drenagem, Cruz *et. al.* (2007) complementa que, pelo redirecionamento de águas pluviais para seu aproveitamento, infiltração e evaporação, mitigando os impactos provenientes da urbanização desordenada, por exemplo, pela recarga subterrânea e potencial diminuição do efeito conhecido como “ilha de calor”.

Prince George’s County (1999) aponta que tais características passam a ser o elemento integrador do projeto, de forma a compensar os impactos na quantidade e na qualidade das águas, buscando mimetizar as condições hidrológicas existentes através de instrumentos, conceitos de design e unidades de controle que buscam a manutenção do armazenamento, detenção, infiltração e a evaporação de pré-desenvolvimento. As técnicas buscam o restauro das condições hidrológicas e das funções ecológicas das bacias urbanas. Diferentemente das técnicas mais difundidas de obras, as quais se baseiam em controle do escoamento e da qualidade da água em sistemas fim-de-cano, o LID busca o desenvolvimento de controles difusos na paisagem urbana (SARTÉ, 2010; *apud* CANHOLI, 2013).

Cruz *et. al.* (2007) procede discursando que o planejamento de empreendimentos trabalha o máximo aproveitamento de recursos naturais (água pluviais, energia) e de serviços providenciados por estes (regulação térmica, infiltração, evaporação e tratamento de águas) com mínimo danos ao meio ambiente ao (a) adequar projetos arquitetônicos-estruturais às características locais, (b) delimitar de forma clara as áreas a serem preservadas, (c) priorizar perturbações inevitáveis no período de estiagem e em áreas com menor capacidade de infiltração, (d) empregar técnicas verdes, (e) minimizar áreas impermeáveis e movimentação de terras e (f) sequenciar atividades construtivas para controlar a produção de sedimentos e minimizar a compactação do solo.

2.4.3. Dispositivos Utilizados em Projetos de SUDS e LID.

Como explica Canholi (2013), as técnicas de SUDS e LID apresentam diferenças nas técnicas empregadas, porém buscam objetivos semelhantes. Os projetos de SUDS baseiam-se principalmente na disseminação de dispositivos em diferentes escalas (especialmente na local), e correção e prevenção dos problemas de

drenagem. Já as técnicas de LID usam as ferramentas de planejamento prévio de urbanização e design inteligente com enfoque no controle na fonte, aplicando no planejamento de novos sistemas de forma integrada ao desenvolvimento dos projetos, seja arquitetônico, paisagístico, viário entre outros.

A escolha do dispositivo deve ser aquele que melhor se adapte as condições locais, como solo, inclinação do terreno, padrões das drenagens existentes, espaço disponível, altura do lençol freático e manutenção necessária sendo eles: biorretenção; sumidouro/poços secos; trincheira de infiltração e filtração; zonas de amortecimento/filtragem; bacias de filtração e sedimentação; valetas de infiltração e retenção; cisternas e reservatórios; telhados verdes; alagados construídos; pavimentos porosos ou permeáveis; e, bacias de detenção e retenção. Para melhor compreensão torna-se necessário explicar cada item supracitado, conforme conceitua Canholi (2013), tem-se:

- a) Biorretenção: é formado por um leito vegetado de pequena profundidade que promove os processos físicos e biológicos como infiltração, absorção, assimilação, evapotranspiração e filtração. Podem ainda contar com pequenas áreas para pré-tratamento como pequenas bacias de sedimentação. Devem ser previstos estruturas de entrada e saída para a manutenção da integridade do leito. Para maior eficácia devem estar previstas no mínimo três espécies de plantas nativas na célula.

Figura 8 - Exemplo de biorretenção



Fonte: AHBL, 2013.

- b) Sumidouro/Poço Seco: construído para receber as águas dos telhados ou das áreas impermeáveis. Trata-se de uma fossa preenchida com material agregado como pedregulhos e cascalho envolto em manta geotêxtil. Assim como a biorretenção promove armazenamento, infiltração, filtração, absorção e a degradação biológica dos contaminantes. Devem ser previstos elementos que promovam a retenção de sólidos, óleos e graxas como caixa de gordura e uma pequena bacia de sedimentação.

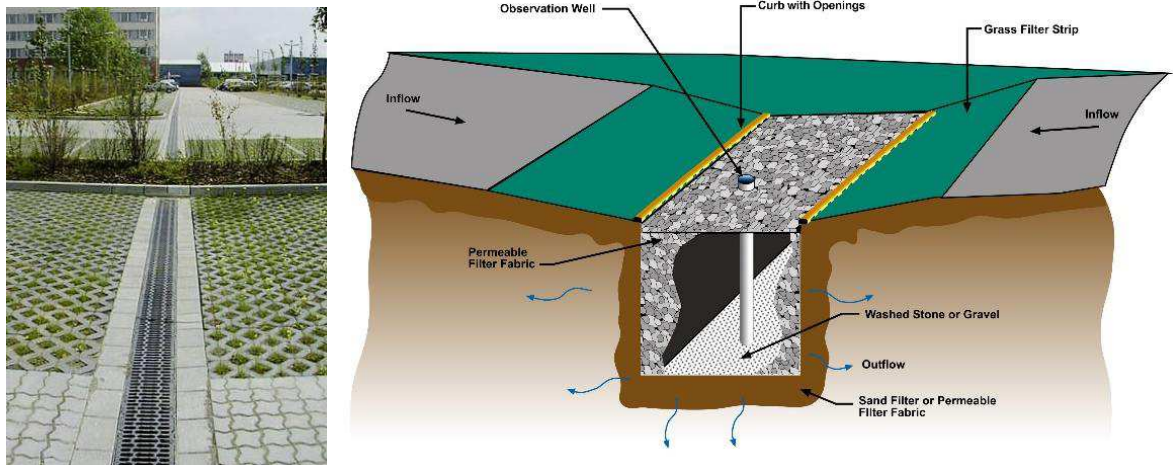
Figura 9 - Poço seco em construção



Fonte: Canale *apud* Canholi, 2013.

- c) Trincheira de Infiltração e Filtração: como informa Graciosa (2005) *apud* Canholi (2013) são feitas a partir do preenchimento com meio granular de uma pequena vala para a infiltração e/ou filtração e detenção do escoamento superficial. Podem receber escoamento por contribuição lateral ou pontual. A composição do preenchimento é com material granular com diâmetro aproximado de 40 a 60mm, que resulte em uma porosidade de no mínimo 30%. A instalação de uma manta geotêxtil promove o pré-tratamento da água infiltrada. Caso as águas ecoem pela trincheira sem infiltrar, é denominada trincheira de detenção, funcionando como uma estrutura de condução lenta, tornando-se uma alternativa para a redução de volumes, abatimento de picos de cheia e melhoria da qualidade da água.

Figura 10 - Exemplo de Trincheira de Infiltração e seu corte esquemático.



Fonte: Aquafluxus, 2012.

- d) Zonas de Amortecimento/Filtragem: são áreas vegetadas que promovem proteção dos corpos d'água nas proximidades das áreas sensíveis como córregos, várzeas, florestas ou solos desprotegidos. Promovem a retenção de poluentes e sedimentos, também promovem em menor escala a infiltração e a dispersão do escoamento por uma ampla superfície.

Figura 11 - Zona de amortecimento e filtragem próxima ao passeio



Fonte: Soluções para Cidades, 2013a.

- e) Bacias de Filtração e Sedimentação: são estruturas que tem função de armazenar parte do escoamento superficial e tratá-lo a partir da percolação do mesmo no meio filtrante ou solo. Podem ser permeáveis ou impermeáveis de acordo com o tipo de solo e qualidade da água a ser infiltrada, são dotadas de

uma camada de areia e geralmente utilizadas em locais com alta concentração de poluentes, são dispositivos de manutenção constante e custosa, devido à necessidade de limpeza e troca do meio filtrante com frequência, os inconvenientes são a possibilidade de colmatação biológica e geração de odores desagradáveis. A bacia de sedimentação se caracteriza por não contar com o filtro de areia, promovem o tratamento do escoamento mas não são adequadas para locais com alta concentração de poluentes devido a possibilidade de contaminação do solo. É formada por uma depressão de áreas extensas com a função de reservar e infiltrar o escoamento excedente, devem ser dotadas de dispositivos de pré-tratamento de forma a remover os sedimentos finos que possam diminuir a sua eficiência.

Figura 12 - Exemplo de Bacia de Infiltração antes e após a chuva.

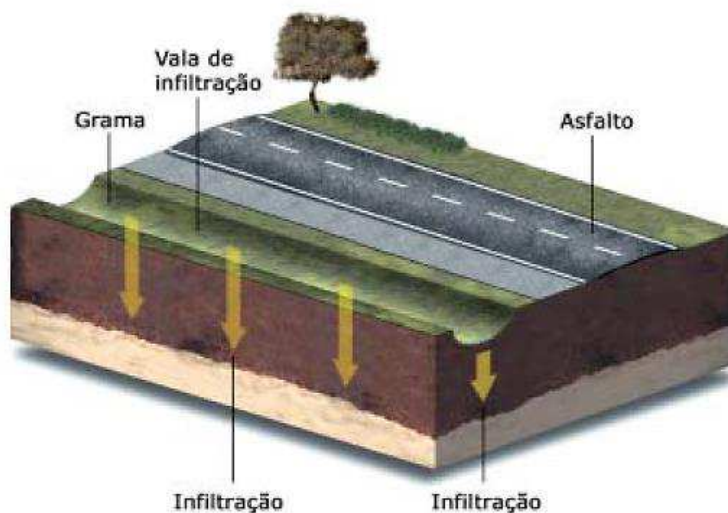


Fonte: Stormwater Partners, [s.d.].

- f) Valetas de Infiltração e Retenção: feitas para veicular o escoamento superficial direto, para promover a infiltração, a retenção como forma de controle de escoamento e melhoria da qualidade da água. Existem dois tipos de valetas, as secas e as gramadas (comuns e/ou úmidas), ambas podem promover a infiltração. Podem ser conjugadas com sistemas de tratamento em série, como alagados construídos, formando pequenos bolsões de retenção (valetas úmidas). As secas podem ser utilizadas em áreas com ocupação mais densa, sendo estreitas e mais profundas que as gramadas. São dotadas de um dreno submerso recoberto com cascalho, onde o fato preponderante para a melhoria da qualidade e diminuição da quantidade, é a infiltração. Ambos os sistemas devem ser dimensionados de forma evitar os extravasamentos, podem receber estruturas acessórias de forma a garantir baixas velocidades de escoamento,

formação de piscinas, maior tempo de retenção e volume retido além da interceptação de sedimentos.

Figura 13 - Exemplo de implantação da Vala Gramada



Fonte: Pinto e Pinheiro, 2006.

- g) Cisternas e reservatórios: são alternativas eficazes e econômicas para a retenção de volumes do escoamento oriundo dos telhados, pode ser utilizado em qualquer tipo de ocupação (residencial, industrial ou comercial). Funcionam como micro reservatórios de detenção, retardando o pico da vazão do escoamento, as águas podem ser destinadas a um uso não potável, como irrigação e limpeza.

Figura 14 - Reservatório de água pluvial



Fonte: Innovative Water Solutions.

- h) Telhado verde: são estruturas multicamadas que visam o recobrimento de lajes, telhados e outros elementos com vegetação, com o objetivo de interceptar e reter as águas de chuva, promovendo o aumento do tempo de concentração e a melhoria da qualidade da água a partir da retenção dos poluentes atmosféricos. Entre os benefícios, pode ser utilizado em regiões densamente urbanizadas, pois tem a necessidade apenas da área inerente ao telhado.

Figura 15 - Telhado Verde em área densamente urbanizada em Berlim



Fonte: Canholi, 2013.

- i) Alagados Construídos: são sistemas naturais de tratamento de água que podem promover a atenuação dos picos de cheia. Segundo o autor, esses sistemas têm obtido sucesso na atenuação e tratamento do escoamento superficial oriundo de rodovias, aeroportos, de aglomerados urbanos e zonas rurais, que se caracterizam pela variabilidade de compostos encontrados. Apresentam boa aceitação, resiliência e performance no tratamento do escoamento superficial, porém ocupam áreas mais extensas que os outros, necessitam de fluxo contínuo de água. Exigem pouca manutenção após a construção, ficando restrita a poda e limpeza. Além da melhoria da qualidade da água e atenuação dos picos de cheia esses sistemas apresentam uma boa inserção paisagística.

Figura 16 - Alagado Construído no Qiaoyuan Park em Tianjin, China



Fonte: ASLA, 2010.

- j) Pavimentos Porosos ou Permeáveis: conforme explica Araujo *et. al.* (1999) este dispositivo permite que o escoamento superficial infiltre através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório localizado sob a superfície do terreno, formado pela base do pavimento. Compostos por duas camadas de agregados (um agregado fino ou médio e outra de agregado graúdo), além da camada do pavimento permeável propriamente dito.

Figura 17 - Rua com pavimento permeável



Fonte: Soluções para Cidades, 2013a.

k) Bacias de Detenção e Retenção: se baseiam no princípio de bacias de detenção temporária do volume excedente, com lenta liberação do mesmo, provocando o amortecimento do pico de cheia. Podem apresentar diferentes escalas, podendo ser utilizados desde um lote unifamiliar ou em nível regional. As bacias de detenção se caracterizam por estarem secas antes dos eventos de chuva e por liberar as águas rapidamente após o evento, muitas vezes são impermeáveis devido à necessidade de proteger o lençol freático. As bacias de retenção geralmente apresentam espelhos d'água e tem função paisagística, estas possuem melhores resultados à qualidade da água devido ao maior tempo de residência que promove a sedimentação de sólidos para a posterior retirada. São eficientes tanto para eventos frequentes quanto raros, apresentam custo de manutenção compatível com a situação socioambiental da bacia onde são inseridas, ou seja, a manutenção é maior ou menor de acordo com o grau de urbanização e disponibilidade de serviços como coleta de lixo, varrição de rua, coleta de esgotos e outros. Se adaptam bem às bacias urbanas que apresentam pouca disponibilidade de espaços para construção e disseminação de medidas extensivas de infiltração, e grandes déficits de capacidade em seu sistema de drenagem, como explica o autor.

Figura 18 - Exemplo de Bacia de Retenção



Fonte: Solução para Cidades, 2013b.

3. ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO PARA ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: CASOS CONTEMPORANEOS

Com o propósito de apreender as diversidades locais e novas estratégias de planejamento, os pontos abordados a seguir, expõem as preocupações e experiências em cidades do mundo com as alterações climáticas. Os aspectos que serão apresentados em muito contribuem com as novas respostas urbanas em frentes d'água, característica essa que é influente sobre o objeto de estudo. Com base nos estudos de Costa (2013), o enfoque é a apreensão de novas formas de gestão e dispositivos implantados que são citados como referência para este trabalho de conclusão de curso.

Segundo o autor supracitado, torna-se importante citar os principais impactos da chamada agenda de adaptação climáticas: (1) a subida do nível do mar; (2) as inundações fluviais; (3) a ocorrência de eventos de *flash flood*², agravando padrões de inundações mesmo em zonas onde a precipitação média anual possa vir a ser inferior à atual; (4) a alteração nos padrões e frequência de eventos climatológicos extremos, como tempestades, vagas de frio e de calor, furacões, tornados, etc.; e (5) os efeitos nos equilíbrios das espécies e paisagens locais.

Para tanto, baseado no livro “Urbanismo e adaptação às alterações climáticas – As frentes de água” do Doutor João Pedro Costa, as primeiras estratégias a serem citadas será as utilizadas pela Holanda com a cidade de Roterdã, na qual introduziu o conceito de proteção das inundações desde de 1960. Atualmente possui como objetivo a longo prazo transformar o território em *climate proof*³. Logo após será as utilizadas pelos Estados Unidos, nas cidades de São Francisco e Nova Iorque, onde ambas desenvolveram suas estratégias em que colocam a compatibilização de áreas urbanas com os sistemas ecológicos. No Reino Unido, as cidades Kingston-Upon-Hull e Londres, concentram os esforços na gestão do risco de inundações, avaliando os impactos nas projeções de zonas urbanas afetadas e buscando respostas em

² ‘Flash flood’ trata-se de uma inundação repentina e severa, geralmente causada por uma chuva forte que cai durante um curto período de tempo (*Cambridge Academic Content Dictionary*, 2020).

³ A expressão ‘*climate proof*’ significa ‘à prova de clima’, tradução da autora. Aponta a busca pela construção de territórios resistentes com infraestruturas preventivas aos mais variados eventos climáticos.

infraestruturas defensivas. E por fim, a cidade de Lisboa em Portugal, demonstrando as preocupações com as adaptações através do Plano Diretor Municipal.

3.1. Holanda, a cidade de Roterdã

Costa (2013) elege a Holanda como objeto de estudo inicial porque o país possui aproximadamente dois terços do território ao nível ou abaixo do nível mar. Episódios de cheias e furacões como o *Katrina*, alarmaram as necessidades de haver defesas contra as inundações e as práticas de gestão da água. O primeiro relatório da chamada Comissão Delta, em 1960, introduziu o conceito de proteção das inundações com base no risco. A implantação das recomendações apontadas reforçou as zonas de rio e delta, bem como a frente costeira significadamente. Em 2007, foi aprovado a estratégia nacional de adaptação – *Make Space for Climate!*, um ano depois o segundo relatório da Comissão Delta foi apresentado apontando as recomendações para dois principais caminhos: reforçar as infraestruturas defensivas e adoção de um novo paradigma *living with the water*⁴, substituindo o anterior *fighting against the water*⁵. Isso quer dizer que a Holanda carrega uma iniciativa pioneira, frente ao mundo, tratando-se da posição preventiva quanto às frentes de água, seja de maneira empírica (estudando saídas), seja adotando medidas na sua infraestrutura.

De acordo com o autor, o desafio de tornar a Holanda *climate proof* no longo prazo possui três pilares estratégicos de adaptação: (1) o conhecimento para desenvolver a liderança nacional e internacional sobre água e cidades climáticas; (2) as ações para transformar as cidades como território de teste para a tecnologia e gestão da água urbana; (3) o posicionamento para converter Roterdã em exemplo para as cidades em deltas do mundo. Devido as características particulares do território, a Holanda lidera aspectos da agenda de adaptação às alterações climáticas na sua relação as frentes de água. O fato de seu componente de diagnóstico e simulação de impactos ser apenas instrumental e o conteúdo central consistir na programação de diretrizes de adaptação efetivas, centrando-se ao lado da ação, incidindo sobre a integração da infraestrutura da cidade, o desenho urbano, o projeto de arquitetura e as novas tecnologias e materiais. Trata-se assim de conceber uma cidade resiliente às alterações do clima.

⁴ Expressão '*living with the water*' significa vivendo com a água, tradução da autora.

⁵ Expressão '*fighting against the water*' significa lutando contra a água, tradução da autora.

A primeira dimensão da estratégia centra-se na preparação dos tecidos urbanos vulneráveis para acolher os impactos estimados, na relação com a água. Relativamente à subida do nível do mar, prevalecem as lógicas defensivas, por serem as únicas capazes de garantir a preservação das zonas preexistentes em horizontes temporais de longo prazo. Na frente de água, ensaiam-se soluções multifuncionais de infraestruturas e desenho da cidade. Como aponta Costa (2013) a resiliência destes tecidos a mudanças de padrões de precipitação simultânea com a subida do nível do mar, orientando o desenho urbano a necessidade de conter as águas pluviais em situações de pico, assim sendo obrigadas a incorporar a função de bacia de retenção, evitando a inundação e permitindo a descarga controlada posteriormente. Neste quesito, podem ser identificadas duas tipologias conceituais: (1) grandes infraestruturas subterrâneas para depósitos de águas pluviais, localizadas sob praças e ruas que superficialmente mantem suas características; (2) o próprio espaço público como bacia de retenção ocasional.

A segunda dimensão, como contribuição/afirmação orienta-se para o desenho da nova cidade, prevalecendo as formas de aplicação do paradigma *living with the nature*, como informa o autor. Isto é, a concepção de novas áreas urbanas preparadas para acomodar os impactos estimados das alterações climáticas em segurança sem que deixem de manter seu pleno funcionamento. Esta apela para o lado criativo do projeto urbano e à inovação nos materiais e tecnologias utilizados. Hoje, há pesquisas na esfera de projetos de estruturas flutuantes, estando já consolidadas para a escala do edifício e pequenos conjuntos edificados ou infraestruturas de acessibilidade.

A terceira dimensão, Costa (2013) explana maiores capacidades de adaptabilidade e flexibilidade que as cidades holandesas poderão vir a enfrentar. Pois com o presente fator de risco mais significativo, associado à água, há grande possibilidade de ocorrer vagas de calor e os efeitos acumulados de ilha de calor, fenômeno com relevância nas zonas urbanas interiores. Logo, o elemento água deixa de ser indesejado, verificando uma orientação de recuperação da sua presença regular na cidade, reabrindo as estruturas de canais encanados durante a segunda industrialização, reforçado pelas estruturas verdes e a permeabilidade nos tecidos urbanos. A recuperação dos antigos canais demonstra a necessidade da presença da água de forma estratégica para a qualidade do espaço urbano.

3.2. Estados Unidos, as cidades de São Francisco e Nova Iorque

Costa (2013) inicia indagando que embora os Estados Unidos não tenham sido subscritor do Protocolo de Quioto, nos últimos anos tem assumido um forte protagonismo em nível de desenvolvimento científico e da agenda de adaptação. Os anos pós furacão Katrina demonstraram significativos progressos. Em 2009, há a publicação do relatório *Global Climate Change Impact in the United States*, sucedendo um primeiro em 2000. O relatório estimou para o horizonte de 2100: o aumento da temperatura média entre 2°C; a subida do nível do mar entre 0,9m e 1,2m, cujo impacto pode ser agravado quando associado a fenômenos geológicos e climatológicos extremos; a ocorrência de furacões com vento, precipitação e sobre-elevação meteorológica mais intensos; redução do depósito de neve no inverno e degelo prematuro, alterando períodos de alimentação dos rios; e secas mais severas no sudeste do país e nas Caraíbas.

O aspecto que torna o caso norte-americano particularmente relevante, de acordo com o autor, é a dinâmica *bottom-up*, pois independente à política nacional, diversos estados e cidades assumiram esta agenda, procurando compreender o fenômeno que enfrentam. O primeiro caso estudado por ele é do Estado da Califórnia, com um forte investimento na compreensão e adaptação, recorrendo a conjugação de medidas de mitigação e adaptação entendidas como complementares. Sendo por resultado algumas publicações como *Climate Action Team Biennial Strategy, 2009 California Climate Adaptation Strategy* e *Climate Action Team Report to Governor Schwarzenegger and the California Legislature*. Tomando como referência cenários de subida do nível do mar de 0,40m para 2050, e de 1,4m para 2100, estima-se a ocorrência de inundações afetando cerca de 270 mil pessoas e causando prejuízos na ordem de 62 bilhões de dólares. Em São Francisco, o relatório *Living with a Rising Bay*, de 2009, começa a avaliar a vulnerabilidade da baía e da sua frente de água aos impactos das alterações climáticas.

O exemplo de São Francisco, relata, segundo Costa (2013), a grande necessidade de reforçar a interdisciplinaridade entre desenho urbano, projeto de infraestruturas e o tratamento dos ecossistemas nas zonas úmidas. Com o cruzamento das informações, de elementos de caracterização e planejamento de áreas urbanas e infraestrutura, são esboçadas estratégias de médio e longo prazo.

Dessa forma, é preciso constituir um processo flexível e interativo, de modo a acolher o rápido avanço no conhecimento científico; compreender que os desafios das zonas afetadas serão progressivamente maiores, à medida da dinâmica do nível da água; e vão requerer aproximações criativas; integrar os ecossistemas humano e natural; e envolver os parceiros para o processo de decisão e promover colaboração setorial.

O autor cita também um exemplo da procura de soluções inovadoras para enfrentar os novos problemas, como o lançamento, em 2009, do concurso internacional *Rising Tides Design Ideas Competition*. O caso coloca algumas questões relacionadas com o desenho da cidade, que merece um olhar mais atento. Já são conhecidos os fatores de risco e estão identificadas as áreas vulneráveis da cidade, o concurso de ideias internacional foi um ponto alto permitindo o debate público sobre diferentes estratégias de adaptação. Outras ações foram a opção de trabalhar a topografia em conjunto com a evolução dos ecossistemas de zonas úmidas e recorrendo a sistemas de dique rebatível ou removível para situações extremas e localizados em zonas sensíveis.

O entendimento das alterações climáticas como oportunidade para a produção de energia das marés, para o abastecimento através de dessalinização e para a própria recuperação do solo; a preocupação com a sensibilização da população para a real dimensão do problema, propondo a sensibilização da população para a real dimensão do problema, propondo a simulação de um muro-dique em lazer, em toda a extensão da baía, com altura de 1,4m. A outra alternativa é a aposta na infraestrutura defensiva, localizada na entrada da baía, como forma de proteção nos momentos periódicos de elevação do plano de água ainda que apostando num sistema “leve e ambientalmente sensível” conforme expõem Costa (2013).

A cidade de Nova Iorque apresenta como característica principal o fato de incorporar desde 2007 as alterações climáticas no planeamento da cidade. O autor apresenta que ela possui uma agência específica para as alterações climáticas, responsável pela produção de relatórios recentes sobre o risco climático da cidade e a uma agenda de adaptação. No relatório *Climate Risk Information*, como previsão são apresentados: aumento da temperatura média anual de 3°C a 5°C em 2050, e de 4°C a 7,5°C em 2080; uma elevação do nível do mar de 0,18m a 0,30m em 2050, e de 0,30 a 0,58m em 2080; uma elevação corrigida pela incorporação das observações

do degelo, de 0,48m a 0,74m em 2050, e de 1,0m a 1,4m em 2080; uma maior frequência, intensidade e duração de vagas de calor; ocorrência de secas mais severas; e a ocorrência de eventos de *flash flood*.

As recomendações para o planejamento foram adotar aproximações baseadas no risco; continuar o mandato do corpo de especialista que prepara recomendações relacionadas com as alterações climáticas para Nova Iorque; criar um programa de monitorização das alterações do clima; agregar vários níveis de governo e um conjunto de parceiros públicos e privados; rever os *standards* e códigos para integrar as alterações climáticas e a resiliência da cidade frente aos cenários estimados; trabalhar com a indústria seguradora; centrar-se em estratégias de curto, médio e longo prazo; prestar particular atenção às medidas de adaptação com objetivos múltiplos.

O planejamento para as alterações climáticas, como descreve Costa (2013), investe na agenda da adaptação e menos na mitigação; valoriza a perspectiva da proteção civil, centrada nas infraestruturas vitais e nos sistemas de evacuação; e confia no papel das seguradoras para a concretização da adaptação na sociedade, em particular junto da propriedade privada. Os fatores de risco e as áreas vulneráveis já foram identificados, embora ainda sejam embrionárias as orientações concretas de adaptação.

O desenho urbano e o projeto residencial de emergência começam a ser abraçados pela comunidade profissional e científica. Assim como observado em São Francisco, é colocado a compatibilização das áreas urbanas existentes com um sistema ecológico reforçado por zonas úmidas, progressivamente construído a partir de um sistema de paliçadas recorrendo a estruturas flutuantes. Contempla-se mais uma vez a interdisciplinaridade do desenho urbano, mostrando que a longo prazo os sistemas naturais poderão apresentar maior flexibilidade e capacidade de adaptação do que os sistemas urbanos consolidados.

3.3. Reino Unido, as cidades de Kingston-Upon-Hull e Londres

O Reino Unido foi um dos países pioneiros na agenda de adaptação, declara Costa (2013). A primeira experiência foi em 1997, com a criação do Programa de Impactos Climáticos do Reino Unido com o objetivo de coordenar a investigação sobre os

impactos das alterações climáticas no país. Mais tarde, em 2000, o Programa de Alterações Climáticas do Reino Unido é atualizado em 2006, e estabelece a intenção em desenvolver uma “aproximação abrangente e robusta à adaptação no Reino Unido”, definindo políticas e prioridades de ação. Em 2005, o DEFRA – Departamento de Assuntos Ambientais, Alimentares e Rurais publicou a consulta relativa às políticas de adaptação, cruzando os pontos de vista de diferentes agentes. Em 2008, a *Climate Change Bill* estabelece a estrutura legislativa para o país, definindo a necessidade de adotar um programa que enfrente os riscos associados as alterações. A Declaração de Nottingham, subscrita por 90% dos municípios, se compromete a integrar as redes institucionais e de partilha de conhecimento para desenvolver agendas locais de adaptação. E em curso, o programa intergovernamental *Adapting to Climate Change*.

É a adoção do princípio de precaução que faz o caso britânico uma referência, em particular quando o *RIBA – Royal Institute of British Architects* se juntou ao *Institution of Civil Engineers*, resolvendo não apenas testar os impactos de cenários extremos, como também equacionar as possíveis estratégias a adotar nas zonas urbanas afetadas. Os casos de Kingston-Upon-Hull e de Portsmouth, os testes para impactos nas zonas urbanas obtiveram como referência de uma subida do nível do mar de 2,0m, tomando como referência o zoneamento de inundações em função do risco que caracteriza a regulamentação de desenvolvimento espacial britânica.

Dessa forma, em face aos impactos foram feitas três opções estratégicas: (1) *Retreat*, abandonando e renaturalizando as áreas urbanas e infraestruturas afetadas através da sua localização em zonas seguras, pondo assim fim ao risco; (2) *Defend*, recorrendo a novas infraestruturas para evitar a inundação das zonas afetadas, sendo que o aumento dos valores de subida do nível do mar no longo prazo torna esta opção progressivamente complexa e que é igualmente complexa a conjugação da proteção costeira com as inundações da cidade a partir de territórios interiores; (3) *Attack*, avançando um passo em frente em direção à água, consubstanciando, nas áreas afetadas e em novas zonas urbanas, o paradigma holandês de *living with the water*.

O caso de Londres e do Estuário do Tamisa, anuncia Costa (2013), é representativo pelo enfoque à gestão do risco de inundações combinando a lógica da infraestrutura defensiva e a projeção das áreas urbanas afetadas. O *Thames Estuary 2100 Plan*, concluído em 2009 na versão para consulta pública, considera como

impactos climáticos um aumento do caudal fluvial do Tamisa em 40%, para 2080, resultante do aumento da precipitação e da subida do nível do mar que pode atingir os 0,90m em 2100. Os dois componentes do plano de ação, possui por um lado, o *Thames Barrier* (infraestrutura de proteção) sendo avançado com um programa adaptativo em função dos cenários de subida do nível do mar. Em paralelo a questão da inundação nas áreas urbanas, sendo distinguidas três categorias de espaço urbano, em função da gravidade estimada em eventos extremos: (1) as áreas prioritárias para evacuação e oferta de refúgio; (2) as zonas a desenvolver edifícios resilientes às inundações; e (3) as zonas a desenvolver edifícios resistentes às inundações. Vale ressaltar que há no Reino Unido, documentos orientadores para a adaptação da habitação privadas às alterações climáticas, abordando as inundações, a seca e o sobreaquecimento.

Em simultâneo, a Grande Região de Londres desenvolveu o seu próprio plano de adaptação. Em resposta aos riscos, o autor profere que é avançada a ambiciosa meta de a cidade ser resiliente a tudo, exceto aos eventos de inundações extremos, sendo ainda dotada de planos de emergência robustos. Em síntese, quanto à infraestrutura, com uma programação flexível. E no planeamento urbano, salvaguardando as infraestruturas vitais e antecipando as áreas afetadas as respectivas categorias de risco; e no nível da edificação, produzindo os primeiros documentos de resiliência, que espera começar a passar à prática nas novas construções. Menciona Costa (2013) que a orientação disciplinar combina a perspectiva da proteção civil, definindo áreas prioritárias para evacuação e oferta de refúgio, com orientações claras para o projeto urbano e de edificação, identificando zonas resilientes e zonas resistentes à inundação.

3.4. Portugal, a cidade de Lisboa

Conforme Costa (2013), Lisboa obteve suas primeiras reações a adaptação as alterações climáticas através da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º.24/2010. A Estratégia estabelece quatro objetivos: I) a informação e conhecimento, em que se foca na necessidade de consolidar e desenvolver uma base científica e técnica sólida; II) a redução da vulnerabilidade e o aumento da capacidade de resposta, implicando um trabalho de identificar, definir prioridades e aplicar as principais medidas de

adaptação; III) participar, sensibilizar e divulgar; e, IV) cooperar a nível internacional. Os setores estratégicos para a adaptação e para estabelecer uma metodologia de desenvolvimento e aplicação são: o ordenamento do território e cidades; os recursos hídricos; a segurança de pessoas e bens; a saúde; a energia e indústria; a biodiversidade; a agricultura, florestas e pesca; o turismo; e, a zona costeira. O cenário macro português aponta para duas orientações: um aumento generalizado das temperaturas mínimas e máximas, e, uma redução da precipitação anual em todo o país. Porém é necessário equacionar que este fenómeno pode ser acompanhado pelo incremento das ocorrências de *flash floods*.

Em Lisboa, o Plano Regional de Ordenamento do Território à área Metropolitana de Lisboa (PROT-AML) e o Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM) integram cartas de risco, as quais, poderão constituir importantes documentos de suporte à implementação futura de uma agenda da adaptação às alterações climáticas. O autor alude que, quanto às frentes de água, a Carta de Multi-Perigos da proposta de revisão do PROT-AML considera: o perigo de inundação, por cheia progressiva e por cheia rápida; o perigo de inundação por tsunamis; o perigo da combinação de ambas as ocorrências – inundação e tsunamis; e a perigosidade litoral.

A Carta de Riscos Naturais I e Antrópicos do PDM de Lisboa é detalhada ao nível da vulnerabilidade a inundações, classificada nas categorias de moderada, elevada e muito elevada e em função do cruzamento do efeito direto da maré com os pontos de máxima acumulação de caudais a partir de bacias interiores, relevantes em situações de *flash flood*. Costa (2013) explica que a carta foi calculada tendo como base o histórico de ocorrência de efeitos graves, relacionando as seguintes variáveis: (1) efeito de maré direto; (2) declive; (3) grau de permeabilidade; (4) atravessamento por linhas água, localização em zona úmida, sob um viaduto ou junto à entrada/saída de um túnel; (5) localização em pontos de foz ou de estrangimento da rede de saneamento.

Em ambos os instrumentos de gestão territorial a agenda de adaptação é afluída apenas superficialmente, sendo as alterações climáticas preferencialmente abordadas com perspectivas de mitigação, com particular desenvolvimento ao nível do PDM de Lisboa onde surge associada à Estratégia Energética-Ambiental. No relatório do PDM, são avançados dois objetivos: a criação de medidas de prevenção

e minimização dos efeitos climáticos locais e a interligação com medidas de prevenção a situações acrescidas de Risco. A proposta chega a anunciar um conjunto de medidas de adaptação e mitigação, por isso importa procurar o avanço da transposição de cenários locais de alterações climática para o território, para compreender os impactos e avaliar as vulnerabilidades e, em fase posterior, lançar as bases para uma estratégia de adaptação *your own way*.

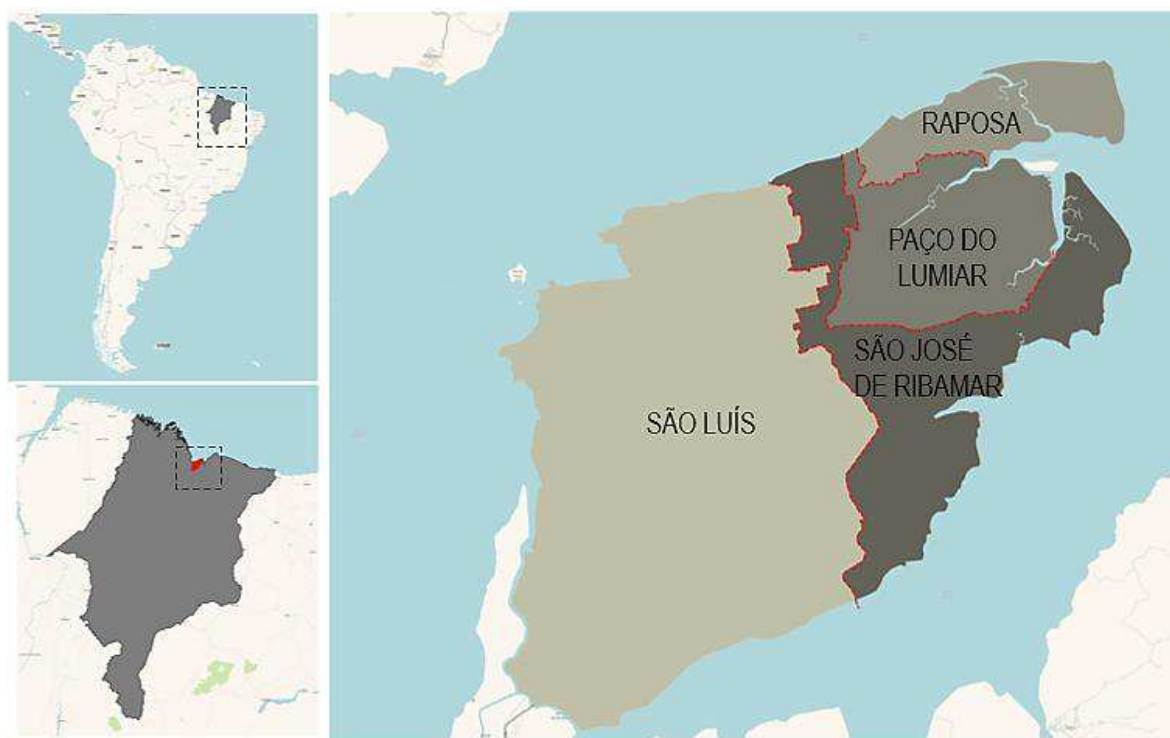
O autor relata que a frente ribeirinha de Lisboa possui como fator crítico o risco de inundações, para o qual convergem: a subida no nível do mar, a sobre-elevação meteorológica, o efeito de cheias progressivas no Tejo, as *flash floods* nas ribeiras e linhas de água em contexto urbano, o efeito das marés, a ondulação e correção topográficas da cartografia. É importante citar, que como Costa (2013) alega que até a data de seus estudos ainda estavam em desenvolvimento o projeto de investigação financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) “Estuários e Deltas Urbanizados”, de que se apresentam elementos relativos ao ensaio de transposição de cenários de alterações climáticas para o território.

Por fim, com base nos conhecimentos de Costa (2013), percebe-se como globalmente muitas cidades em frentes d’água se comportam e correspondem ao risco perante as inundações costeiras e/ou eventos climáticos. São Luís, o caso do objeto de estudo deste trabalho, assim como tais cidades citadas pelo autor encontra-se geograficamente em características parecidas como: parte de seu território localizado em frente d’água e hipsometria baixa, demonstrando fragilidade a possível subida do mar, em longo prazo. As diversas estratégias, métodos e estudos desenvolvidos, como a formação de relatórios, apresentam referências para nortear propostas de soluções ao cenário que o território em questão possui.

4. ESTUDO DE CASO: A CIDADE DE SÃO LUÍS

Com o intuito de compreender o impacto das águas urbanas e suas questões significativas na urbanização, como objeto de estudo, tem-se partes do município de São Luís, capital do estado do Maranhão, popularmente conhecida devido ao conjunto arquitetônico e urbanístico colonial tombado pela Unesco. A capital possui uma área territorial de 563,44km², e uma população de 1.014,837 habitantes, sendo que 94,45% desta é urbana, e apenas 5,55% rural (Atlas da Cidade, 2010). É importante citar que o estudo a seguir é um panorama inicial, afinal um estudo aprofundado exige uma empresa especializada, uma equipe multidisciplinar e um maior período de tempo.

Figura 19 - Localização da Ilha de São Luís



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

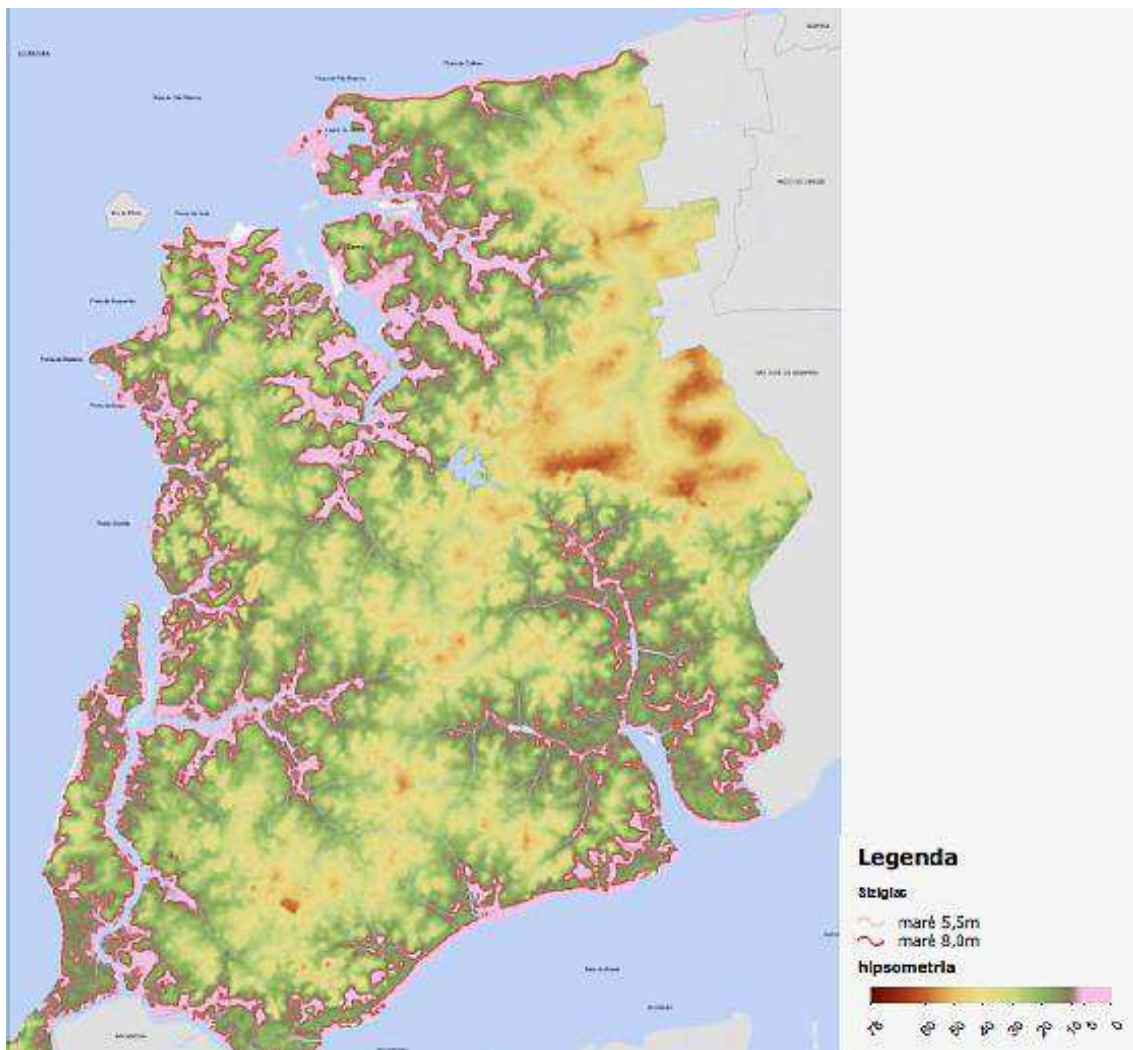
Como aponta Burnett (2008), São Luís está localizada no Golfão Maranhense, estuários dos rios Mearim, Itapecuru, Pindaré e Munim. A cidade ocupa junto com os municípios de São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, a ilha Upaon-Açu dos índios Tupinambás, hoje ilha de São Luís. Em soma com outros três municípios, a cidade é uma das poucas capitais do país situada em ilha. Prado (2016) revela que São Luís se destaca das outras duas capitais brasileiras localizadas em ilha não apenas pela área, densidade demográfica e urbanização cada vez mais crescente,

mas ao fato de concentrar em sua totalidade na área insular, diferente do que acontece em Florianópolis e em Vitória. As outras duas cidades estendem sua ocupação para o continente, com a configuração territorial apoiada parte na ilha e parte no continente.

4.1. Características Físico-Territoriais

As informações aqui apontadas foram retiradas do Diagnóstico para a Revisão da Lei Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2014). Em um território delimitado pela forte presença de água, a topografia da cidade é suavemente ondulada, as cotas altimétricas de São Luís estão situadas basicamente nas faixas de 0-15 metros e 15-30 metros, com poucas áreas situadas acima de 45 metros em relação ao nível do mar.

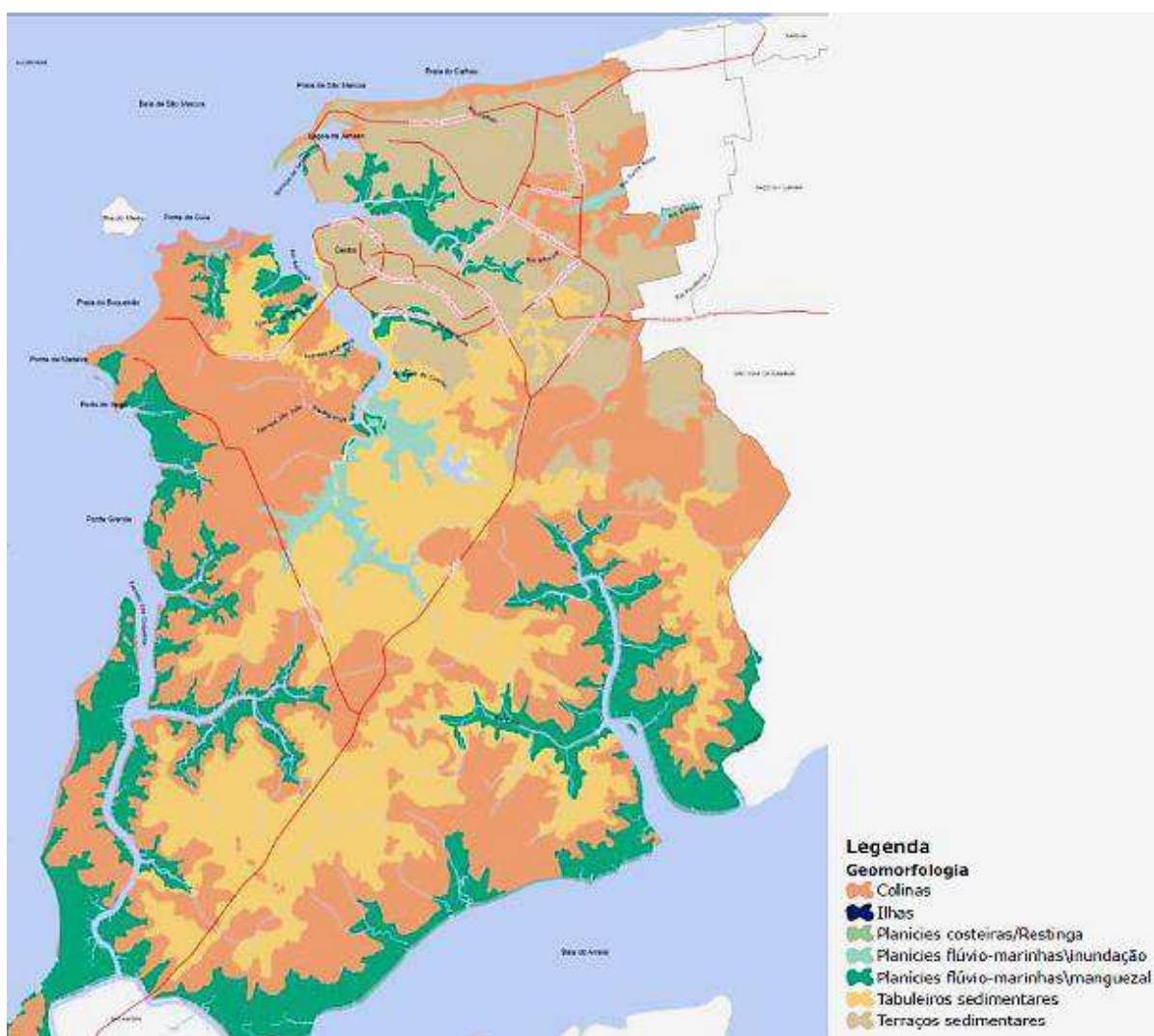
Figura 20 - Hipsometria da Cidade



Fonte: Prefeitura de São Luís, 2014.

Diagnóstico da Prefeitura de São Luís (2014). Os três tipos de planícies principais são a flúvio-marinha/manguezal, flúvio-marinha/inundação e planícies aluviais, nestas ocorrem áreas de acumulação ou deposição de sedimentos oriundos das áreas mais elevadas, elas também funcionam como uma área receptora e armazenadora de água. Nos terraços sedimentares, colinas/tabuleiros sedimentares e colinas cristalinos, predomina os processos de erosão.

Figura 22 - Mapa dos Compartimentos Ambientais (geomorfologia)



Fonte: Prefeitura de São Luís, 2014.

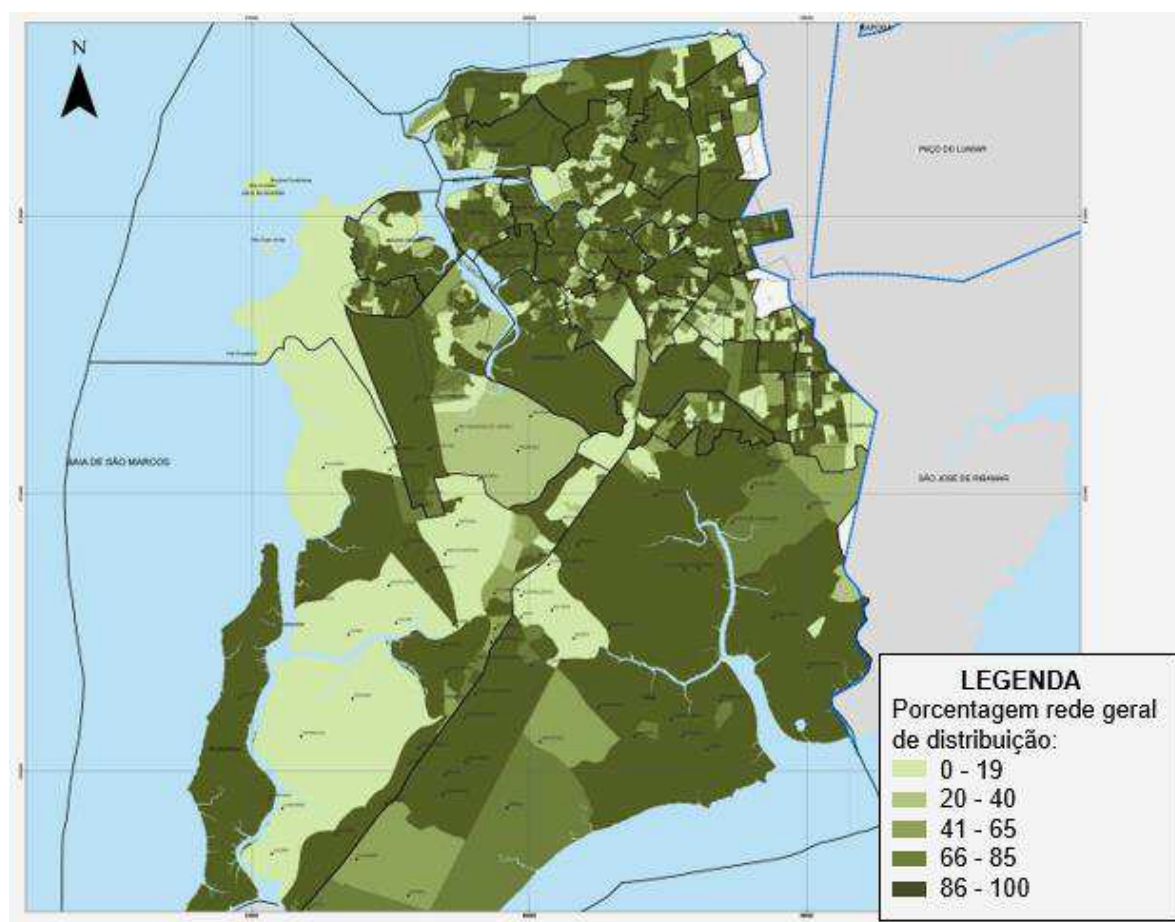
4.2. Águas Urbanas em São Luís

Como explicado anteriormente (no capítulo de Definições e Conceitos), o termo Águas Urbanas engloba os sistemas de abastecimento de água, esgotos sanitários, drenagem urbana e a gestão dos sólidos totais. A seguir, será apresentada uma breve abordagem das informações equivalentes a cada ponto no contexto da cidade de São

Luís, com o intuito da compreensão do panorama das águas urbanas no objeto de estudo, além dos impactos dos alagamentos, enchentes e inundações.

O sistema de abastecimento de água da capital é integrado, constituído pelo Sistema Italuís, situado com a captação fora da Ilha, os volumes de água são transportados do Rio Itapecuru. Algumas bacias locais também contribuem para o abastecimento, sendo elas as do Rio Paciência e Cururuca. E o subsistema do Sacavém, que não constitui uma bacia hidrográfica, mas um complexo de abastecimento que agrega seis riachos e a barragem de acumulação do Batatã. É importante citar que parte do volume total do consumo de água na ilha é suprida, principalmente, pelos mananciais subterrâneos, ou seja, por poços isolados, informa o Diagnóstico da Prefeitura de São Luís (2014).

Figura 23 - Abastecimento de água dos domicílios particulares permanentes



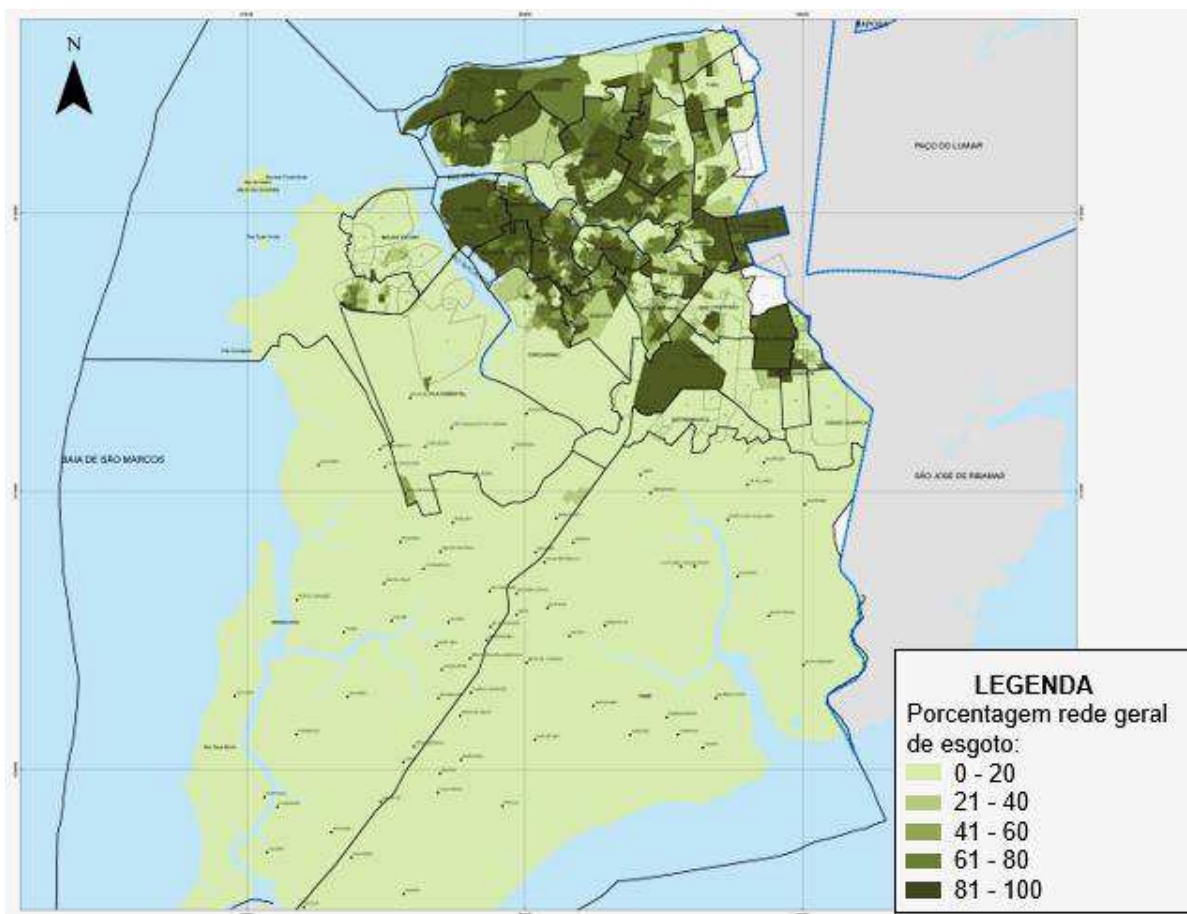
Adaptado pelo Autor. Fonte: Prefeitura de São Luís, 2013.

Ainda no quesito abastecimento, há a compra dos chamados caminhões pipas, em algumas áreas da cidade, inclusive nos bairros de alta renda, devido à grande

demanda não possuem água o suficiente, fazendo da compra dos caminhões a saída, porém não foi encontrado valores em número desta prática na cidade. É importante citar que São Luís, de acordo com Trata Brasil (2018), possui um índice de perda na distribuição de água de 62,70%, mesmo o Diagnóstico informando a porcentagem de cobertura de 90%.

Quanto ao Sistema de Tratamento de Esgoto, embora exista um plano geral do sistema de esgotamento sanitário da cidade (em vigor desde de 1998), a construção de redes coletoras ocorria sem considerar o sistema adequado de interceptação e condução a uma estação de tratamento de esgotos. O agravamento da situação deu-se pela construção de vários conjuntos habitacionais, condomínios e loteamentos de forma independente. São identificados quatro sistemas principais de esgotamento sanitário, sendo eles, São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga.

Figura 24 - Esgotamento Sanitário dos Domicílios Particulares Permanentes



Adaptado pelo Autor. Fonte: Prefeitura de São Luís, 2013.

Consoante o Diagnóstico, os dados cedidos pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) em 2012 indicam que o índice de cobertura de esgotamento sanitário em São Luís é de 40%, porém o tratamento de esgoto é de apenas 9,65%, ou seja, 90,35% dos esgotos são lançados in natura nos cursos d'água da capital, além de pontos de lançamento no rio da Bicas, Lagoa do Bacanga e na Avenida Beira Mar. A principal consequência disto é a falta de balneabilidade das praias da cidade, aparecendo a ocorrência das chamadas línguas negras em direção ao mar.

Figura 25 - Ocorrência de Língua Negra⁶ na Praia de São Luís



Fonte: G1 MA – TV Mirante, 2018b.

De acordo com o jornal O Imparcial (2019), as obras do programa Mais Saneamento pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (Caema) está em andamento, fazendo intervenção em todos os sistemas. Foram implantados 23,8km de interceptores de coleta e interligação entre redes, e 99,4km de novas redes coletoras. O sistema Vinhais já conta com a ETE Vinhais, e já está em andamento a construção da ETE Anil que se encontra em fase de conclusão. A ela soma-se 12 estações elevatórias de esgoto, 4,2km de linha de recalque, 5,8km de interceptores, e 46,6km de rede e aproximadamente cinco mil novas ligações prediais.

O Jornal segue informando que o projeto do Sistema Vinhais contempla 10 estações elevatórias de esgoto, 8,7km de linha de recalque, 29km de receptores,

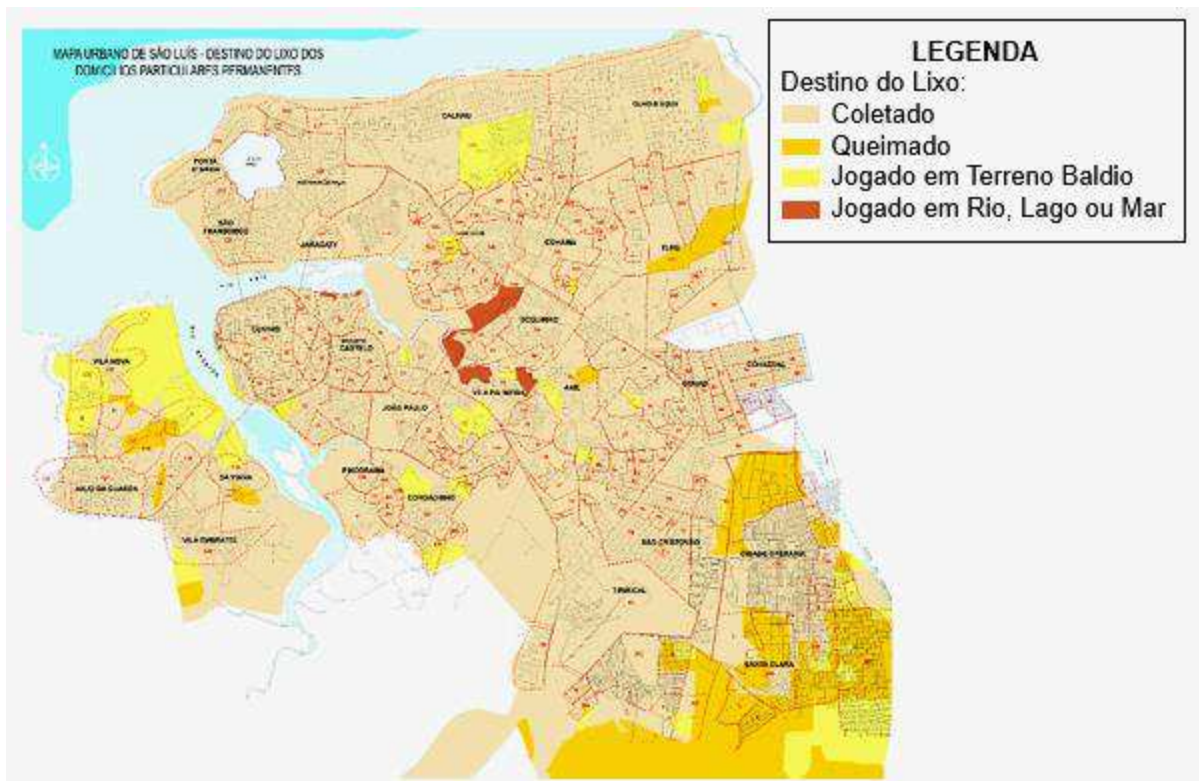
⁶ De acordo com Inmetro (1998), as Línguas Negras são pontos onde o esgoto é jogando *in natura* nas praias.

148km de redes coletoras e 28 mil novas ligações prediais para tratamento na ETE Vinhais. Pelo São Francisco, são 9 Estações Elevatórias de Esgoto, 1,6 km de linha de recalque, quase 2km de interceptores e 21,9 km de redes com 1.394 ligações, para tratamento na ETE Jaracati. E no Sistema Bacanga, 5 Estações Elevatórias de Esgoto, 2,2 Km de linha de recalque, 11 km de interceptores e 5.295 ligações integrada aos 51,4 km de redes destinam efluentes para a ETE Bacanga.

No quesito de Drenagem Urbana, não foram encontradas informações no Diagnóstico mais recente sobre a cobertura na cidade ou até mesmo sobre a existência da rede em si. No relatório da Prefeitura de São Luís (2006), a infraestrutura Pluvial vem no levantamento acompanhada a de Esgoto. É citado que a cidade enfrenta diversos problemas de drenagem, e que estes estão relacionados a fatores como sua formação física e geográfica, sendo alguns deles a precariedade no sistema de manutenção, limpeza e pavimentação das vias em alguns bairros; precariedade ou inexistência da rede coletora em alguns trechos da ilha; falta de manutenção e limpeza nas galerias e bocas de lobo; obras de aterro ao longo dos rios e a variação da maré. Com base nessa carência de informações, o estudo sobre os pontos de alagamentos, enchentes e inundações surge como forma de identificar e expor as vulnerabilidades existentes no tecido urbano.

Quanto a Gestão dos Resíduos Sólidos, a Prefeitura de São Luís (2006) liberou informações e quantitativos quanto a realidade da capital. Os índices mostraram que 73,15% da população tem o lixo coletado, 10,90% queima, 1,14% enterra, 11,25% é jogado em terreno baldio ou logradouro, 2,54% é jogado em rio, lago ou mar, por fim há uma última categoria chamada outro destino com 0,89%. É relevante citar que até o ano de 2015 todo o lixo da cidade era encaminhado ao lixão da Ribeira, hoje desativado e em processo de monitoramento para recuperação. Atualmente, todo o lixo produzido é encaminhado a um Aterro Sanitário no município de Rosário (a 75 quilômetros de São Luís).

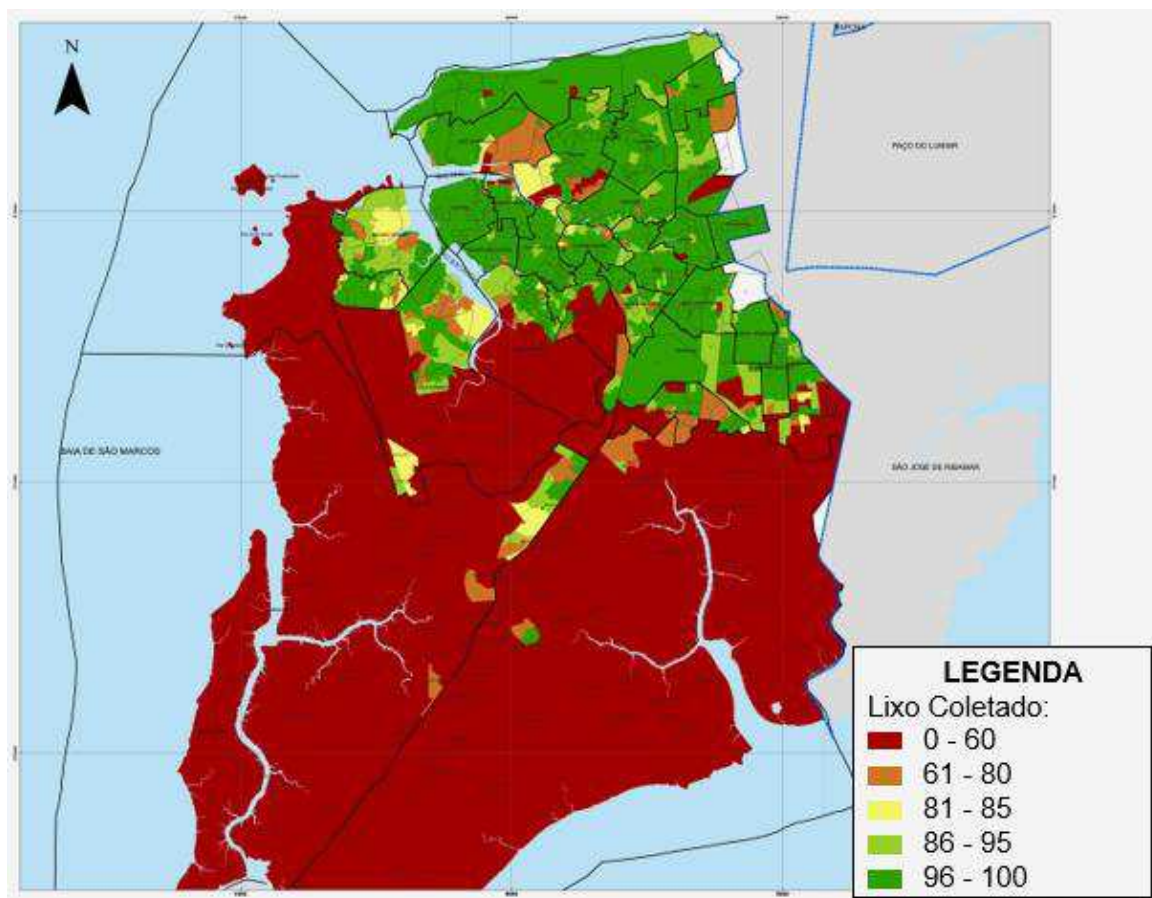
Figura 26 - Destino do lixo dos domicílios permanentes



Adaptado pelo Autor. Fonte: Prefeitura de São Luís, 2006.

Atualmente, há o projeto de criação dos Ecopontos, que no total são quinze pontos espalhados pela cidade, com o objetivo de contribuir para a proteção da saúde pública e qualidade ambiental, o descarte correto de pequenos volumes; a extinção dos lixões; além de estimular o reaproveitamento e a reciclagem de materiais descartáveis, propiciando uma opção de destinação do lixo reciclável acumulado. Os materiais recebidos vão desde plástico, vidro, papel e metal; a gesso, resíduos de construção civil, resíduos de poda, móveis velhos, pneus e óleo de cozinha. Mesmo com tais iniciativas, as informações no mapa sobre destino do lixo de domicílios particulares no Diagnóstico da Prefeitura de São Luís (2013), mostra que uma grande área da cidade ainda tem a coleta de lixo de forma parcial ou precária.

Figura 27 - Destino do lixo dos domicílios particulares permanentes

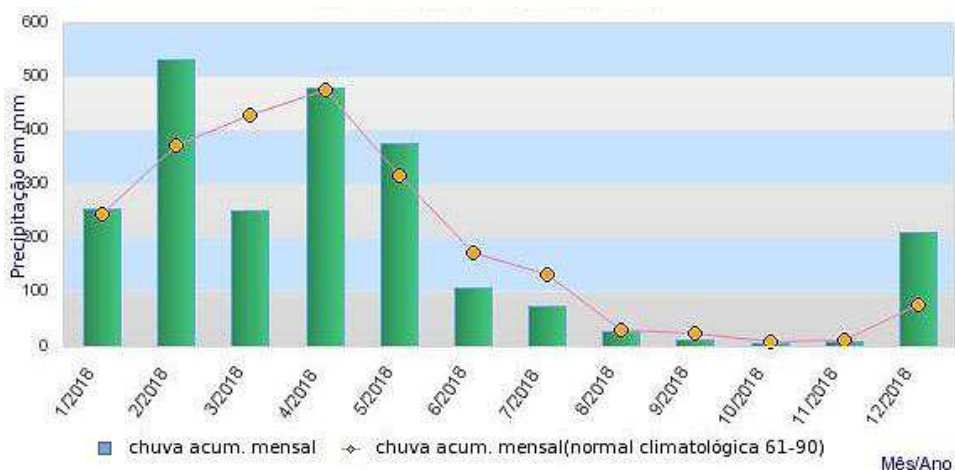


Adaptado pelo autor. Fonte: São Luís em Dados, 2013.

4.3. Mapeamento: casos de Alagamentos, Enchentes e Inundações

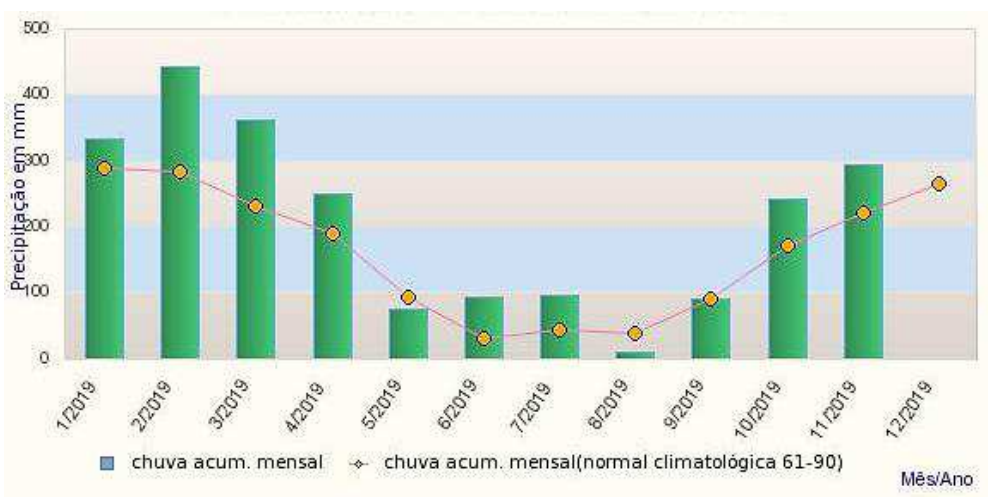
São Luís, localizada entre os meridianos 44° e 45° a Oeste de Greenwich e a 2°58' de latitude ao Sul do Equador, apresenta clima tropical quente e úmido, possuindo duas estações climáticas distintas: o verão, de julho a dezembro com ventos frescos, e o inverno chuvoso, de janeiro a junho. O inverno caracteriza-se por um elevado índice pluviométrico anual chegando a superar os 1500mm, e os 400mm em um só mês (SOUZA, 2012). No último período chuvoso, de acordo com o LabMet (Laboratório de Meteorologia) da Universidade Estadual do Maranhão, houve uma média histórica e a capital sofreu com as fortes chuvas concentradas, causando transtornos à população.

Gráfico 1 - Chuva acumulada por mês no ano de 2018



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2019.

Gráfico 2 - Chuva acumulada por mês no ano de 2019



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2019.

São Luís possui um histórico de alagamentos, enchentes e inundações, que em todo período chuvoso significativo volta a acontecer. Neste último, com as chuvas intensas e até rápidas, a cidade sofreu com a sobrecarga na drenagem formando: congestionamentos devido ao transbordamento das águas pluviais nas principais avenidas; ruas completamente alagadas impossibilitando a passagem de pedestres e veículos; e até canais da macrodrenagem que extravasaram. Obtendo a consciência de tais acontecimentos, foi proposto como objeto de estudo fazer o mapeamento de tais situações, classificando-as de acordo com os conceitos do Manual de Saneamento (2015). Devido ao fato deste trabalho ser desenvolvido fora do período chuvoso, foi encontrado como forma de registro a pesquisa em jornais de matérias

que apontem os locais das ocorrências entre o período de agosto/2018 e maio/2019. Como método de organização, será utilizada a setorização da cidade em zonas por estrutura fundiária, apresentada por Burnett (2008) e Prefeitura de São Luís (2006).

Primeiramente, será detalhado os pontos encontrados de alagamentos da capital. Alagamento, como já conceituado anteriormente, é o acúmulo de águas nas ruas e nos perímetros urbanos por problemas de drenagem (MANUAL DE SANEAMENTO, 2015). Observando a cidade, pode-se dizer que muitas vezes a drenagem pluvial concentra-se apenas nos escoamentos das sarjetas, como já mencionado São Luís tem um território propenso para a drenagem natural, mas a grande impermeabilização consequência da urbanização agrava os cenários que na ocorrência das grandes chuvas a fragilidade do sistema de escoamento aparece. Para melhor análise os setores foram divididos em dois grupos: o primeiro com os setores Itaqui/Bacanga, Tibiri/Pedrinhas e Sesmária; e o segundo o setor Rio Anil.

Tabela 1 - Lista com os pontos de Alagamentos do Grupo 01

OCORRÊNCIAS DE ALAGAMENTOS		
LOCAL		BAIRRO
SETOR ITAQUI/BACANGA		
1	Avenida dos Portugueses	Vila Embratel
2	Travessa da Alegria	Jambeiro
3	(Várias ruas afetadas)	Bairro Sá Viana
SETOR TIBIRI/PEDRINHAS		
1	BR-135	Estiva
SETOR SESMÁRIA		
1	Avenida Sen. Vitorino Freire	Centro
2	Rua do Deserto	Centro
3	Avenida Beira-Mar	Centro
4	Avenida Magalhães de Almeida	Centro
5	Mercado Central	Centro
6	Rua da Inveja	Centro
7	Rua do Sol	Centro
8	Rua Jansen Muller	Centro
9	Rua Coelho Neto	Centro
10	Avenida José Sarney	Centro
11	Avenida Alexandre de Moura	Centro
12	Avenida Getúlio Vargas	Monte Castelo
13	(Várias ruas afetadas)	Bairro Liberdade
14	Avenida Kennedy	Bairro de Fátima
15	Avenida Quarto Centenário	Liberdade
16	Avenida São Marçal	João Paulo
17	Avenida dos Franceses	Alemanha
18	(Várias ruas afetadas)	Coroadó

19	Avenida Edson Brandão	Anil
20	Avenida Casemiro Junior	Anil
21	Avenida Adelman Correia	Anil
22	Avenida Lourenço Vieira da Silva	São Cristóvão
23	Avenida Lourenço Vieira da Silva	Tirirical
24	Avenida 203	Cidade Operária
25	Estrada de Ribamar (MA-201)	Forquilha

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

No grupo 1, foram encontrados 29 pontos críticos de alagamento, onde ocorre o acúmulo significativo de água, afetando a mobilidade de pessoas e veículos. Concentram-se em avenidas troncais de bairros e corredores principais da cidade e ruas de comércio. A ocorrência destes alagamentos centraliza-se na ausência do sistema de drenagem nestes locais, falta de escoamento contribuindo para o acúmulo em pontos onde a topografia é baixa, e a presença do entupimento de canais de galerias.

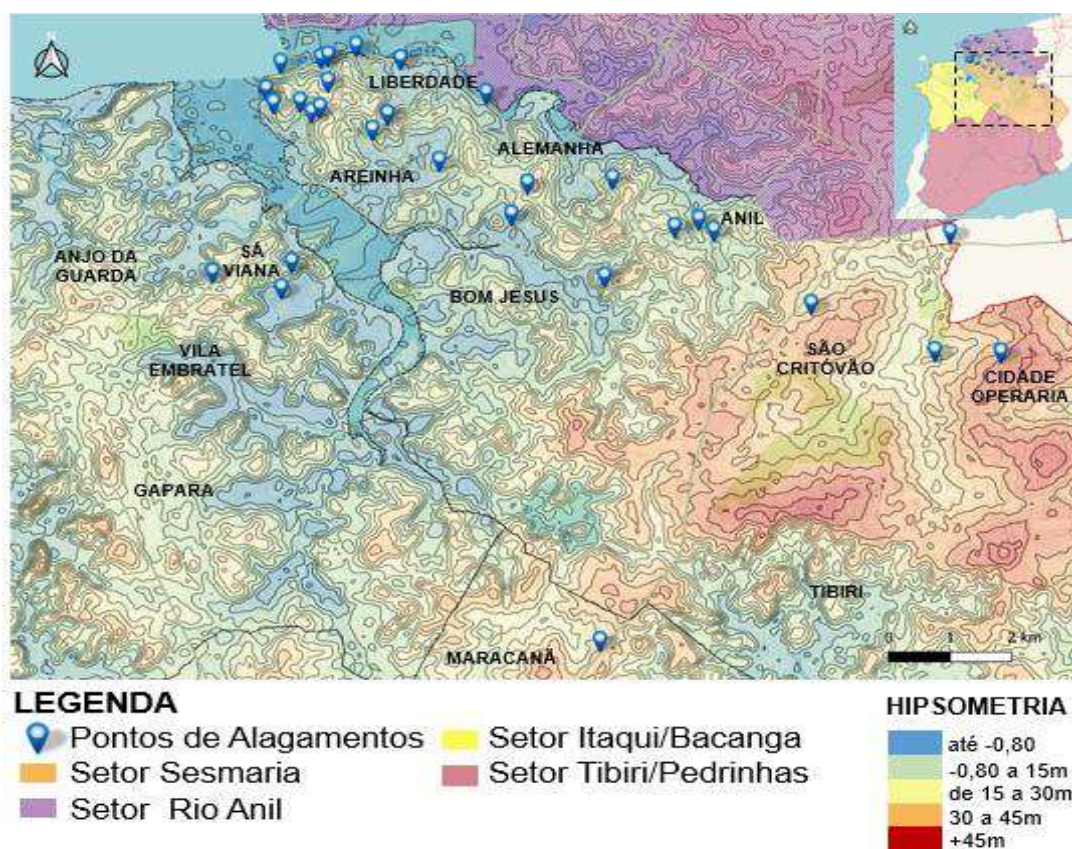
Figura 28 – Ponto de Alagamento em uma das grandes avenidas em São Luís



Fontes: TV Mirante, 2018a.

O setor Sesmaria, localizado na área mais antiga da cidade, carrega uma grande ocorrência de pontos de alagamentos, devido à grande taxa de impermeabilização, as ruas carregam grande parte da carga de água pluvial sobrecarregando o sistema de drenagem pluvial. Na pesquisa, não foram encontrados grandes quantidade de ocorrências de alagamento nos setores Itaqui/Bacanga e Tibiri/Pedrinhas, estima-se que é devido à grande parte destes não possuírem áreas densamente urbanizadas, além de que são neles que se encontram o setor industrial e a área rural da cidade, respectivamente.

Figura 29 - Mapeamento dos Alagamentos nos Setores Sesmaria, Itaqui/Bacanga e Tibiri/Pedrinhas



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

No grupo 2, Setor Rio Anil, 22 pontos foram apontados, manifestando-se assim como no grupo 01, em avenidas troncais de bairros, corredores principais da cidade, áreas de comércio e inclusive nos viadutos. Após grandes chuvas, apenas veículos de grande porte conseguem passar por tais locais, contribuindo para congestionamentos quilométricos na cidade.

Tabela 2 - Lista de Pontos de Alagamento do Grupo 02

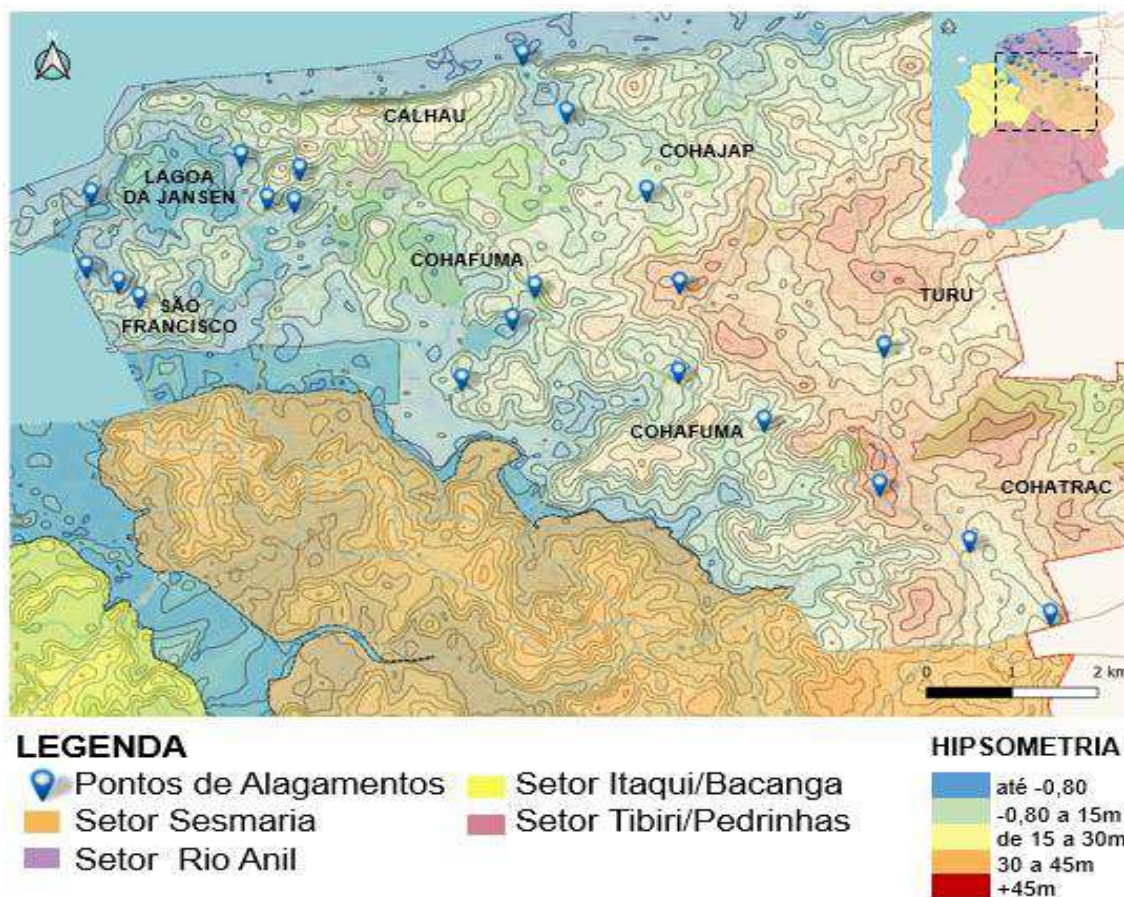
OCORRÊNCIAS DE ALAGAMENTOS		
LOCAL		BAIRRO
SETOR RIO ANIL		
1	Avenida Ferreira Goulart	São Francisco
2	Avenida Castelo Branco	São Francisco
3	Rua Oito	São Francisco
4	Avenida Nina Rodrigues	Ponta D'Areia
5	Praça da Lagoa e rua adjacentes	Jardim Renascença
6	Rua das Mitras	Jardim Renascença
7	Avenida Colares Moreira	Renascença
8	Curso Wellington	Renascença
9	Estacionamento do Tropical Shopping	Renascença

10	Avenida Litorânea	Calhau
11	Avenida dos Holandeses	Calhau
12	Rua Duque Bacelar	Cohaserma
13	Rua Euclides Farias	Parque Athenas
14	Avenida São Luís Rei de França	Turu
15	Viaduto da Cohab	Cohab
16	Avenida Jeronimo de Albuquerque	Angelim
17	Viaduto da Cohama	Cohama
18	Avenida Jeronimo de Albuquerque	Cohafuma
19	Rua da Paz e adjacentes	Vila Progresso
20	Avenida Via Expressa	Cohafuma
21	Avenida 04	Cohab
22	Estrada da Maioba	Cohab Anil

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O setor Rio Anil, abrange inclusive os bairros com os mais altos m² da cidade, o que demonstra que mesmo as áreas que carregam os maiores investimentos de infraestrutura possuem deficiência na drenagem. O apontamento dos locais também aponta que independentemente de serem cota hipsometrias baixas ou altas, a localização dos pontos de alagamentos se distribui em toda a cidade.

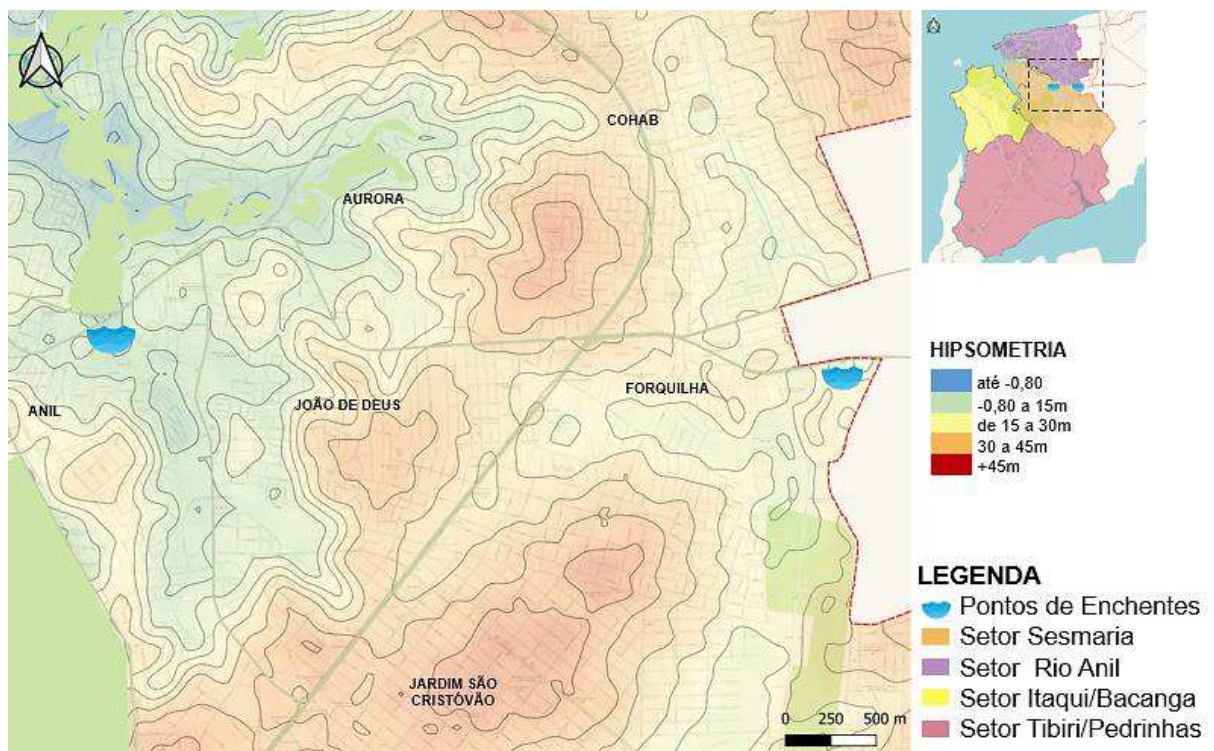
Figura 30 - Mapeamento dos Alagamentos no Setor Rio Anil



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

As enchentes se tratam de um processo natural, como decorrência do ciclo hidrológico da água. De acordo com o Manual de Saneamento (2015), enchente representa o fenômeno de ocorrência de aumento de vazões com transbordamento de um canal de drenagem. Na cidade foram encontrados apenas dois casos de enchentes, em ambos as enchentes são devido à urbanização. Como explica Tucci (1997), a cobertura vegetal da bacia foi alterada, devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de escoamentos. Adicionalmente o desenvolvimento urbano produz obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. Assim, o volume que deixa de infiltrar fica na superfície, aumentando o escoamento superficial, como foram construídos condutos pluviais, ocorre a redução do tempo de deslocamento, as vazões máximas aumentam, antecipando seus picos.

Figura 31 - Mapeamento dos Pontos de Enchente em São Luís



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

O primeiro ponto a ser comentado fica no bairro do Anil, mais especificamente na Avenida Edson Brandão, onde um riacho contribuinte da bacia do Rio Anil, passa, e devido à Avenida foi canalizado. Com a ocorrência das grandes chuvas, toda a drenagem das áreas adjacentes escorre para ele, devido à localização na topografia

(sendo a cota mais baixa da região), logo a seção canalizada transborda, e avança para a Avenida, chegando a interromper o trânsito totalmente.

Figura 32 - Ocorrência da enchente em 2017



Fonte: Ericeira, 2017.

Imobilizando os pedestres, carros e até os ônibus, a rua adjacente chamada Adelman Correia também é afetada, o nível da água afeta a mobilidade da rua, colocando até mesmo os moradores em estado de alerta.

Figura 33 - Eventos de enchente em 2019



Fontes: Tereza, 2019.

O segundo caso, é referente ao Rio Paciência, é importante citar que esta bacia vence os limites intermunicipais. Quando a vazão do canal fica sobrecarregada, às águas avançam para a MA-201, utilizando a própria infraestrutura da rodovia como dispersão, assim a área da enchente propaga parte em São Luís e

se alastra nos outros municípios. O evento possui um histórico recorrente, se tornando esperado pelos moradores em casos de grandes chuvas. São feitas atividades de aprofundamento do leito e a desobstrução das canalizações, mas devido à grande quantidade de sedimentos e de resíduos sólidos carregada pela chuva, o assoreamento volta acontecer.

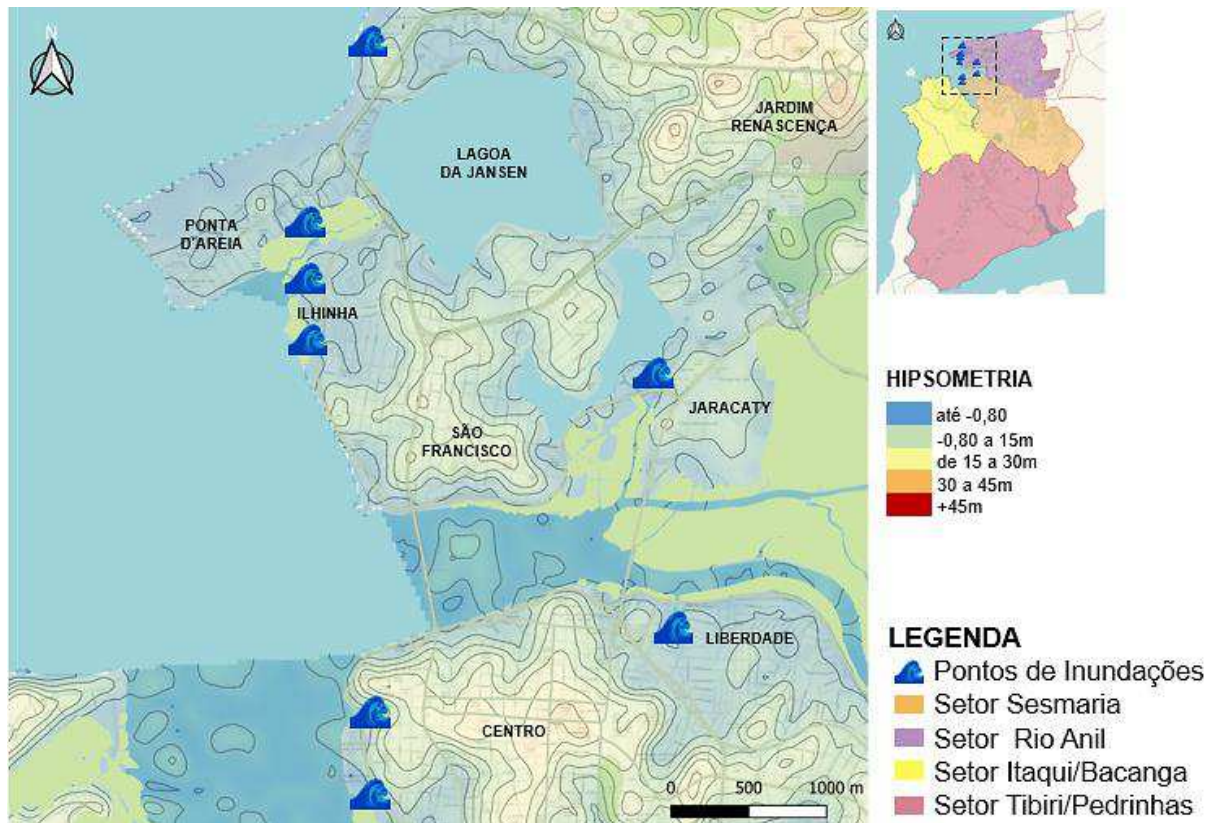
Figura 34 - Eventos de Enchentes no Rio Paciência



Fontes: Rilton Silva - LIMA, 2014; G1 MA, 2019b; TV Mirante, 2019c.

E por fim, a ocorrência de inundações, São Luís já possui uma baixa topografia que somada a grande variação da maré local, torna-a sensível para ocorrências de inundações costeiras. A maré de Sizígia ocorre de forma natural, e devido as grandes oscilações da maré da capital, é vista de forma comum. Porém em 2019, coincidindo com a Super Lua e o período chuvoso da capital, ocasionando um aumento da altura da maré significativo e com a ocorrência de forte chuvas, vários locais da cidade foram afetados sendo inundados. Nas áreas urbanas, ruas e praças foram inundadas, a maré invadiu as canalizações pluviais e fez o caminho de volta, transbordando as ruas com a água do mar. É imprescindível apontar que outros locais da ilha foram afetados, como bairros no município Raposa.

Figura 35 - Mapeamento dos pontos de Inundação



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019.

Figura 36 - Imagens de alguns locais afetados pela inundação em São Luís



Fonte: TV Mirante, 2019a.

Figura 37 - Alguns pontos afetados no município de Raposa



Fonte: Elson Paiva – TV Mirante, 2019a.

É importante mencionar que este é um mapeamento inicial, podem existir outros pontos na cidade que não foram citados seja por invisibilidade diante das mídias sociais, carência de tempo de pesquisa ou por falta de um estudo de monitoramento das ocorrências a longo prazo. É válido comunicar que os mapeamentos aqui inicializados, quando forem realizados com a finalidade de uso institucional, deve ser monitorado o histórico de situações na cidade e fazer o devido acompanhamento das estações chuvosas de forma mais minuciosa, além de que carecem serem realizados por uma empresa devidamente profissionalizada, com uma equipe multidisciplinar.

5. RESULTADOS

5.1. QUESTÕES SIGNIFICATIVAS NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

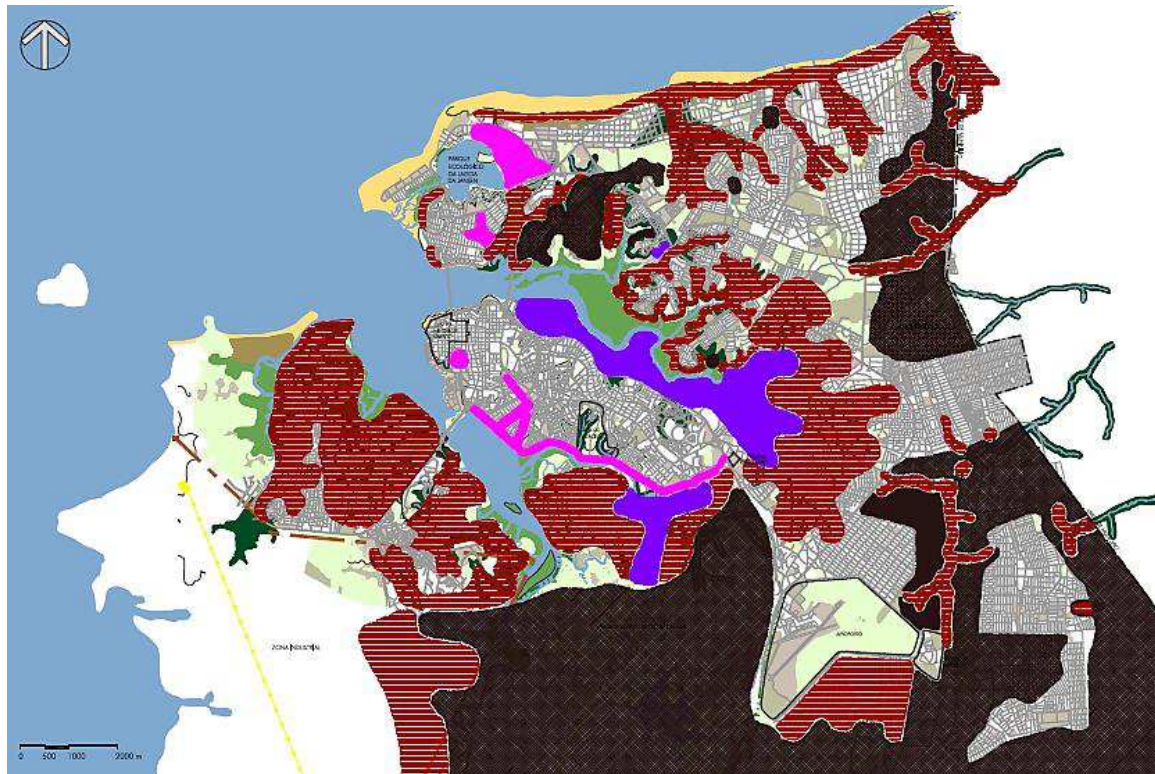
Através das Definições e conceitos, seguido das explicações sobre a infraestrutura que envolve o tema das Águas Urbanas, as respectivas legislações e a busca pelas informações que formam o cenário da cidade objeto, foi visto que as características atuais caminham para um ambiente inóspito, onde o território, a expansão urbana e a impermeabilização sobreponha o meio ambiente, afetando definitivamente o equilíbrio da biota. A intervenção antrópica por meio da evolução da ocupação urbana somada a contínua diminuição das áreas de vegetação natural, totalizam em uma degradação do ecossistema nativo em função da expansão do território urbano.

As principais interferências indutoras de conflitos e problemas, como aponta a Prefeitura de São Luís (2013), sendo estas as questões significativas do processo de urbanização, são: os desmatamentos para as diversas finalidades; intervenções no relevo para os mais diferentes propósitos, tais como mineração, cortes e aterro; implantação inadequada de assentamentos urbanos não atendendo as questões de geotecnia, drenagem, com impermeabilização do solo, seja pela pavimentação de vias indiscriminadamente, seja pelos revestimentos em grandes extensões dentro dos lotes; assentamentos urbanos irregulares em sítios de preservação, principalmente nas áreas de mangues, ao longo das margens dos cursos d'água, nas áreas de dunas e praias, nas áreas de altas declividades e nas faixas não edificantes de linhas de alta tensão e assentamentos agrícolas inadequados. Dessas intervenções decorrem: a modificação das condições microclimáticas; erosão; assoreamento; comprometimento dos aquíferos; interrupção da drenagem superficial; inundações; destruição do ecossistema dos manguezais; perda da qualidade ambiental e da paisagem e de sua percepção; poluição do solo, da água e do ar; desequilíbrio da flora e fauna urbana e condições de insalubridade.

O Plano da Paisagem de São Luís (2003) aponta que os conflitos e problemas são decorrências de tais intervenções antrópicas inadequadas, sendo elas: o avanço da malha urbana com a intensa impermeabilização do solo causada pela pavimentação das vias e pelas edificações, sem instalação da infraestrutura de drenagem e sem considerar os caminhos naturais das águas, os aquíferos e o mangue, nem mesmo a cobertura vegetal existente, que produz situações urbanas desastrosas como pontos de erosão, assoreamentos e enchentes, cabe aqui também adicionar os alagamentos

e inundações. Os setores urbanos com assentamentos regulares e, casos mais graves, de assentamentos informais que ocupam principalmente os setores de topografia mais complexa, as áreas de encosta, de mangue e de talwegues.

Figura 38 - Mapa de Problemas e Conflitos



LEGENDA

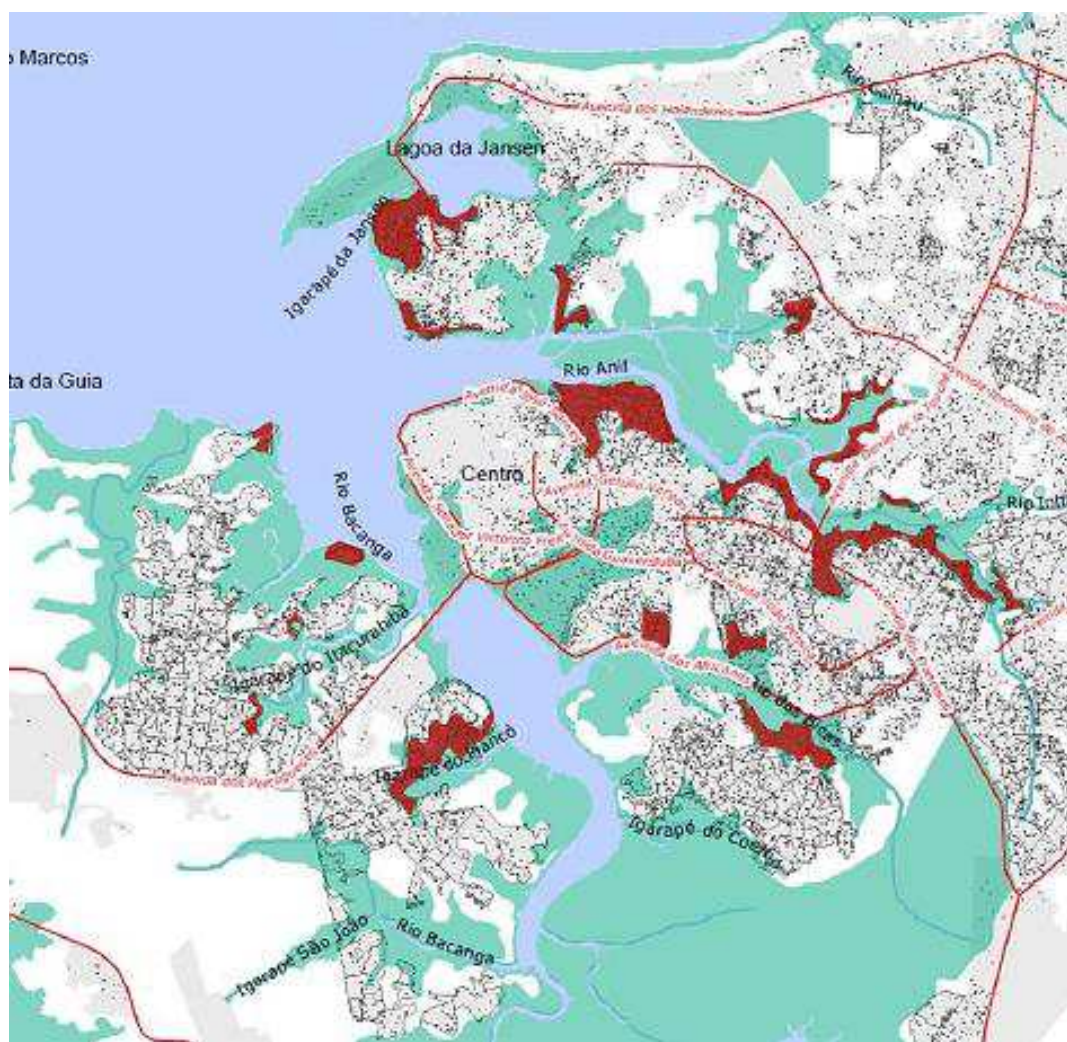


Fonte: Plano da Paisagem de São Luís, 2003.

O Plano da Paisagem (2003) sinalizou as questões significativas analisando a evolução da ocupação da cidade. Onde percebeu-se que o processo foi inicialmente nas áreas de cumeada, no qual pouco a pouco desceram as encostas em direção aos

vales, ocupando os terrenos menos favoráveis, eliminando a cobertura vegetal e provocando erosão, assoreamento e inundação. Decorrendo da falta de planejamento da oferta habitacional, induzido pela ocupação de áreas próximas aos locais de trabalho e de pouco valor imobiliário, no caso, as áreas de encostas, várzeas e mangues.

Figura 39 - Ocupações precárias localizadas em áreas com restrição à ocupação



Fonte: Prefeitura de São Luís, 2014.

Conforme Salgado Neto (2015), os assentamentos que se deram em áreas de preservação ambiental, particularmente aquelas desvalorizadas e localizadas em áreas de mangue, os conflitos socioambientais entre o poder público e os assentados se manifestam, quase sempre, exigindo soluções complexas e onerosas. Caso permaneça tal quadro de descontrole urbano, nos próximos anos, as reservas de manguezais da Ilha serão exauridas de forma cada vez mais intensa, gerando um

quadro de passivos ambientais e sociais de difícil reversão, ao lado do aumento de situações de risco para os habitantes que se localizam nestas áreas.

Interpretando tais apontamentos para questão da drenagem, o mapeamento das situações de alagamentos, enchentes e inundações mostram como a urbanização da cidade tornou-a vulnerável possibilitando a maximização dos riscos, embora possua uma topografia estratégica de escoamento natural devido à grande quantidade de bacias e pequenos riachos. Pompêo (2000) cita que é necessário ampliar a visão do ciclo hidrológico para o ciclo da água no meio urbano, aos conjuntos de bacias hidrográficas que constituem a cidade, a transposição de vazão e à descarga de poluentes, isto é, para as relações e as escalas de influência mútua. Logo a drenagem urbana passa a constituir-se como um elemento da problemática ambiental urbana e seu tratamento deve buscar as relações sistêmicas e considerá-las nas escalas de intervenção.

Percebeu-se a ausência de informações sobre o diagnóstico da drenagem nos relatórios da Prefeitura de São Luís como por exemplo, porcentagens de cobertura no território. No quesito legislativo, São Luís não possui um Plano Diretor de Drenagem, embora os estudos de Lima (2015) indiquem que já havia um estudo para a elaboração de tal, porém até o ano deste estudo não foi legitimado. Assim, como aponta Obermaier *et. al.* (2011), a falta de uma visão sistêmica sobre o possível futuro de sistemas urbanos em situação de risco torna difícil a avaliação de metas quantitativas e qualitativas. E a cada período chuvoso, abre-se um questionamento sobre as condições de resistência da infraestrutura da cidade.

A contínua falta de controle e monitoramento da administração sobre a expansão urbana faz com que muitas das faixas que deveriam ser de proteção ambiental, continuem sendo cada vez mais habitadas. Quando nos períodos chuvosos da capital não ocorrem chuvas de grande volume, e isso se repete por uma longa janela de tempo, propicia que tais problemas sejam esquecidos, fazendo com que as áreas de risco sejam ocupadas, logo quando ocorrem chuvas intensas, colocando o sistema de drenagem a teste os problemas reaparecem. Tais ocupações em áreas de risco ficam propensas a sua insegurança, pois ocorrem desabamentos, devido as enxurradas e o solo desprotegido. Fora que, as faixas de mangue consideradas solos de resistência naturais às inundações, continuam sofrendo aterramentos e

ocupações, ou seja, devido à localização natural na topografia, quando há a ocorrência de fenômenos hidrometeorológicos, tais áreas que deviam estar ocupadas por vegetação e agora habitadas são as primeiras a sofrerem os impactos, devido a fragilidade sobre inundações do território em si.

A grande impermeabilização atual do solo da capital contribui para os eventos de *flash floods*, que já acontecem em São Luís mesmo em pequena escala. Até mesmo as áreas de lazer e espaços públicos construídos pela prefeitura possuem altas taxas de impermeabilidade, contribuindo para o aumento da carga de água pluvial, aumentando os picos e mais uma vez ajudando a sobrecarregar o sistema. A falta de permeabilidade também impacta em outros pontos, como o abastecimento da população devido a diminuição de recarga dos lençóis subterrâneos, fato este que em longo prazo pode ser sentido. Macedo (2002) revela, que a maioria dos rios da Ilha já está classificado com o grau máximo de poluição causada pelo lançamento *in natura* de esgotos industriais e domiciliares. Afinal, como diz Prado (2016) o lançamento de esgoto *in natura* de toda a população de São Luís requer uma significativa reflexão ao planejamento ecológico da cidade.

Interligando as informações do capítulo anterior dos sistemas de infraestrutura urbana com as questões significativas de urbanização, percebe-se o panorama frágil de São Luís, em questão das águas urbanas em relação ao ambiente 'natural x urbano'. Com a falta de tratamento de esgoto e de efetividade da drenagem urbana, somado as cargas de resíduos sólidos pode-se assimilar a deterioração da qualidade da água dos rios, a contaminação dos lençóis freáticos e a falta de balneabilidade das praias da capital.

5.2. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE E GESTÃO DE ALAGAMENTOS, ENCHENTES E INUNDAÇÕES

Após a realização de todo o estudo teórico; contextualização da cidade de São Luís; mapas com a identificação dos pontos de alagamentos, enchentes e inundações; e, a correlação dessas questões com o processo de urbanização, pode-se afirmar que embora os sistemas de infraestruturas sejam tratados de forma independente é necessário a visão completa sobre as águas urbanas. Pois, as consequências da falta de manutenção e administração efetiva específica para cada sistema, comprovam

que, quando em prova, em eventos máximos de chuva, os sistemas se entrelaçam e trazem consequências à população.

Sendo assim, devido à estas situações significativas ao desempenho da infraestrutura, planejamento e gestão urbana da cidade de São Luís quanto aos eventos de alagamentos, enchentes e inundações, agora serão apresentadas diretrizes e estratégias para lidar com tais eventos com principal enfoque na minimização desses pontos de alagamentos, enchentes ou inundações.

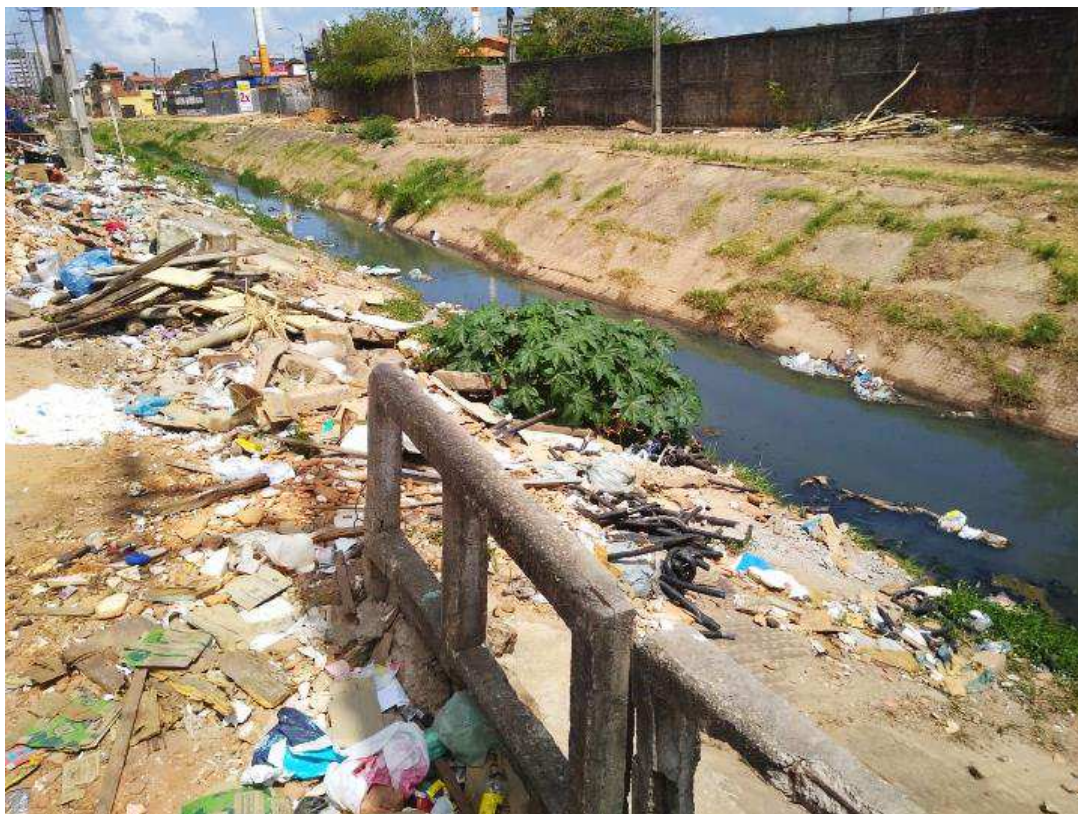
O primeiro ponto a ser elucidado é a questão dos Resíduos Sólidos na cidade de São Luís. À exemplo, como aponta Tucci (2002), em São José na Califórnia, o lixo que chega na drenagem foi estimado em 4lb/pessoa/ano. No Brasil, não há este parâmetro de dados numéricos sobre a quantidade de lixo retida na drenagem. Portanto, o autor considera que este volume deve ser maior, considerando que muitas vezes a drenagem é utilizada como destino final de resíduos sólidos. Além disso, nas últimas décadas, devido as embalagens plásticas, houve um visível incremento de lixo urbano. Os rios e todo o sistema de drenagem ficam cheios de garrafas tipo pet, além das embalagens de plástico de todo o tipo. Este autor explica ainda que os sólidos totais que chegam à drenagem são devido: a frequência e cobertura da coleta de lixo, frequência da limpeza das ruas, forma de disposição do lixo pela população e frequência da precipitação.

Em São Luís, lixos de todos os tipos são jogados nas ruas. Mesmo com os Ecopontos instalados pela Prefeitura, o lixo em terrenos baldios é significativo. Cabe, então, o incentivo a programas educacionais envolvendo o tema nas escolas e campanhas educativas nos diversos meios de comunicação. É substancial que a população compreenda a porcentagem de culpa sobre os alagamentos devido a colaboração das obstruções. É preciso instigar o desenvolvimento de cooperativas como informa o Manual do Saneamento (2015), institucionalizando o papel relevante e a viabilização da reciclagem, desenvolvendo a coleta seletiva do lixo. Para que tenha êxito é necessário a participação popular, a divulgação e educação no programa de coleta seletiva.

Vale ressaltar que a falta de locais legalizados para a descarga correta dos entulhos de construção civil em São Luís promove uma pratica comum da descarga de entulhos. Sendo estes, jogados nos terrenos baldios ou deixados nas ruas,

contribuindo para o deslocamento de sedimentos colaborando para o assoreamento e obstruções de galerias e canais sejam artificiais ou naturais. Como exemplo de descaso quanto ao destino dos resíduos sólidos, pode-se citar a situação do canal do Rio das Bicas que configura um ambiente totalmente hostil e de descaso ao meio ambiente conforme cenário apresentada na figura a seguir.

Figura 40 - Lixos e entulhos colocados no canal de macrodrenagem do Rio das Bicas



Fonte: Acervo do autor, 2019.

É imprescindível a integração entre os sistemas de gestão de recursos hídricos e a gestão territorial, responsável pelo controle de uso e ocupação do solo, além da integração da gestão dos sistemas urbanos (compreendendo os usos da água e o controle da drenagem urbana, bem como implantações de habitação e do sistema viário) e a atuação do sistema de recursos hídricos com vista à gestão da demanda de água para seu controle e racionalização, afirma Silva (2003).

A estrutura de gestão das águas urbanas baseia-se nos seguintes grupos de componentes: (a) planejamento urbano, disciplinando o uso do solo da cidade com base nas necessidades dos seus componentes de infraestrutura; (b) serviços de saneamento, envolve aqui os sistemas de infraestrutura, abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem

urbana; (c) metas dos serviços, como a conservação do meio ambiente urbano e qualidade de vida no qual estão incluídas a redução de cheias e a eliminação de doenças de veiculação hídrica; (d) institucional, ou seja, no gerenciamento de serviços, legislação, capacitação e monitoramento de forma geral (TUCCI, 2012, p.11).

Embora São Luís possua um Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico, a implementação de um Plano Diretor de Drenagem Urbana nunca foi concluída. De acordo com estudos de Lima (2015), estava em andamento um estudo da drenagem urbana denominado “Estudo de Concepção do Sistema de Drenagem Urbana de São Luís” elaborado pelas empresas Falcão Bauer e AGM Engenharia, apresentando recomendações e intervenções nas 12 bacias hidrográficas, considerações a respeito das inundações ocorridas na cidade, sobre o sistema de drenagem, prestações de serviço e situação atual e a análise da capacidade de investimento do Setor Público, até o momento o Estudo de Concepção não foi efetivado.

5.2.1. Apontamentos para os alagamentos e enchentes

Os alagamentos e enchentes decorrem da má administração, implantação e manutenção do escoamento, de que podem ser inclusive devido a aterros, pontes e drenagens inadequadas, assim como, obstruções dos condutos devido aos resíduos sólidos afetando diretamente a microdrenagem e o assoreamento das macrodrenagens. De acordo com estudos de Tucci (2002), o plano de drenagem deve ter como princípio o de que cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural. As cidades que possuem drenagem sustentável e significativa diminuição e minimização de tais situações, como aponta os estudos teóricos, concentram em suas atividades as implantações de medidas não-estruturais, reconhecendo os caminhos naturais das águas e aumentando a infiltração no solo, para isso implementam dispositivos (que fazem parte das SUD'S e LIDS) em conjunto, embora ainda exista o modelo de drenagem tradicional, logo a quantidade de água que adentra o sistema diminui drasticamente, evitando e atrasando os picos de cheias. Em São Luís, com o aumento da impermeabilização, é sugerido a adoção de tais medidas, sendo elas: o armazenamento de água pluvial, o uso de pavimentos permeáveis, biorretenção, o plantio de árvores de médio/grande porte e conciliar todos os pontos com a drenagem tradicional (canalizada).

Figura 41 - Panorama de medidas não estruturais



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2019.

A medida 1, se concentra nas estratégias que podem ser adotadas no lote. Mesmo com as porcentagens de permeabilidade indicadas na Lei de Uso e Ocupação do Solo, grande parte da população não respeita tais quantidades ou até desconhece tais informações, e a administração pública não consegue obter tal controle. Resta então além de uma educação e conscientização, o incentivo ao reuso de água da chuva, com a intenção da diminuição da contribuição das águas pluviais que deveriam ser absorvidas no lote.

Figura 42 - Exemplo de reservatório



Fonte: ECYCLE, 2019.

A medida 2, o uso dos pavimentos porosos e/ou permeáveis, seja na própria calçada, no leito carroçável, ou nos dois. Essa opção ajuda principalmente nas ruas locais que muitas vezes não possuem sistema de drenagem, concentrando toda carga nas sarjetas e no leito carroçável, tal situação contribui diretamente para a criação de alagamentos, pois apenas transferem toda a água para jusante. Com a opção de permeabilidade, parte da água fica retida enquanto escorre, diminuindo a quantidade de água pluvial e atrasando os picos de cheias. Esta solução também se encaixa para grandes áreas de estacionamento, pátios e até nas áreas internas do lote.

Figura 43 - Pavimentos Permeáveis



Fonte: VIVA DECORA, 2018.

As medidas 3 e 4 podem caminhar juntas, com a implantação de áreas de biorretenção (3) e a introdução de vegetações de médio e grande porte (4). As áreas de biorretenção com a presença de vegetações maiores potencializam a capacidade de absorção de água do solo. É importante citar, que esta adoção minimiza nas medidas do sistema tradicional de drenagem, pois parte das águas é recolhida na extensão da biorretenção. Os modelos de biorretenção podem ser variados, se adequando a cada situação e topografia, é válido lembrar que neste caso, há a necessidade de um estudo de plantas locais que poderiam ser opções para o plantio.

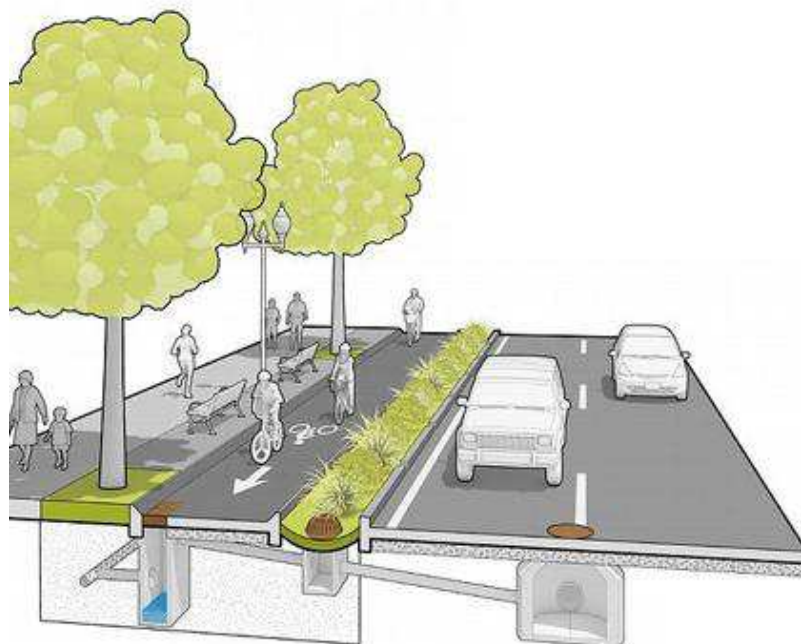
Figura 44 - Exemplo de biorretenção com o uso de árvores



Fonte: EPA, [s.d.]; *apud* TAM. 2013.

A medida 5 trata-se do uso da drenagem convencional, mesmo havendo as medidas não-estruturais até aqui já citadas, é necessário a sua existência como plano de contingência, caso o solo não absorva mais a água pluvial, assim o excesso é direcionado ao sistema de drenagem. É válido citar que as entradas podem estar até mesmo conciliando com as biorretenções.

Figura 45 - Esquema com medidas não-estruturais e o sistema tradicional funcionando em conjunto



Fonte: CAIN, [s.d.].

Com a implantação de tais medidas, a diminuição da impermeabilização favorecerá o quadro para redução significativa de situações problemas, mas resta a administração pública fazer o devido reconhecimento, levantamento e mapeamento das situações pontuais de alagamentos no tecido da drenagem tradicional existente para a compreensão de cada caso.

Sobre as questões da macrodrenagem, como já foi dito, São Luís possui uma topografia favorável para o escoamento natural ao sistema da macrodrenagem, mas os canais, muitas vezes, encontram-se abandonados, com resíduos sólidos e sem manutenção. Em outro aspecto, os canais podem ser elaborados com erros de dimensionamento, chegando a ser subdimensionados, tal situação contribui fortemente para a ocorrência dos alagamentos.

Figura 46 - Condições atuais do canal do Rio Anil, no bairro Anil



Fonte: Acervo do autor, 2019.

Devido ao fato de não ser possível analisar todos os canais de drenagem, foi escolhida uma área, que nos períodos chuvosos geralmente possui grandes alagamentos. A região em questão trata-se do Mercado Central, localizado no centro da cidade, as ruas alagam afetando não apenas a mobilidade local, mas as lojas,

trazendo prejuízos ao comércio local. O canal do Portinho é responsável pelo encaminhamento das águas da região para o lançamento no mar. De acordo com Schalcher (2018) o canal possui dimensão de 2,5 x 1,5m até a Travessa do Portinho, numa extensão de 49m, a partir daí o canal passa a ter 3,0 x 1,5m numa extensão de 311m até o lançamento por baixo da ponte em concreto localizado na Avenida Senador Vitorino Freire.

Figura 47 - Planta de Implantação do projeto de drenagem do canal do Portinho



Fonte: SEMOSP, 2017; *apud* SCHALCHER, 2018.

Para o cálculo de dimensionamento do canal, é necessário a intensidade da chuva utilizada nos projetos, dados do projeto (a área da bacia, extensão e cotas máximas e mínimas de implantação) e a determinação da vazão, para só então estabelecer os valores de acordo com a seção retangular do canal pelo método das tentativas, como a declividade a ser empregada, a área, o perímetro, o raio hidráulico e pôr fim a vazão do canal. Devido à falta de informações e parâmetros a serem utilizados para São Luís, o cálculo não pode ser efetivado. Porém as constâncias do problema de acordo com os anos, demonstram que mesmo com reformas e extensões do canal, pode-se inferir que ele ainda não funciona adequadamente, não possuindo vazão e declividade o suficiente para garantir o eficaz escoamento da região.

Figura 48 - Alagamentos no Mercado Central de São Luís



Fonte: TV Mirante, 2018, 2019b e 2019d.

É importante apontar, que existem outros fatores que podem ser citados que colaboram na questão do alagamento no local, por exemplo, o fato de canal desembocar na área do mar ficando exposto as elevações da maré, fazendo com que atue de forma submersa. Fora isso, pode-se perceber que as bocas de lobo ficam concentradas apenas no ponto mais baixo contribuindo para uma situação extrema de acúmulo de água pluvial. O lixo jogado nas ruas coopera para a situação, que nas chuvas escorrem para as bocas de lobo e galerias, vedando as entradas da água pluvial, e obstruindo o canal.

Muitas residências direcionam seus esgotos para os canais de macrodrenagem, poluindo os córregos de água pluvial com esgoto *in natura*, propiciando a ocorrência de animais, insetos e odores. É indispensável ter zelo e condicionar a manutenção e limpeza das macrodrenagens, fica como observações transformá-los em estruturas de lazer e descanso, através de por exemplo parques lineares, para que reinterprete a visão da população quanto ao local. Porém para isso é primordial garantir as condições das águas que fluem. Por isso é primordial a gestão das águas integradas, para que seja desenvolvido estudos, projeção e implantação dos sistemas em conjunto, evitando por exemplo a unificação dos sistemas de drenagem e esgotos.

5.2.2. Apontamentos para as Inundações Costeiras

São Luís, devido a topografia e a relação com a água, possui parte de seu território vulnerável as inundações. As cotas mais baixas da cidade fazem parte do ecossistema natural mangue, além de serem afetadas naturalmente pelos movimentos da maré. Como apontado, a urbanização da cidade avança sobre o que deveriam ser áreas de Proteção Ambiental, as ocupações em áreas de manguezal aterram e avançam sobre o mar, tirando a preservação e a resistência natural. As ocupações precárias localizadas em áreas com restrições, possuem uma localização frágil, fazendo com que sejam as primeiras afetadas nas inundações costeiras. Não foram encontrados em São Luís planos de precaução com relação as adaptações em frentes d'água. Embora já existam respostas ao avanço do mar, como o caso do espigão da Ponta D'areia, construído como forma de proteção da ação de erosão.

Figura 49 - Espigão localizado na Ponta D'Areia



Fonte: Thalys Arraes, [s.d.].

Os estudos globais apontam que a subida do nível do mar é real e pode ser mais drástica do que o esperado, grandes cidades já estão sendo afetadas como o caso de Veneza. São Luís não se encontra distante de tal realidade, o avanço do mar pode em muito afetar o tecido desta, tomando as áreas das cotas mais baixas e inundando as áreas adjacentes. Com a grande quantidade de bacias e a relação direta com a água, o mar pode adentrar devido aos caminhos naturais dos diversos riachos,

que estão distribuídos pela ilha. Com base em tal cenário, é indicado a construção de uma agenda de adaptação.

Inicialmente, o incentivo deve se concentrar a educação e à profissionalização de equipes voltadas a tal situação dentro da administração da cidade, que desenvolvam pesquisas, estudos e relatórios para conceber o panorama atual e construir aos poucos o futuro da cidade em questão da capacidade de respostas as alterações climáticas. É indispensável o reconhecimento dos tecidos urbanos vulneráveis, mas também das zonas das cidades que já estão sendo e serão afetadas futuramente. Com isso pode ser considerado a criação de um sistema de previsão e alerta, mapeamento de áreas afetadas e danos nos locais, assim como uma previa de orçamentos de gastos do município e elaboração de seguros. Tais informações podem ainda serem compartilhadas com outros órgãos, como a Defesa Civil para a criação de respostas de proteção aos habitantes das possíveis moradias afetadas.

A relação do desenvolvimento urbano da cidade no tempo sempre possuiu uma forte ligação com a água, devido as cotas baixas, grande parte da cidade pode ser afetada. É indispensável que haja estudos de curto, médio e longo prazo, interpretando na cidade respostas de resiliência e resistência as situações. É essencial a busca pela recuperação dos mangues e de seu ecossistema natural, que já é uma resposta de resistência ao avanço do mar. De modo geral, é imprescindível que tais preocupações sejam citadas no Plano Diretor da cidade como diretrizes, de forma a iniciar os estudos para a elaboração de estratégias e a criação de Planos voltados sobre o tema, para mais tarde refletirem como mudanças nos zoneamentos e na Lei de Uso e Ocupação do Solo, bem como da criação de ações efetivas em construções mitigadoras e preventivas como resposta as inundações.

CONCLUSÃO

Levando-se em conta tudo o que foi mencionado nos capítulos anteriores, buscou-se neste trabalho, expor o cenário de fragilidade da cidade de São Luís quanto aos sistemas de infraestruturas, dando ênfase na drenagem pluvial e sua relação com o processo de urbanização. No referencial teórico, foram expostos as definições e conceitos necessários à temática “águas urbanas”, e, os parâmetros de cada infraestrutura pertencente ao tema, além das legislações.

Foram expostos os princípios e ideais da chamada Drenagem Sustentável, explanando sobre os sistemas, técnicas e dispositivos utilizados. Por conseguinte, o estudo de caso aponta que a cidade se dirige a uma atuação contrária, se comparada às localidades que já possuem um sistema de drenagem pluvial sustentável. Procurou-se também entender e assimilar como as cidades referências comportam-se frente ao tema, como constroem suas drenagens e seus planos de ação de adaptação. Dessa forma, para o caso de estudo, o panorama da cidade foi montado a partir de informações contidas nos diversos relatórios da Prefeitura da cidade.

O trabalho mostrou como resultados, o quanto à questão urbana interfere diretamente seja nos alagamentos e enchentes, seja nas inundações. Os impactos urbanos foram apresentados, mostrando a relação crescimento urbano x degradação ambiental. Com isso, elaborou-se apontamentos focados nas situações problemas (alagamentos, enchentes e inundações) para suas possíveis mitigações e soluções. Por fim, foram citados dispositivos e medidas para São Luís que priorizem a minimização da descarga das águas pluviais no sistema público e apontamentos para a questão das inundações costeiras.

Todas as informações apresentadas até aqui, constroem o panorama desordenado da inexistência da integração das águas urbanas da capital maranhense. Comprovando a falta da gestão sistêmica do gerenciamento das águas urbanas. A gestão pública pouco relaciona o crescimento urbano com os recursos hídricos e as repercussões ambientais. Isto demonstra a falta de adaptação, comprometimento e integração de setores do planejamento urbano da administração pública. O planejamento integrado é visto como um desafio, pois é interdisciplinar, tornando-se complexo para os municípios que, muitas vezes, possuem capacidade

institucional limitada. Os estudos apontam o quanto é impreterível partir-se do planejamento urbano e paisagístico para conservação do ambiente natural.

Devido a interdisciplinaridade do tema, recomenda-se debates envolvendo as diversas áreas do gerenciamento territorial urbano para que se construa a visão sistêmica substancial em busca de uma cidade comprometida com a sustentabilidade urbana. Recomenda-se também o planejamento baseado em estudos aprofundados e integrados quanto ao planejamento da paisagem e saneamento básico, concentrando-se na proteção ambiental. Além da necessidade da tarefa contínua de educação ambiental da população e dos profissionais responsáveis pela direção da cidade, pois esta é uma situação que vai além dos limites institucionais ou legislativos. Lembrando que uma ação coletiva pode construir um futuro de conservação e respeito ambiental para a cidade.

Como sugestão para trabalhos futuros, considera-se relevante e intrigante, a seguinte indagação: quais são os futuros cenários de São Luís, em um horizonte de 10, 20 ou 50 anos? Os conteúdos expostos, servem como um notável argumento de que as diretrizes da forma de gerenciamento da cidade precisam ser atualizadas de forma coerente com a realidade atual e interesse na qualidade de vida urbana e respeito ao meio ambiente.

Dessa forma, por fim, conclui-se que as preocupações referentes a deficiência do conjunto águas urbanas e a gestão do território geram sérias indagações sobre o futuro territorial do município. No entanto, há diversas possibilidades técnicas para tratar e evitar as situações indesejadas causadas por alterações climáticas e pela falta de planejamento urbano comprometido com todas as exigências para o tratamento das águas urbanas.

REFERÊNCIAS

AHBL. **Eastern Washington LID Guidance Manual**. 2013. Disponível em: <<http://www.ahbl.com/press-publications/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2019.

AQUAFLUXUS – Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos. **Trincheiras de Infiltração**. 2012. Disponível em: <<https://www.aquafluxus.com.br/trincheiras-de-infiltracao/?lang=en>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

ARAÚJO, Eliene Pontes de; JUNIOR, José Wilson Cavalcante Parente; ESPIG, Silvana Andreoli. **Estudo das Unidades de Paisagem da Ilha do Maranhão: delimitação e dinâmica**. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, Brasil. 2607-2609p. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/archive.cgi/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.22.41>>. Acesso em: 18 de setembro de 2019.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, p.9, 1999. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/avaliacao-da-eficiencia-dos-pavimentos-na-reducao-de-escoamento-superficial.pdf>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

ARRAES, Thalys. **Espigão da Ponta D'Areia**. Foursquare. Disponível em: <<https://www.levarti.com.br/p/5a47ab383300003c00396997>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2019.

ASLA. **Tianjin Qiaoyuan Park: The Adaption Palettes**. 2010. Disponível em: <<https://www.asla.org/2010awards/033.html>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

ATLAS DA CIDADE. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – São Luís**. PNUD, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Fundação João Pinheiro. Brasil, 2019. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/sao-luis_ma>. Acesso em: 25 de novembro de 2019.

BALLARD, Bridget Woods; KELLAGHER, Richard; MARTIN, Peter; JEFFERIES, Chris; BRAY, Bob; SHAFFER, Paul. **The SUDS Manual**. 2007. CIRIA – Construction Industry and Information Association, Londres. Disponível em:

<<http://apoiodidatico.iau.usp.br/projeto3/2018/documentos/manuais/The-SuDS-Manual-C697.pdf>>. Acesso em: 01 de novembro de 2019.

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na Bacia do Rio Mamanguape-PB**. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5490/1/arquivototal>>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

BARROSO, Thayná Marques. **Capacidade de resiliência urbana às inundações no bairro da Liberdade**. 2018. 100f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

BRASIL. Decreto nº24.643, de 10 de julho de 1934. **Código das águas**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm>. Acesso em: 29 de outubro de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 29 out. 2019.

BRASIL. Lei nº11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece **Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 29 de outubro de 2019.

BRASIL. Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 29 de outubro de 2019.

BRASIL. Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 30 de outubro de 2019.

BRASIL. **Manual de Saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. – 4 ed. – Brasília: Funasa, 2015, 642 p. il. Disponível em:

<http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/manual-de-saneamento?inheritRedirect=false>. Acesso: 02 de setembro de 2019.

BURNETT, Frederico Lago. **Urbanização e desenvolvimento sustentável: a sustentabilidade dos tipos de urbanização na cidade de São Luís do Maranhão**. São Luís: UEMA, 2008. 230p.

BURNETT, Frederico Lago. **São Luís por um Triz: Escritos Urbanos e Regionais**. São Luís: EdUEMA, 2012. Coleção São Luís 400 anos. 173p.

BUTLER, David; DAVIES, John W. **Urban Drainage**. 3º ed. Londres: Spon Press, 2011. Disponível em: <<http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2016/10/Urban-Drainage-3rd-Edition.pdf>>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.

CAIN, Josiah. **Eco-Infografix**. Pinterest. Disponível em: <<https://www.pinterest.it/pin/343962490275719643/>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

Cambridge Academic Content Dictionary, 2020. Tradução da autora. Disponível em: <<https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/flash-flood>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2020.

CANALE. Disponível em: <www.canelelandscaping.com>. Acesso em: 26 de janeiro de 2012.

CANHOLI, Julio Fracarolli. **Medidas de Controle “in Situ” do Escoamento Superficial em áreas Urbanas: Análise de Aspectos Técnicos e Legais**. 2013. 184p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-10072014-161954/en.php>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

CCDR-LVT. **Plano Regional de Ordenamento do Território a Área Metropolitana de Lisboa – Proposta Técnica Final**. Lisboa, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Portugal. 2010. Disponível em: <<http://www.ccdr-lvt.pt/pt/planos-regionais-de>

%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20ordenamento-do-territorio-prot/450.htm>. Acesso em: 26 de novembro de 2019.

CHRISTOFIDIS, Hugo do Vale. **Drenagem Urbana Sustentável: Análise do uso do Retrofit**. 2010. 163 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/12216>>. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

CML. **Plano Diretor Municipal de Lisboa – Avaliação Ambiental Estratégica, Relatório Ambiental**. Lisboa, Câmara Municipal de Lisboa, Portugal. 2011a. Disponível em: <<http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal>>. Acesso em: 26 de novembro de 2019.

CML. **Plano Diretor Municipal de Lisboa – Relatório de Caracterização Síntese**. Lisboa, Câmara Municipal de Lisboa, Portugal. 2011b. Disponível em: <<http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal>>. Acesso em: 26 de novembro de 2019.

COSTA, João Pedro. **Urbanismo e adaptação às alterações climáticas – As frentes de água**. Livros Horizonte, Lisboa 2013.

CRUZ, Marcus A. S.; SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos E. M. **Controle da Drenagem Urbana no Brasil: Avanços e Mecanismos para sua Sustentabilidade**. São Paulo: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. 18p. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/04/controladrenagemurbana.pdf>>. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

Dicionário infopédia da Língua Portuguesa sem Acordo Ortográfico. Porto: Porto Editora, 2003-2021. Disponível em: <<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa-ao/caudal>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2020.

ECYCLE. **Captação de água da chuva: conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/3301-captacao-de-agua-da-chuva-aproveitamento-sistema-cisternas-como-captar-armazenar-coletar-para-aproveitar-vantagens-coletor-modelos-cisterna-ecologica-aproveitando-coleta-pluvial-armazenamento>>

caseiro-residencial-como-onde-encontrar-comprar>. Acesso em 09 de dezembro de 2019.

EPA – *United States Environmental Protection Agency*. **Green Infrastructure**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/green-infrastructure>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

ERICEIRA, Eduardo. **Chuva causa transtornos em vias de São Luís, no Anil o trânsito parou**. 2017. Disponível em: <<http://blogeduardoericeira.blogspot.com/2017/05/chuva-causa-transtornos-em-vias-de-sao.html>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.

G1 MA. **Chuva causa transtornos em ruas e avenidas de São Luís**. 2018a. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2018/11/30/chuva-causa-transtornos-em-ruas-e-avenidas-de-sao-luis.ghtml>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.

G1 MA. **Forte chuva provoca vários alagamentos pela grande São Luís**. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2019/03/23/forte-chuva-provoca-varios-alagamentos-pela-grande-sao-luis-videos.ghtml>>. Acesso: 03 de dezembro de 2019.

G1 MA. **“Língua Negra” em direção a praia preocupa banhistas no Maranhão**. São Luís, Maranhão, 2018b. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/lingua-negra-em-direcao-a-praia-preocupa-ambientalistas-no-maranhao.ghtml>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

GRACIOSA, Melissa Cristina Pereira. **Trincheiras de Infiltração como Tecnologia Alternativa em Drenagem Urbana: Modelagem Experimental e Numérica**. 2005. 254p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-29032016-112054/pt-br.php>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

GROSTEIN, Marta Dora. **Metrópole e Expansão Urbana: a Persistência de Processos Insustentáveis. São Paulo em Perspectiva**. São Paulo, v.15, p. 13-19, 2001. Fundação SEADE. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392001000100003>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

INNOVATIVE WATER SOLUTIONS. **Reservatórios de polietileno acima do solo**. Disponível em: <<https://www.watercache.com/portfolio/aboveground-poly-cisterns>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. **Praias (Análise de Balneabilidade)**. 1998. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/praias.asp>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Gráficos**. Brasília, 2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em: 25 de novembro de 2019.

KLOSS, C.; CALARUSE, C. **Rooftops to rivers: Green strategies for controlling stormwater and combined sewer overflows**. Natural Resources Defense Council, 2006. 48 p. Disponível em: <<https://www.nrdc.org/sites/default/files/rooftops.pdf>>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.

LIMA, Cristiane Araujo Moreira. **DRENAGEM URBANA DE SÃO LUÍS: Aspectos gerais da micro e macrodrenagem e seu gerenciamento**. 2015. 72f. Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, 2015.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, USP, Piracicaba, SP, 2008. Disponível em: <https://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

LIMA, Gilberto. **População de Paço do Lumiar e São José de Ribamar vivem novamente o drama do descaso público na estrada de Ribamar**. 2014. Disponível em: <<http://www.riltonsilva.com.br/2014/05/rio-paciencia-transborda-e-interdita.html>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.

LOURENÇO, Rossana. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis**. 2014. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2014. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/14071>>. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

LOPES, José Antônio Viana (Org.) **São Luís Ilha do Maranhão e Alcântara: guia de arquitetura e paisagem**. Sevilha: Bilingue, 2008. 448p.

MARICATO, E. (1996). **METRÓPOLE NA PERIFERIA DO CAPITALISMO: ilegalidade, desigualdade e violência**. São Paulo, Hucitec. Disponível em: <http://fau.usp.br/deprojeto/labhab/biblioteca/textos/maricato_metrperif.pdf>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

MASCARÓ, Juan L.; YOSHINAGA, Mário. **Manual de Infra-estrutura Urbana**. Porto Alegre: Editora Masquatro, 2005. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/lista/69967159-referencias-tcc/arquivo/40857674-manual-de-infraestrutura-urbana-por-mascaro>>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

MATOS, José de Saldanha. **Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano**. Engenharia Civil – UM, Portugal, n. 16, p. 13-23, Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/revistas/16>>. Acesso em: 01 de outubro de 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. ICLEI – Brasil. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília, 2012. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf>. Acesso em: 29 de outubro de 2019.

NETO, Assunção. **Rio Anil transborda e causa transtorno na cidade de São Luís**. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1W124t9ztCs>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.

OBERMAIER, Martin; ROVERE, Emilio Lèbre La; ROSA, Luiz Pinguelli. **A Abordagem Brasileira sobre Vulnerabilidade em Áreas Urbanas: Uma análise crítica**. IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa, 2011. Disponível em: <<http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/48251390766364825139076.pdf>>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

O IMPARCIAL. **Caema amplia coleta de esgoto em São Luís.** São Luís, 27 de outubro, 2019. Disponível em: <<https://oimparcial.com.br/cidades/2019/10/caema-amplia-coleta-de-esgoto-em-sao-luis/>>. Acesso em: 28 de novembro de 2019.

PINHEIRO, Andrea Magnuski. **Identificação de possíveis intervenções voltadas para redução de riscos de inundações na bacia hidrográfica do rio Palmital localizada na área do município de Pinhais – PR/** Andrea Magniski Pinheiro. – 2014. 106p. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1177/1/CT_PPGTA_M_Pinheiro%20%20Andrea%20Magnuski_2014.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

PINTO, L. H., PINHEIRO, S. A. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana.** Publicação da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais. Belo Horizonte, FEAM: 2006. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/walbergonzaga/cartilha-drenagem>>. Acesso em: 02 de outubro de 2019.

POMPÊO, Cesar. **Drenagem Urbana Sustentável.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [s.l.], v. 5, n. 1, p.15-23, 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v5n1.p15-23>. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=46&SUMARIO=656&ST=drenagem_urbana_sustentavel>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

PRADO, Barbara Irene Wasinski. **Paisagem Urbana de São Luís: transformação das formas e arranjos naturais na Ponta D'Areia.** São Luís: Editora BIWP, 2016. 163p.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **Leitura Urbana São Luís: Diagnóstico da Lei de Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.** São Luís: 2014. 167p. Disponível em: <<https://www.agenciasaoluis.com.br/site/legislacao-urbanistica-saoluis/1847>>. Acesso em: 28 de novembro de 2019.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **Para onde vai o lixo recolhido diariamente em São Luís?** Comitê Gestor de Limpeza Urbana (CGLU). Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/subportal_subpagina.asp?site=2179>. Acesso em: 28 de novembro de 2019.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **Plano da Paisagem Urbana do Município (PPU)**. Instituto Municipal da Paisagem Urbana – IMPUR (Org. Gest.); Instituto de Pesquisa e Planejamento do Município – IPLAM (Org. Gest.). São Luís, 2003. 72p.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **Projetos e Ações – Ecopontos**. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/projetos.asp?id_projeto=32>. Acesso em: 28 de novembro de 2019.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **São Luís: uma leitura da cidade**. Instituto de Pesquisa e Planificação da Cidade. São Luís: Instituto da Cidade, 2006. Disponível em: <<https://www.agenciasaoluis.com.br/site/legislacao-urbanistica-saoluis/1847>>. Acesso em: 28 de dezembro de 2019.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **São Luís em Dados: PPA 2014-2017**. Instituto da Cidade, São Luís, 2013a. Disponível em: <<https://www.agenciasaoluis.com.br/site/arquivodacidade/2227>>. Acesso em: 28 de novembro de 2019.

PRINCE GEORGE’S COUNTY. **Low Impact Development Design Strategies: An integrated approach**. Department of Environmental Resources Programs and Planning Divisions. Prince Georges’s County, Maryland, 1999. Disponível em: <<https://docplayer.net/350099-Low-impact-development-design-strategies-an-integrated-design-approach.html>>. Acesso em: 01 de novembro de 2019.

SALGADO NETO, José Bello. **O caos urbano e os manguezais de São Luís**. Aspectos Urbanos de São Luís: uma abordagem multidisciplinar. São Luís: EdUEMA, 2012. Coleção São Luís 400 anos. 167-204p.

SALGADO NETO, José Bello. **Riscos e políticas públicas do habitat nos manguezais em São Luís do Maranhão**. Maranhão: UEMA, 2015. 286p.

SARTÉ, S. B. **Sustainable Infrastructure: The guide to green engineering and design**. 1º ed. Estados Unidos: Wiley, 2010.

SCHALCHER, Lucas Franco Correa. **ANALISE DA MACRODRENAGEM URBANA: um estudo de caso do Canal do Portinho em São Luís – MA**. Trabalho de Conclusão de Curso do Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Maranhão. São Luís. 2018. 62f.

SILVA, L. O. da (1991). “A organização do espaço construído e qualidade ambiental: o caso da cidade de São Paulo”. In: GRIMBERG, E. (org.). **Ambiente urbano e qualidade de vida**. São Paulo, Pólis. Disponível em: <<https://www.polis.org.br/uploads/920/920.pdf>>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

SILVA, Lucia Sousa e; TRAVASSOS, Luciana. **PROBLEMAS AMBIENTAIS URBANOS: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas**. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/metropole/article/view/8708/6459>>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

SILVA, Ricardo Toledo; PORTO, Monica Ferreira do Amaral. **Gestão Urbana e gestão das águas: caminhos da integração**. Revista Estudos Avançados, v. 17, n.47, São Paulo, 2003. 9p. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142003000100007&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. **DRENAGEM URBANA: aspectos de gestão**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/9309683-Drenagem-urbana-aspectos-de-gestao-gestores-regionais-de-recursos-hidricos-curso-preparado-por.html>>. Acesso em: 06 de outubro de 2019.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. Iniciativas Inspiradoras. **Controle de Inundações, Programa Ruas Verdes de Portland - EUA**. 2013a. Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/saneamento/revitalizacao-de-ruas-em-portland-eua/>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Projeto Técnicos – Reservatórios de Detenção**. 2013b. Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/saneamento/reservatorios-de-detencao/>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

SOUZA, Graziella Martinez; ROMUALDO, Sanderson dos Santos. **INUNDAÇÕES URBANAS: A Percepção Sobre A Problemática Socioambiental Pela Comunidade Do Bairro Jardim Natal – Juiz De Fora (Mg)**. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa, 06 a 10/07/2009. Disponível em:

<http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/038.pdf>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

SOUZA, Sanadja de Medeiros. **O clima de São Luís e as estratégias sustentáveis ambientais**. Aspectos Urbanos de São Luís: uma abordagem multidisciplinar. São Luís: EdUEMA, 2012. Coleção São Luís 400 anos. 224-235p.

STORMWATER PARTNERS. **Bacias de Infiltração**. Disponível em: <<https://www.stormwaterpartners.com/facilities-infiltration-basin>>. Acesso em: 22 de novembro de 2019.

TAM, LAURA. **Restoring San Francisco's Urban Watersheds**. SPUR, 2013. Disponível em: <<https://www.spur.org/news/2013-05-23/restoring-san-francisco-s-urban-watersheds>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

TEREZA, Sílvia. **Forte Chuva causa prejuízos na região metropolitana de São Luís**. 2019. Disponível em: <<https://silviatereza.com.br/forte-chuva-causa-prejuizos-na-regiao-metropolitana-de-sao-luis/>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.

TRATA BRASIL. **Perdas de Água 2018 (SNIS 2016): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do Saneamento básico**. GO Associados, São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, 22 (63), 97-112, 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>>. Acesso em: 18 de setembro de 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Água no Meio Urbano**. Livro água Doce, 1997. 40p. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outras_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguanomeio%20urbano.pdf. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, v. 7, n. 1, p. 5-27, Jan/Março 2002. Disponível em:

<<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=99&SUMARIO=1583>>.

Acesso em: 21 de outubro de 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. 54 p. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274_pt.pdf>.

Acesso em: 19 de agosto de 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão das águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnerchip – Wolrd Bank – Unesco 2005. Disponível em: <https://labgeologiaambiental.jatai.ufg.br/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluvia is__.PDF?1370615799. <https://docplayer.com.br/3525943-Gestao-de-aguas-pluviais-urbanas-carlos-e-m-tucci.html>>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de águas Pluviais Urbanas/** Carlos E. M. Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership – Wolrd Bank – Unesco, 2005. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/3525943-Gestao-de-aguas-pluviais-urbanas-carlos-e-m-tucci.html>>. Acesso em: 19 de agosto de 2019.

TV MIRANTE. **Água da maré transborda e invade casas e ruas na ilha de São Luís**. São Luís, 2019a. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv-2edicao/videos/t/edicoes/v/agua-da-mare-transborda-e-invade-casas-e-ruas-na-ilha-de-sao-luis/7475667/>>. Acesso em: 03 de novembro de 2019.

TV MIRANTE. **Chuvas no entorno do mercado Central evidenciam antigos problemas**. São Luís, 2019b. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv-2edicao/videos/t/edicoes/v/chuvas-no-entorno-do-mercado-central-evidenciam-antigos-problemas/7485289/>>. Acesso em: 03 de novembro de 2019.

TV MIRANTE. **Forte chuva provoca vários alagamentos em São Luís**. São Luís, 2018. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv-2edicao/videos/t/edicoes/v/forte-chuva-provoca-varios-alagamentos-em-sao-luis/7226515/>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.

TV MIRANTE. **Fortes chuvas causam estragos e transtornos em várias regiões da grande São Luís**. São Luís, 2019c. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv-2edicao/videos/t/edicoes/v/fortes-chuvas->

causam-estragos-e-transtornos-em-varias-regioes-da-grande-sao-luis/7485023/>. Acesso em: 03 dezembro de 2019.

TV MIRANTE. **Temporal que caiu na madrugada causa prejuízos na capital.** São Luís, 2019d. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv-2edicao/videos/t/edicoes/v/temporal-que-caiu-na-madrugada-causa-prejuizos-na-capital/7383092/>>. Acesso em: 03 de novembro de 2019.

VIVA DECORA. **Piso Intertravado: +31 Modelos Práticos e Modernos.** 2018. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/revista/piso-intertravado/>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.



REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL
TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO
<http://repositorio.uema.br/>

1 DADOS DO AUTOR

Nome: Gabriela Silva de Oliveira.

Curso/departamento: Arquitetura e Urbanismo. CPF: 051.593.483-60.

E-mail: gabrieladeoliveira.au@gmail.com Telefone: (98) 98180-8168

2 IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Tipo de documento:

(X) Monografia de graduação () Monografia de especialização () Dissertação () Tese
() Livros () Artigo de periódico () Outro, informar qual: _____

Título do documento: ÁGUAS URBANAS E QUESTÕES SIGNIFICATIVAS NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO: Estudo de caso para situações de alagamentos, enchentes e inundações em São Luís, Maranhão.

Local: São Luís, Maranhão. Ano: 2019.

Orientadora: Nadia Freitas Rodrigues.

Co-orientador: José Bello Salgado Neto.

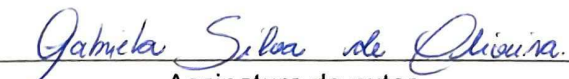
3 ESPECIFICAÇÕES PARA LIBERAÇÃO ON LINE

- a) Liberação imediata (X)
- b) Liberação a partir de 1 ano ()
- c) Liberação a partir de 2 anos ()
- d) No aguardo do registro de patente ()

4 PERMISSÃO DE ACESSO

Na qualidade de titular dos direitos autorais do trabalho acima citado, **autorizo** a Biblioteca Digital da Universidade Estadual do Maranhão a disponibilizar gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, o referido documento de minha autoria, em formato PDF, para leitura, impressão e/ou download, conforme permissão assinalada.

São Luís, 15 de abril de 2021.


Assinatura do autor