

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

CRISTIANE ARAUJO MOREIRA LIMA

**DRENAGEM URBANA DE SÃO LUÍS: Aspectos gerais da micro e
macro drenagem e seu gerenciamento**

São Luís
2015

CRISTIANE ARAUJO MOREIRA LIMA

**DRENAGEM URBANA DE SÃO LUÍS: Aspectos gerais da micro e
macro drenagem e seu gerenciamento**

Monografia apresentada junto ao curso de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Estadual do Maranhão - UEMA para a obtenção
do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo

Orientador: Prof. Dr. José Bello Salgado Neto

São Luís
2015

CRISTIANE ARAUJO MOREIRA LIMA

**DRENAGEM URBANA DE SÃO LUÍS: Aspectos gerais da micro e
macro drenagem e seu gerenciamento**

Monografia apresentada junto ao curso de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade
Estadual do Maranhão - UEMA para a obtenção
do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo

Aprovado em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Bello Salgado Neto (Orientador)

Prof. Dra. Márcia Tereza Campos Marques (Examinadora)

Cynthia Helena da Silva Fonseca (Convidada)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pela formação, educação e apoio dados durante a vida que foram importantes para a concretização desta importante conquista. A Deus pela saúde e forças que me foram concedidas para que eu pudesse atingir meus objetivos e continuar progredindo mesmo em tempos difíceis. Aos amigos que contribuíram mesmo que indiretamente nessa conquista e em todos esses anos de curso me dando o apoio necessário.

Agradeço a todos os mestres que participaram da minha vida acadêmica, desde o período do colégio até a faculdade, cada um teve a sua contribuição de conhecimento que me foi necessária para concluir o curso de Arquitetura e Urbanismo, e em especial, agradeço ao Professor Salgado, que me orientou e auxiliou de maneira excelente durante a execução deste trabalho.

Por falar em contribuição de conhecimento, também devo agradecer a todos meus chefes nos diversos estágios que fiz ao longo dos anos, vocês me ajudaram a por em prática tudo aquilo que aprendi na teoria com os mestres do curso. À professora Sanadja que me deu a primeira oportunidade, às arquitetas Carol, Celina, Rafa e Lívia, tenho muito carinho por vocês, foi na Conceito Arquitetura que obtive a maior carga de experiência nesses anos e por fim ao pessoal da Cemar, que me ensinou os valores do trabalho em equipe e que “trabalhar sem parar” não precisa ser exaustivo, pode sim ser gratificante e divertido.

RESUMO

O crescimento da população de São Luis nos últimos anos não ocorreu de forma proporcional com o aumento da capacidade dos condutos de drenagem, dessa forma, os sistemas encontram-se sobrecarregados e como impactos temos as inundações, enchentes, deslizamentos, dentre outros. Nota-se também que a maioria das soluções em relação aos excessos do escoamento das águas pluviais são corretivas e de caráter emergencial apenas em trechos pontuais do sistema, sem considerá-lo como um todo. O presente trabalho aborda o gerenciamento da drenagem urbana, apresentando soluções para uma drenagem urbana sustentável que visa melhorar a qualidade de vida da população. Em São Luís especificamente é realizada uma leitura do cenário atual da drenagem urbana, mostrando a situação em que se encontram os sistemas de macro e microdrenagem.

Palavras Chave: drenagem urbana; sustentabilidade; infraestrutura urbana; Plano Diretor; planejamento urbano.

ABSTRACT

The growth of population in São Luís and the increase of the capacity of drainage conduits did not occur proportionally in the past years. As a result of that, the systems are overloaded and causing floods, landslides, among others. It is noticed that the majority of solutions related to the excess of rainwater flow are corrective and emergency only in specific parts of the system. This work investigates the management of urban drainage; it presents solutions for a sustainable urban drainage in order to improve the quality of life of the population. It is done a reading of the current scenario of the urban drainage specifically in São Luís showing the systems of macro and micro drainage.

Keywords: Urban Drainage; Sustainability; Urban infrastructure; Master plan; Urban planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Aqueduto Romano em Pont Du Gard, França.	12
Figura 2- Ilustração da galeria da Cloaca Máxima romana.	13
Figura 3-Ciclo hidrológico.....	15
Figura 4- Delimitação das Bacias Hidrográficas.....	16
Figura 5- Hidrograma de Chuvas	17
Figura 6 - Sistema de Microdrenagem	18
Figura 7 - Seção da Sarjeta.....	18
Figura 8 - Exemplos de boca de lobo	19
Figura 9 - Exemplo de canal retificado no Coroadinho, São Luís.....	20
Figura 10- Área de inundação natural do curso d'água.....	22
Figura 11- Mercado Central de São Luís durante a chuva do dia 15 de abril de 2015	23
Figura 12- Exemplos de pavimento poroso (com e sem grama)	25
Figura 13- Microrreservatório de águas pluviais.....	26
Figura 14- Exemplo de Bacia de Detenção	26
Figura 15- Exemplo de Bacia de Retenção aplicada à paisagem urbana	26
Figura 16- Inter-relação dos aspectos que envolvem a água no meio urbano	27
Figura 17 - Fases para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana	32
Figura 18 - Reservatório de detenção na Praça Celso Luft, Porto Alegre, RS	35
Figura 19 - Elevado da Cohama durante a chuva do dia 22 de março (à esquerda)	40
Figura 20 – Avenida Jerônimo de Albuquerque, próximo ao Cohafuma (à direita) ...	40
Figura 21 - Ruas do conjunto Bequimão durante a chuva do dia 19 de abril	41
Figura 22 - Avenida Quarto Centenário na manhã de 23 de março	41
Figura 23 - Carro submerso no bairro da Camboa.....	42
Figura 24 - Rua próxima à Praça João Lisboa	42
Figura 25 - Rua nas proximidades da Praça Maria Aragão.....	43
Figura 26 - Pedestres atravessando rua no Coroadinho	43
Figura 27 - Trecho da Avenida dos Africanos	44
Figura 28 – Avenida Edson Brandão (Anil) durante a chuva do dia 7 de março	44
Figura 29 - Rua do bairro Renascença II, dia 17 de abril	44
Figura 30 - Avenida 4 no Cohatrac, dia 17 de abril	45
Figura 31 - Trecho da Avenida dos Holandeses, dia 19 de fevereiro	45
Figura 32 - Curso Wellington Renascença, dia 16 de abril	46
Figura 33 - Trecho do canal revestido em concreto armado	51
Figura 34 - Trecho do canal revestido com gabião	52
Figura 35 - Residências próximas ao canal.....	52
Figura 36 - Unidades habitacionais em construção.....	53
Figura 37 - Encontro dos dois canais, Jambeiro à esquerda e Piancó à direita	54
Figura 38 - Trecho com a colocação de gabião	54
Figura 39 - Trecho do canal desviado	55
Figura 40 - Obras no canal em 2014.....	56
Figura 41 - Situação atual do canal.....	57

Figura 42 - Falta de laje sobre o canal no canteiro central.....	57
Figura 43 - Residências próximas ao canal.....	58
Figura 44 - Grande presença de lixo no canal.....	59
Figura 45 - Canal do Rio Gangan atualmente	60
Figura 46 - Assoreamento e lixo no canal	60
Figura 47 - Vegetação e dutos de drenagem no canal.....	61
Figura 48 - Enchente no estacionamento do shopping em 2014	62
Figura 49 - Vegetação presente no canal	62
Figura 50 - Canal do Cohatrac após chuva em 2013.....	63
Figura 51 - Vegetação e assoreamento no canal.....	64
Figura 52 - Extensão do canal.....	64

Mapa 1 - Assentamentos precários (em vermelho) em áreas restritas à ocupação ..	37
Mapa 2 - Mapa das Bacias Hidrográficas de São Luís.....	38
Mapa 3 - Mapa de pontos de alagamento	39
Mapa 4 - Área utilizada para cálculo marcado em vermelho.....	46
Mapa 5 - Mapa com localização dos canais.....	49
Mapa 6 - Canal do Rio das Bicas marcado em azul.....	51
Mapa 7 - Canais do Piancó e Jambeiro	53
Mapa 8 - Canal do Portinho.....	56
Mapa 9 - Localização do canal do Coroado	58
Mapa 10 - Localização do Canal do Rio Gangan	59
Mapa 11 - Localização do Canal do Renascença	61
Mapa 12 - Localização do canal do Cohatrac/Cohab.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	GERAL	11
1.1.2	ESPECÍFICOS	11
2	DRENAGEM URBANA NO CONTEXTO DAS CIDADES	12
2.1	UM BREVE HISTÓRICO DA DREANGEM URBANA NO MUNDO ...	12
2.2	PRINCIPAIS CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	14
2.3	GERENCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA	21
2.3.1	IMPACTOS DO GERENCIAMENTO.....	21
2.3.2	MEDIDAS DE CONTROLE	23
2.3.3	LEGISLAÇÕES	28
3	PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA	30
3.1	METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO	32
3.2	EXPERIÊNCIAS EM OUTRAS CIDADES.....	34
4	ASPECTOS GERAIS DA DRENAGEM URBANA DE SÃO LUÍS	36
4.1	A MICRODRENAGEM URBANA	38
4.2	A MACRODRENAGEM URBANA	48
4.2.1	CANAL DO RIO DAS BICAS.....	50
4.2.2	CANAL DO PIANCÓ E JAMBEIRO.....	53
4.2.3	CANAL DO PORTINHO	55
4.2.4	CANAL DO COROADO.....	57
4.2.5	CANAL DO RIO GANGAN	59
4.2.6	CANAL DO RENASCENÇA	61
4.2.7	CANAL DO COHATRAC/COHAB	63
4.3	PROJETOS FUTUROS.....	65
5	CONCLUSÃO	67
6	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

São Luis, que há muito tempo deixou de ser considerada uma capital pequena, hoje, com mais de um milhão de habitantes e com a intensa urbanização, é assolada com os mesmos impactos que as grandes metrópoles quando o assunto é a água no meio urbano.

Segundo Tucci (2002), alguns dos impactos devido à urbanização são as inundações, o aumento da temperatura decorrente da grande quantidade de superfícies impermeáveis (as chamadas “ilhas de calor”) e o aumento de sedimentos e material sólido no leito dos rios, canais e na rede de microdrenagem, devido à disposição em locais inadequados de resíduos sólidos (lixo) pela população. Outro quesito que merece atenção é a ocupação de áreas ribeirinhas, algo comum na maioria das cidades, normalmente por parte da população carente, locais como esses certas vezes insalubres, onde as condições de saneamento são praticamente inexistentes, expõe os moradores desde doenças de veiculação hídrica até enchentes e deslizamentos de terra, que envolve tanto perdas materiais como humanas.

Apesar das grandes obras de macrodrenagem realizadas nos últimos anos, é possível observar no período chuvoso vários pontos de alagamento na cidade, sendo que alguns desses locais alagam todos os anos e o problema não foi sanado até então. O que leva a crer que estes condutos de drenagem encontram-se sobrecarregados ou com falta de manutenção, mesmo se tratando de obras relativamente novas.

Tanto em São Luís como em outras cidades, nota-se que a maioria das soluções em relação aos excessos do escoamento das águas pluviais são corretivas e de caráter emergencial, principalmente quando envolve alguma catástrofe com perda de vidas, e essas melhorias são feitas apenas em trechos pontuais do sistema, sem considerá-lo como um todo, priorizando as medidas estruturais e de alto custo em detrimento das medidas não estruturais e de controle.

Cidades como Porto Alegre, Guarulhos e Belo Horizonte definiram diretrizes específicas em seus Planos Diretores a respeito da drenagem urbana ou mesmo adotaram o Plano Diretor de Drenagem Urbana, ele vem servindo como instrumento para orientar e regulamentar a gestão da água no ambiente urbano, visando a melhoria da qualidade de vida da população através da implantação de

medidas sustentáveis no sistema de drenagem urbana como forma de minimizar os impactos decorrentes das inundações.

Tendo em vista os problemas encontrados na cidade, principalmente por conta das grandes precipitações pluviométricas, torna-se necessário a adoção de um Plano como esse como meio de mitigar os impactos oriundos das inundações. De acordo com o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico de São Luís - PMISB (PREFEITURA DE SÃO LUÍS, 2011, p.38) o Plano Diretor de Drenagem Urbana está em fase de elaboração, e estava elencada como meta de caráter emergencial, com o prazo de um ano para ser cumprida. Entretanto, quase quatro anos se passaram e o Plano ainda não encontra-se finalizado.

Uma cidade que funciona de maneira ideal precisa mais do que um conjunto de grandes obras, é necessário antes de tudo, um planejamento urbano de qualidade, observando as particularidades do município em questão, para que assim seja possível chegar a melhor solução dos problemas.

Portanto, este trabalho busca estudar e apresentar a situação da infraestrutura urbana na nossa capital, com foco na temática da drenagem urbana. A proposta não é elaborar um Plano Diretor de Drenagem Urbana, e sim demonstrar a sua importância como alternativa no gerenciamento do manejo de águas pluviais, a fim de atenuar os problemas existentes no cenário atual.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

De forma geral intenta-se realizar uma leitura da situação atual de maneira parcial da drenagem urbana de São Luís, caracterizando as redes de macrodrenagem e microdrenagem.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- Identificar os pontos sujeitos às grandes inundações urbanas;
- Analisar as causas geradoras dos problemas identificados;
- Identificar e estudar as legislações pertinentes ao tema;
- Estudar sobre soluções de drenagem sustentável;
- Apresentar um estudo de caso acerca da macro e microdrenagem urbana de São Luís a partir dos dados coletados.

2 DRENAGEM URBANA NO CONTEXTO DAS CIDADES

2.1 UM BREVE HISTÓRICO DA DREANGEM URBANA NO MUNDO

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. E ao passo que a proximidade com o rio ou lago era uma vantagem, o controle de inundações, o escoamento das águas servidas e pluviais tornaram-se necessários no planejamento do meio urbano. Apesar de Matos (2003) referir-se que o sistema de drenagem na época não era considerado como infraestrutura primordial no planejamento do núcleo urbano, é possível notar sua existência mesmo que de forma simples nas antigas civilizações.

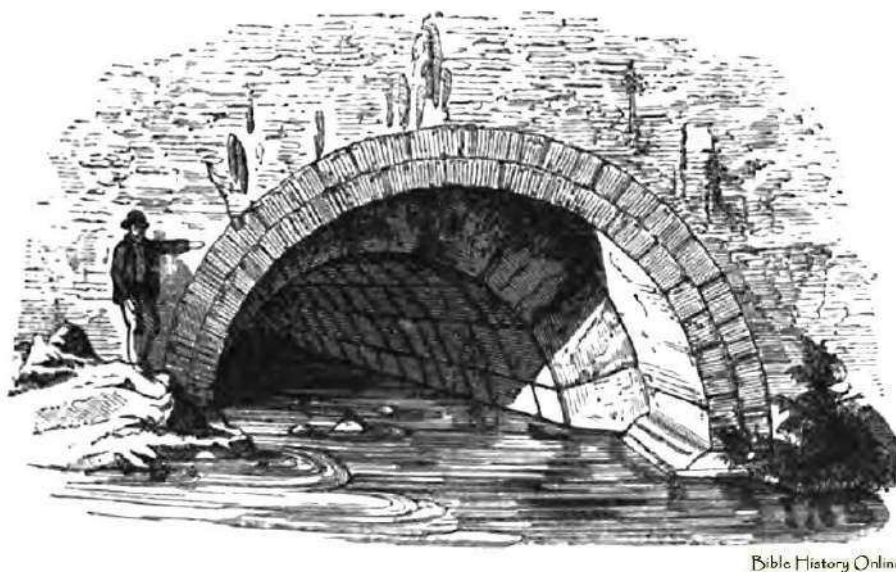
Como exemplo o sistema desenvolvido pelos povos da Mesopotâmia por volta de 2500 a.C., que consistiam em valas e sarjetas ao céu aberto que cortavam a cidade, adaptando-se à topografia e destinava as águas superficiais para os coletores. Todavia, é no Império Romano que se tem conhecimento da realização de grandes obras de drenagem e abastecimento de água. Dentre as construções destacam-se os Aquedutos (Figura 1) no sistema de abastecimento de água e a Cloaca Máxima (Figura 2) como condutor de drenagem de águas pluviais e esgoto (MATOS, 2003, p.14).

Figura 1- Aqueduto Romano em Pont Du Gard, França.



Fonte: ECV Instalações, 2015.

Figura 2- Ilustração da galeria da Cloaca Máxima romana.



Fonte: Aquafluxus, 2014.

Ainda com base nas informações do autor supracitado, com o declínio do Império e as invasões bárbaras na Idade Média, pode-se dizer que houve uma espécie de regressão em termos de higiene urbana. Nem todas as cidades preservaram sua herança romana, de modo que começaram a crescer de forma desordenada, irregular e com falta de pavimentação em alguns locais, dificultando assim o manejo das águas residuais. Outro problema era a própria falta de higiene e limpeza dos cidadãos, que lançavam seus dejetos nas ruas ou em valas a céu aberto. Latrinas e fossas particulares era privilégio apenas de algumas residências mais abastadas.

Esse modo de vida só veio a melhorar entre o século XVIII e XIX, quando se constatou que a falta de salubridade do meio acarretava na proliferação de doenças, então 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. A salubridade dentro da cidade melhorou, por outro lado as doenças de veiculação hídrica permaneceram, visto que o esgoto era lançado diretamente nos mananciais sem nenhum tratamento prévio, contribuindo para a perda da qualidade da água para consumo. A maneira para solucionar esses problemas foi a adoção de um sistema de separação absoluto, que no Brasil, foi utilizado pelo engenheiro fluminense Saturnino de Brito

na cidade de Santos no final do século XIX. A partir daí ficou determinado como regra a separação das redes de drenagem pluvial e de coleta de esgoto cloacal nas cidades brasileiras (SILVEIRA, 2002, p.8). Contudo, o sistema unitário ainda é decorrente no país, ele acontece através de ligações clandestinas, com o lançamento do esgoto *in natura* nos sistemas de drenagem, córregos e até mesmo nas ruas.

Atualmente, o conceito higienista passa por uma reflexão, pois mesmo concordando que a água da chuva circulante nas ruas e nos lotes deve ser manejada para evitar desconfortos, a rapidez com que ela é transportada é que preocupa, pois do ponto de vista ecológico o ciclo hidrológico é afetado, acarretando problemas ambientais, tendo em vista que essa prática só direciona a inundação de um ponto para o outro. O que se busca é uma cidade sustentável a partir do equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a preservação do meio ambiente.

O conceito higienista predominou neste século no mundo inteiro mas o fim da sua história já foi decretada nos anos 60, nos países desenvolvidos, quando a consciência ecológica expôs suas limitações para levar em conta os conflitos ambientais entre as cidades e o ciclo hidrológico. [...] Nascia o conceito ambiental aplicado à drenagem urbana que fez com que os ícones das soluções higienistas deixassem de reinar sozinhos, ou seja, o rol de obras tradicionais como condutos, sarjetas, bocas-de-lobo, arrios retificados, entre outras, teria de ser ampliado para admitir soluções alternativas e complementares à evacuação rápida dos excessos pluviais, dentro de um contexto de preservação ambiental (TUCCI e GENZ, 1995 apud SILVEIRA, 2002, p.8).

Entretanto, a adoção de uma drenagem urbana sustentável no país ainda encontra certas dificuldades, uma das principais é a falta de integração dos sistemas que envolvem a água no meio urbano de maneira direta ou indireta, como a própria drenagem e controle de inundações, abastecimento de água e coleta de esgoto, e resíduos sólidos. O crescimento desordenado das cidades, com o surgimento de aglomerados subnormais em áreas de preservação ambiental que possuem pouco ou nenhum saneamento básico atrapalha diretamente no gerenciamento de um sistema sustentável.

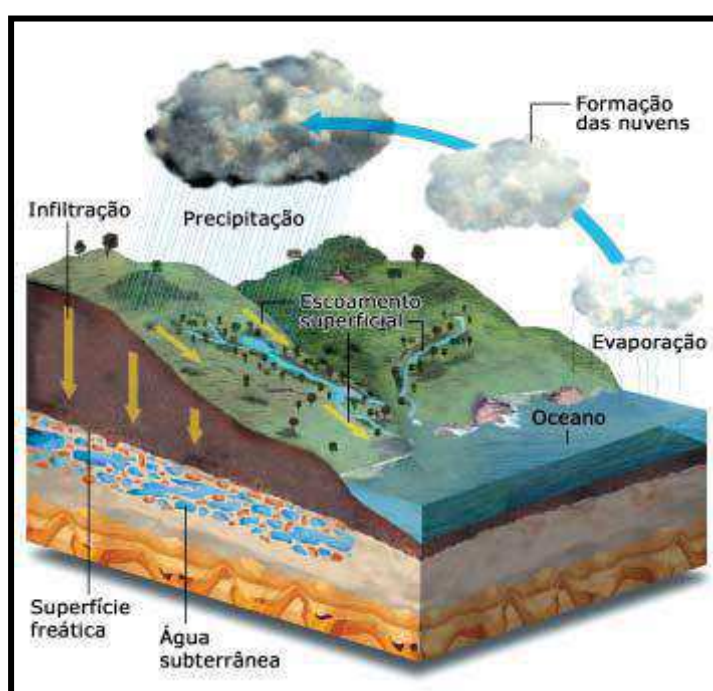
2.2 PRINCIPAIS CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Neste capítulo serão apresentados conceitos a respeito da drenagem urbana e aqueles que interferem em seu desempenho, para um melhor entendimento do desenvolvimento do presente trabalho.

Antes de partir para a definição de drenagem é preciso compreender o fluxo da água no planeta através do Ciclo Hidrológico e como ela se comporta na superfície terrestre, ou seja, nas Bacias Hidrográficas.

De acordo com 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 terrestres. A imagem a seguir ilustra esse processo (figura 3):

Figura 3-Ciclo hidrológico.

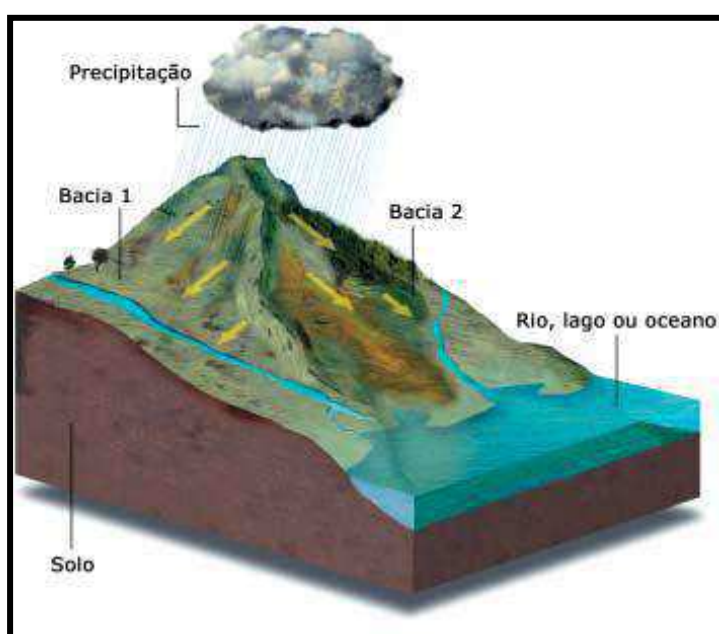


Fonte: PINTO e PINHEIRO, 2006

Partindo do processo de evaporação da água dos oceanos e do solo para a atmosfera, vão se formando nuvens e quando o volume de vapor d'água nessa nuvem atinge um determinado nível, ocorre a precipitação pluviométrica (chuva). Daí a água da chuva tem dois caminhos a seguir, a infiltração no solo, que por sua vez vai abastecer os lençóis freáticos e aquíferos, o excesso de água que não foi infiltrado segue pelo escoamento superficial, direcionado pela gravidade para as cotas mais baixas até as bacias hidrográficas e por fim chegando ao oceano para sofrer novamente a evaporação, fechando o ciclo. Nota-se que a cobertura vegetal além de proteger o solo das erosões, aumenta a capacidade de infiltração da água no solo, sendo assim, menores as chances de ocorrerem inundações.

Entende-se por Bacia Hidrográfica um conjunto de terras drenadas por um curso d'água principal e seus afluentes. “A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório” (SILVEIRA, 2002, p.11). A água segue o fluxo de montante (trecho de onde vem o escoamento) para jusante (trecho por onde o fluxo esco). As cotas mais altas do relevo definem o caminho que a água percorre durante as precipitações e o formato da bacia e sub-bacias, como mostrado na Figura 4.

Figura 4- Delimitação das Bacias Hidrográficas.

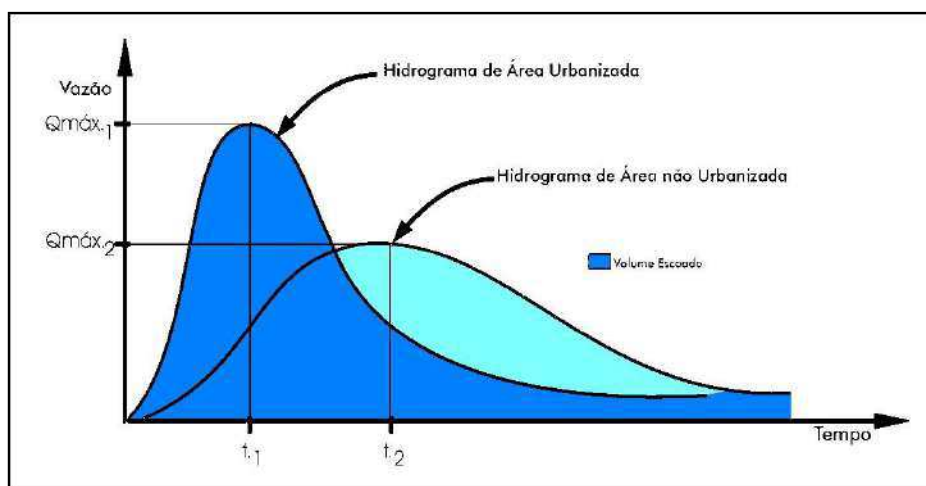


Fonte: PINTO e PINHEIRO, 2006.

O nível de urbanização no entorno da bacia influencia no sistema de drenagem, pois quanto mais urbanizada, maior a impermeabilização do solo, gerando o aumento do escoamento superficial da água chuva nos condutos de drenagem, e quando estes não são bem calculados ou encontram-se obstruídos, as chances de ocorrerem inundações são maiores. Enquanto que em áreas não urbanizadas e com maior cobertura vegetal a infiltração da água no solo é facilitada, de forma que o escoamento superficial torna-se menor, portanto, menores os riscos de inundação. É possível entender esse fenômeno através do Hidrograma de Chuvas de áreas urbanizadas e não urbanizadas (Figura 5). Tucci (1995) explica que em áreas urbanizadas a vazão máxima (Q_{max1}) é aumentada devido ao grande volume de água escoado superficialmente, já o tempo de concentração (t_1) – tempo

necessário para que a chuva que cai no ponto mais afastado da bacia chegue ao ponto de drenagem – diminui de maneira considerável, percebe-se então que a curva é mais acentuada. Enquanto que em áreas não urbanizadas, a curva é mais suave, pois a vazão ($Q_{\max 2}$) é menor, tendo em vista que a água da chuva infiltra no solo e o tempo de concentração (t_2) é maior.

Figura 5- Hidrograma de Chuvas



Fonte: TUCCI, 1995.

“Drenagem é o termo dado ao sistema natural ou artificial condutor de águas pluviais ou subterrâneas para fora de uma determinada área” (ZUFFO, 2007 apud CARNEIRO, 2014, p. 07). Trata-se então de medidas utilizadas para o escoamento das águas residuais, com o objetivo de atenuar os riscos e desconfortos à população gerados pelas enchentes e/ou inundações.

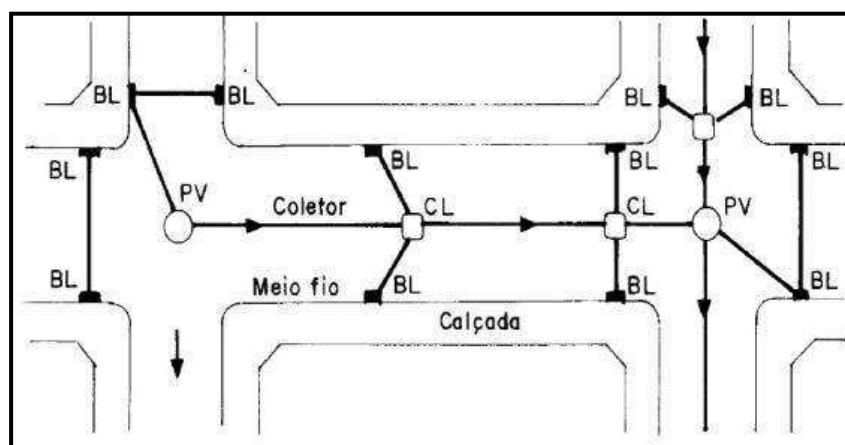
Quando se trata de uma bacia não urbanizada, essa expulsão das águas da chuva ocorre de maneira mais facilitada, como em áreas rurais, por exemplo. Entretanto, quando o cenário em questão é uma cidade, e a bacia encontra-se parcialmente ou totalmente urbanizada, o escoamento é feito através das redes de microdrenagem e macrodrenagem.

Com base em informações de PINTO e PINHEIRO (2006), o sistema de microdrenagem tem como papel conduzir as águas do escoamento superficial por intermédio das sarjetas, meio fio, bocas de lobo, condutos e poços de visita para a rede de macrodrenagem, que por sua vez são responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais. O escoamento final pode ser natural (talwegues, fundos de vale e cursos d’água) ou construído (galerias ou canais urbanos). “A macrodrenagem envolve áreas de pelo menos 2 Km² ou 200 ha. Estes valores não devem ser

tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações” (TUCCI, 2003, p. 50).

Os dispositivos de microdrenagem estão em nível de loteamento e seguem basicamente o caminho do sistema viário. Bidone e Tucci (1995) *apud* Silveira (2002, p.25) definem que o sistema clássico de microdrenagem (Figura 6) é composto por:

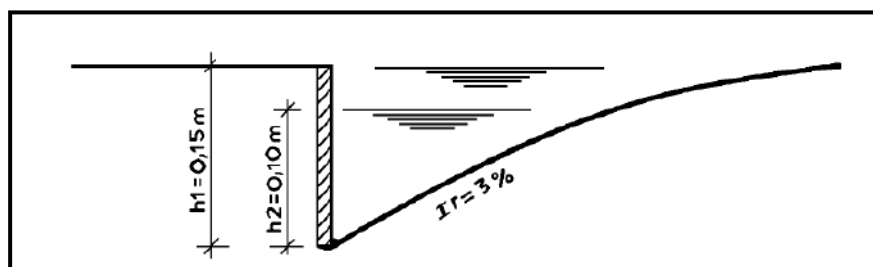
Figura 6 - Sistema de Microdrenagem



Fonte: TUCCI, 1995

- **Sarjetas:** faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam; (os meios-fios são elementos de pedra ou concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio (Figura 7);

Figura 7 - Seção da Sarjeta

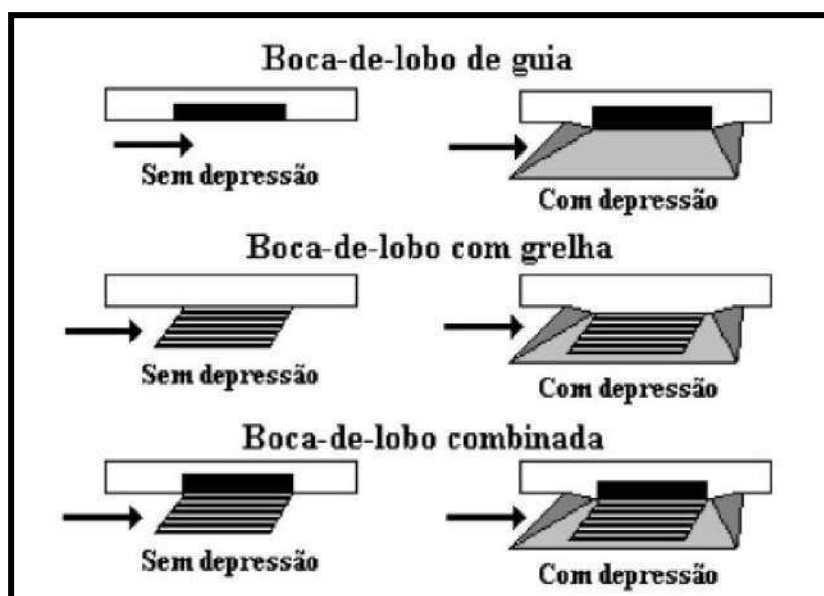


Fonte: TUCCI, 1995.

- **Sarjetões:** calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas;

- **Bocas de lobo:** dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação de águas pluviais das ruas; são locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento; espaçamento máximo de 60 m entre elas é recomendado caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta; a melhor solução para a instalação de bocas de lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas; não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes (figura 8).

Figura 8 - Exemplos de boca de lobo



Fonte: TUCCI, 1995.

- **Tubos de ligações:** são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita;
- **Galeria:** canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas; um trecho é a porção de galeria situada entre dois poços de visita; os diâmetros comerciais correntes são os seguintes: 0,30; 0,40;

0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 e 1,50 m; as galerias pluviais, sempre que possível, deverão ser lançadas sob os passeios;

- **Poço de Visita:** dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, declividade e diâmetro, reunião de vários coletores em cruzamento de ruas, além da inspeção e limpeza das canalizações; espaçamento de 120 a 180 m dependendo do diâmetro dos tubos.
- **Conduitos forçados:** obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas, de maneira segura e eficiente, com preenchimento da seção transversal;
- **Estações de bombeamento:** conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não mais houver condição de escoamento por gravidade, para um outro canal em nível mais elevado ou receptor final.

Como citado anteriormente, a macrodrenagem recebe o escoamento da microdrenagem e direciona o fluxo para os mananciais. Silveira (2002) destaca os dispositivos de macrodrenagem:

O rol clássico de obras de macrodrenagem constitui-se de retificação e ampliação das seções de canais naturais, construção de canais artificiais, grandes galerias, além de estruturas auxiliares para controle, dissipação de energia, amortecimento de picos, proteção contra erosões e assoreamento, travessias e estações de bombeamento (SILVEIRA, 2002, P.28).

A figura 9 adiante mostra um exemplo de canal retificado em São Luís, no bairro do Coroadinho.

Figura 9 - Exemplo de canal retificado no Coroadinho, São Luís



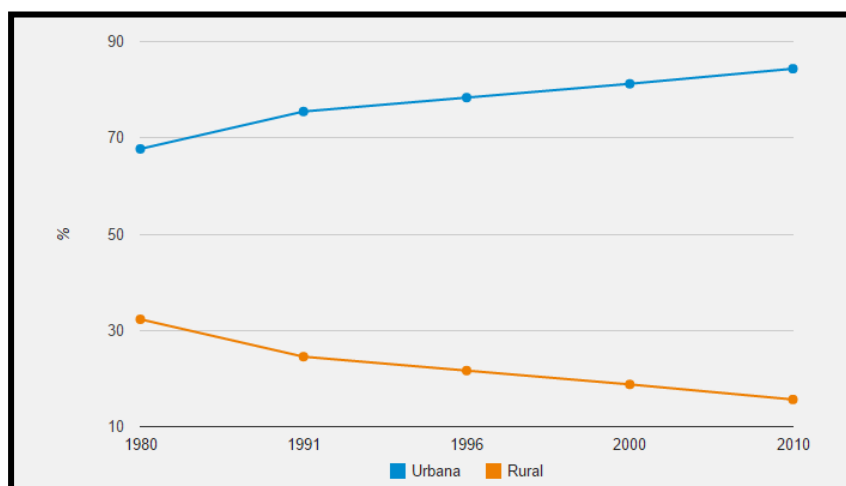
Fonte: Autora, 2015.

2.3 GERENCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA

2.3.1 IMPACTOS DO GERENCIAMENTO

Segundo dados do IBGE (2010), a população urbana no Brasil cresceu de 67,70% na década de 80 para 84,36% em 2010 (Gráfico 1). Esse aumento populacional nas cidades nos últimos tempos vem gerando sérios impactos no meio ambiente. Com uma fraca fiscalização, cada vez mais as pessoas ocupam áreas de preservação ambiental e próximas aos mananciais, descumprindo as regulamentações impostas pelo Plano Diretor e dificultando assim o gerenciamento de um sistema de saneamento básico de qualidade.

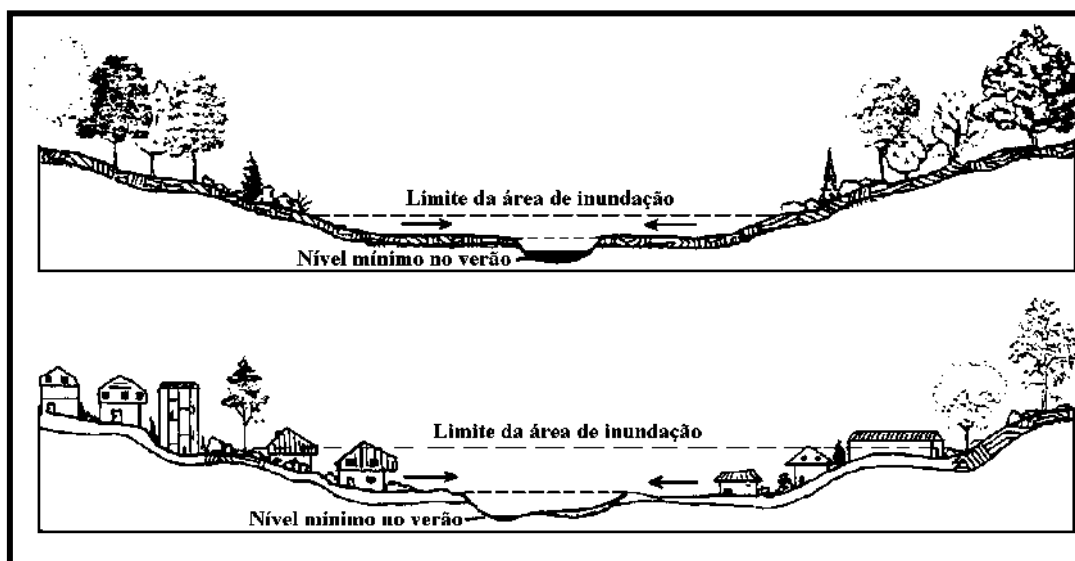
Gráfico 1- Distribuição percentual da população por situação de domicílio - Brasil - 1980 a 2010



Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1980, 1991, 2000 e 2010, e Contagem da População 1996.

Os principais impactos decorrentes do mau gerenciamento das redes de drenagem urbana são as enchentes de áreas ribeirinhas e as inundações urbanas. Estes dois conceitos, apesar de possuírem significados diferentes, podem ocorrer de forma combinada ou isolada. Deve-se entender a diferença entre enchentes e inundações. A enchente é um fenômeno natural, que ocorre quando o leito maior do rio é inundado (Figura 10). O rio possui dois leitos, um menor, por onde a água escoava normalmente e um maior, que inunda naturalmente devido às fortes precipitações ou por conta das variações de maré. Os transtornos nesse caso ocorrem por conta da ocupação das áreas de risco (leito maior) pela população (TUCCI, 2002, p.8).

Figura 10- Área de inundação natural do curso d'água



Fonte: Schueler, 1987 apud Tucci, 2005.

Já as inundações ocorrem devido à urbanização sem planejamento, agravada principalmente pela impermeabilização do solo. Em assentamentos irregulares próximos aos rios e córregos, a retirada da cobertura vegetal para a construção das casas diminui a permeabilidade natural e causa o assoreamento do curso d'água, potencializando esse fenômeno natural que é a elevação do nível do rio durante as chuvas, gerando riscos à população residente desses locais. Riscos esses como deslizamentos de terra e contração de doenças de veiculação hídrica por conta da água contaminada, devido à disposição inadequada do lixo, que é carregado durante a enxurrada, além de ligações clandestinas de esgoto, lançando o material *in natura* nos cursos d'água. Entretanto, as inundações não se restringem apenas nessas áreas, o resto da cidade também é afetado com essa crescente impermeabilização do solo, pois os picos de vazão são atingidos em um período muito curto, e quando a rede de microdrenagem não é devidamente calculada ou encontra-se obstruída também devido ao depósito de resíduos sólidos em locais inadequados, cenários como esse tendem a se repetir no período chuvoso (Figura 11).

Figura 11- Mercado Central de São Luís durante a chuva do dia 15 de abril de 2015



Fonte: Autor desconhecido.

2.3.2 MEDIDAS DE CONTROLE

Para se evitar ou amenizar os transtornos decorrentes das inundações urbanas deve-se implantar medidas de controle, que podem ser estruturais, não estruturais e de controle na fonte.

- **Estruturais:** diz respeito às obras de macro e microdrenagem que modificam o sistema pluvial (citados no capítulo 2.2), como modo de evitar e/ou prevenir os impactos oriundos das inundações.
- **Não estruturais:** são de controle e visam a melhor qualidade de vida da população em relação às enchentes, instituindo normas, regulamentações e programas como o disciplinamento do uso do solo, manuais de drenagem urbana e programas de educação socioambiental para a população.
- **Controle na fonte:** diferente das medidas estruturais, que visam o escoamento rápido das águas residuais para jusante, propõem a redução ou retenção do escoamento, de modo a evitar o extravazamento dos sistemas de drenagem tradicionais e reduzir os impactos à jusante. Os dispositivos de controle podem ser de *armazenamento* - tem como objetivo a retenção do escoamento, para que depois ele seja liberado de forma mais lenta ao destino

final- e *infiltração* – promovem a absorção pelo solo para a redução do escoamento pluvial (SILVEIRA, 2002, p.28).

A seguir (Tabela 1) podemos ver as principais medidas de controle na fonte:

Tabela 1- Lista de Obras de Controle na Fonte.

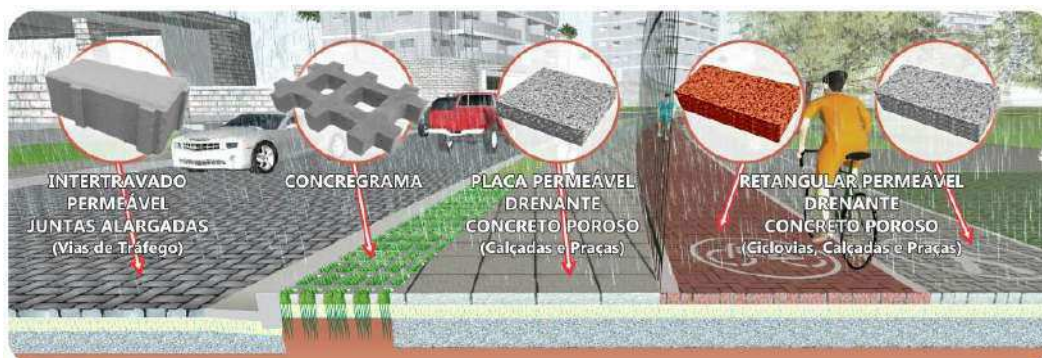
Obra	Característica Principal	Função	Efeito
Pavimento Poroso	Pavimento com camada de base porosa como reservatório	Armazenamento temporário da chuva no local do próprio pavimento. Áreas externas ao pavimento podem também contribuir.	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado pelo pavimento e por eventuais áreas externas
Trincheira de Infiltração	Reservatório linear escavado no solo preenchido com material poroso	Infiltração no solo ou retenção, de forma concentrada e linear, da água da chuva caída em superfície limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área adjacente
Vala de Infiltração	Depressões lineares em terreno permeável	Infiltração no solo, ou retenção, no leito da vala, da chuva caída em áreas marginais	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área vizinha
Poço de Infiltração	Reservatório vertical e pontual escavado no solo	Infiltração pontual, na camada não saturada e/ou saturada do solo, da chuva caída em área limítrofe	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado na área contribuinte ao poço
Microrreservatório	Reservatório de pequenas dimensões tipo 'caixa d'água' residencial	Armazenamento temporário do esgotamento pluvial de áreas impermeabilizadas próximas	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas
Telhado Reservatório	Telhado com função reservatório	Armazenamento temporário da chuva no telhado da	Retardo do escoamento pluvial da própria edificação

		edificação	
Bacia de Detenção	Reservatório vazio (seco)	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia de Retenção	Reservatório com água permanente	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia Subterrânea	Reservatório coberto, abaixo do nível do solo	Armazenamento temporário do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Condutos de Armazenamento	Condutos e dispositivos com função de armazenamento	Armazenamento temporário do escoamento no próprio sistema pluvial	Amortecimento do escoamento afluente à macrodrenagem
Faixas Gramadas	Faixas de terreno marginais a corpos d'água	Áreas de escape para enchentes	Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais

Fonte: Silveira, 2002

As figuras 12, 13, 14 e 15 ilustram alguns dos dispositivos citados anteriormente.

Figura 12- Exemplos de pavimento poroso (com e sem grama)



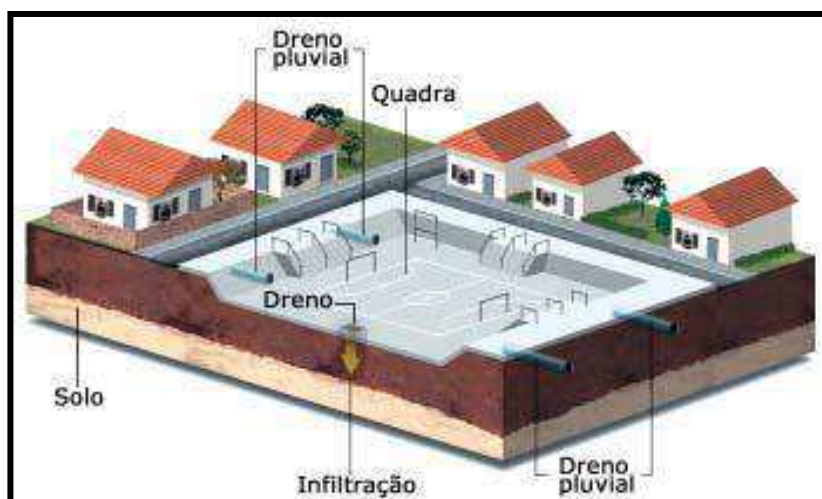
Fonte: Oterprem, 2015

Figura 13- Microrreservatório de águas pluviais



Fonte: MARINS, 2006.

Figura 14- Exemplo de Bacia de Detenção



Fonte: PINTO e PINHEIRO, 2006

Figura 15- Exemplo de Bacia de Retenção aplicada à paisagem urbana



Fonte: PINTO e PINHEIRO, 2006.

Uma solução não elimina a outra, muito pelo contrário, as medidas de contenção somente funcionam de maneira satisfatória quando implementadas em

conjunto. Havendo sempre primeiro um estudo e planejamento, para que posteriormente se possam elencar as medidas mitigadoras para o controle das inundações. Todavia, é comum priorizarem as grandes obras de drenagem como solução emergencial no período chuvoso, por vezes depois da ocorrência de desastres, por motivos meramente políticos.

O gerenciamento atual não incentiva a prevenção destes problemas, já que à medida que ocorre a inundação o município declara calamidade pública e recebe recursos a fundo perdido e não necessita realizar concorrência pública para gastar. Como a maioria das soluções sustentáveis passam por medidas não estruturais que envolvem restrições à população, dificilmente um prefeito buscará este tipo de solução porque geralmente a população espera por uma obra. Enquanto que, para implementar as medidas não estruturais, ele teria que interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, o que politicamente é complexo a nível local (TUCCI, 2002, p. 09).

Uma reflexão precisa ser feita, pois o sistema de drenagem urbana não pode ser definido apenas como medidas e obras de controle de inundações, acima de tudo é um sistema de gestão da infraestrutura urbana. Canholi (2005) aponta que a solução para os problemas de drenagem não reside apenas na elaboração de um Plano de Drenagem de forma isolada, e sim numa visão integrada dos sistemas de saneamento básico (abastecimento de água e coleta de esgoto), planejamento e uso do solo, resíduos sólidos, transportes (sistema viário) e controle ambiental.

Figura 16- Inter-relação dos aspectos que envolvem a água no meio urbano



Fonte: TUCCI, 2002

Na figura (16) acima podemos notar os aspectos relativos a água no meio urbano. Quando estes são tratados de forma setorial, provavelmente resultarão em prejuízos para o meio ambiente e os moradores da cidade.

Essas relações funcionam como um ciclo, pois a qualidade da água para abastecimento depende de um bom funcionamento das redes de esgoto cloacal, tendo em vista que o seu lançamento sem o tratamento adequado em um manancial de abastecimento prejudica a qualidade da água. Os resíduos sólidos depositados em locais inadequados também afetam os aspectos de qualidade, pois estes são carregados durante as enxurradas pelos dispositivos de drenagem, além do que também impedem o bom funcionamento desses dispositivos, entupindo bocas de lobo, galerias e assoreando canais, por exemplo.

2.3.3 LEGISLAÇÕES

Segundo Tucci (2002), as legislações que envolvem a drenagem urbana e o controle de inundações estão relacionadas com recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental.

Na esfera Federal, a Carta Magna de 88 estabelece o domínio dos rios por meio de legislação de recursos hídricos, instituindo os conceitos primários da gestão de bacias hidrográficas, as mesmas podem ser tanto de domínio federal quanto estadual. Por outro lado, existem marcos regulatórios estaduais de recursos hídricos que estabelecem critérios para a outorga do uso da água, no entanto, **não legislam sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem**. Ou seja, mesmo sendo estabelecidas normas e padrões a respeito da qualidade da água dos mananciais, não são definidas restrições quanto ao lançamento de efluentes urbanos nos cursos d'água (TUCCI, 2002, p.15, negrito nosso).

Quanto ao uso do solo, o Artigo 30 da Constituição Federal define o mesmo como responsabilidade do município. Entretanto, no que diz respeito ao uso do solo para a proteção ambiental, controle da poluição e a saúde e segurança públicas, o Estado e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento dos aspectos elencados. Assim, verifica-se que com relação à drenagem urbana, o meio ambiente e o controle da poluição, ocorrem interfaces nas esferas federal, estadual e municipal (TUCCI, 2002, p.15). O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651) define que a proteção da mata ciliar dos cursos d'água deve ser de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a

200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros. No entorno das nascentes a área protegida é de um raio de no mínimo 50 (cinquenta) metros (BRASIL, Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, 2012).

A Lei nº 6938/81 e Resolução CONAMA nº 237/97 estabelecem limites para a construção e operação de canais de drenagem, assim como, a Resolução CONAMA nº 1/86, art 2º, inciso VII institui a necessidade de licença ambiental para obras hidráulicas para drenagem (TUCCI, 2002, p.15).

Quando uma bacia hidrográfica é comum a dois ou mais municípios o ideal é que o gerenciamento seja feito no âmbito estadual, através de um Plano de Bacias, evitando que os impactos não sejam transferidos de um município para o outro. Entretanto, na falta de um Plano de Bacias, o gerenciamento ocorre por meio de legislação municipal para cada um dos municípios envolvidos, dificultando o gerenciamento da bacia como um todo.

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 são poucos os que contemplam os aspectos relativos à drenagem urbana e controle de inundações. É comum nas leis de uso e ocupação a restrição à ocupação de áreas verdes e próximas aos cursos d'água, porém isso só gera uma desobediência maior da lei, com a criação de assentamentos irregulares nestes locais. O cenário ideal não é apenas a restrição de uso, pois isso é configurado como confisco, e sim criando usos desses locais (pertinentes de acordo com a legislação) para o bem público (TUCCI, 2002, p.16).

Especificamente falando de São Luís, os aspectos relacionados de certa forma com a drenagem urbana constam no Código de Obras, Lei de Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação e no Plano Diretor, sendo que estes estão contidos na Legislação Urbanística Básica de São Luís.

Na Lei nº 033 de 11 de maio de 1976, que trata 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.

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, além de locais com cotas mais baixas que 5 metros, pois são passíveis de inundações pelas marés. Os afastamentos previstos para esses locais são os mesmos determinados pelo Código Florestal.

Já o Plano Diretor, Lei nº 4.669 de 11 de outubro de 2006, adicionou aspectos relativos ao macrozoneamento ambiental, item que não estava presente no Plano de 1992, que tem por objetivo identificar as áreas que carecem de proteção ambiental e a torna obrigatória a manutenção e preservação das suas características naturais. Dentro do capítulo de Política do Meio Ambiente, Paisagem e Saneamento Ambiental, mais precisamente dentro desta última, tem como objetivo: a) assegurar a proteção da saúde da população; b) manter o equilíbrio do meio ambiente urbano e rural, alcançando níveis crescentes de salubridade e promovendo a sustentabilidade ambiental do uso e da ocupação do solo e a melhoria crescente da qualidade de vida da população; e c) disciplinar o planejamento e a execução das ações, obras e serviços de saneamento ambiental do Município de São Luís

3 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

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. O Plano tem como fundamento o diagnóstico das redes de drenagem da cidade 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 (TUCCI, 2002, p. 18).

O objetivo é “criar mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionado com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade” (TUCCI, 2002, p. 20). Os aspectos relacionados ao uso do solo e meio ambiente estão contidos nos Planos Diretores dos municípios, haja vista que a

drenagem urbana tem relação direta com esses aspectos, o Plano Diretor de Drenagem Urbana deve ser um elemento do Plano Diretor Municipal.

Desse modo, o Plano visa o planejamento da distribuição das águas residuais no tempo e espaço, baseando-se através das tendências de ocupação do espaço urbano, e dessa forma, compatibilizando o desenvolvimento urbano com a infraestrutura para evitar prejuízos oriundos das grandes enchentes tanto em nível econômico como ambiental. Além disso, o Plano tem como meta 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 assim, melhorias das condições de saúde dos cidadãos e do ambiente urbano.

Tendo em vista os objetivos do Plano, devem-se seguir alguns princípios essenciais para um gerenciamento consistente da drenagem urbana para que se evitem problemas devido às inundações urbanas. Dentre eles é o planejamento dos sistemas da infraestrutura urbana de forma global, prevendo a minimização dos impactos ambientais. Deve-se partir do princípio que cada usuário urbano não deve contribuir com a ampliação da cheia natural da bacia, de modo que regulamentar o uso das áreas mais densas da cidade, bem como de áreas não ocupadas de maneira preventiva torna-se necessário, e quando isso ocorrer deve-se prever medidas mitigadoras para um controle da drenagem na fonte, evitando que os impactos sejam transferidos de um local para outro. O controle de enchentes deve 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. O custo da implantação e manutenção dessas medidas deve ser repassado ao proprietário do lote, de maneira proporcional à sua área impermeável, já que é a causa geradora do volume adicional da cheia natural da bacia. O controle da ocupação das áreas de risco deve ser permanente, prestando sempre atenção às possíveis transgressões da legislação, e em caso de ocupação, não desapropriar a área em questão sem que esteja previsto um projeto de ocupação pública (como um parque, por exemplo) que evite uma invasão posterior, a educação e conscientização da população, profissionais e administradores públicos é primordial nesses momentos. Por fim, o controle das enchentes é feito por meio do Plano Diretor Urbano, que estabelece as linhas

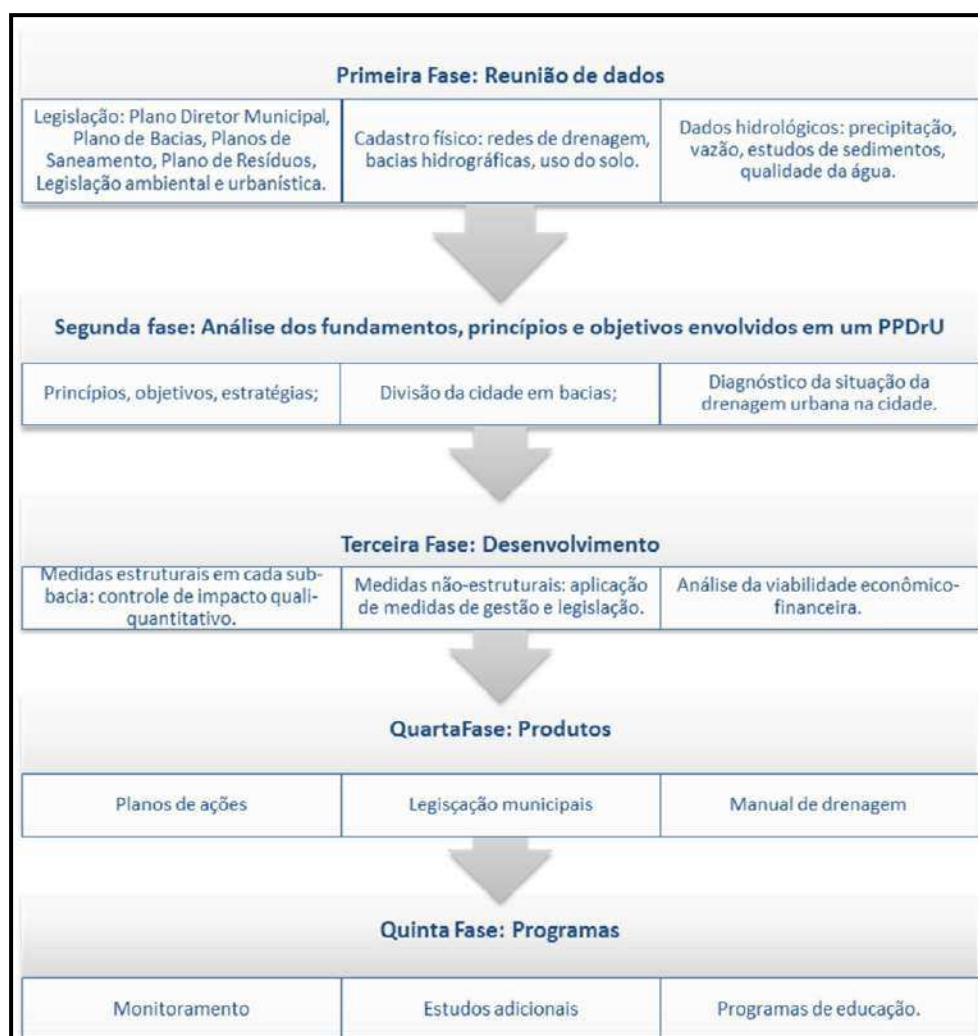
principais, controlado pelas Legislações municipal e/ou estadual, e orientado pelo Manual de Drenagem (TUCCI, 2002, p. 18).

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 que para áreas mais adensadas da bacia, é preciso fundamentar-se no desenvolvimento urbano ocorrente e na sua projeção futura.

3.1 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO

Apesar de cada município possuir suas particularidades e de o resultado final do plano não ser o mesmo para cada localidade, a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana segue uma série de etapas e de produtos que norteiam a sua elaboração. A figura 17 mostra as fases de concepção:

Figura 17 - Fases para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana



A **primeira fase** constitui a reunião de dados relevantes referentes à drenagem, são dados desde o Plano Diretor, Legislação Urbanística e Ambiental, e quando o município possuir, Planos de Bacia, Planos de Saneamento Integrado, Plano de Resíduos Sólidos, além de legislações que envolvem o manejo de águas pluviais em nível Estadual e Federal, para que ocorra a compatibilização do Plano com as legislações existentes. Também é necessário um cadastro físico das redes de drenagem, bacias hidrográficas e uso do solo, bem como dados hidrológicos, desde estudos da qualidade da água, sedimentos, vazão e precipitações para análise posterior (ZAHED FILHO et al, 2013, p.06).

A **segunda fase** trata-se da análise dos dados coletados anteriormente e da realização do diagnóstico da situação atual levando em consideração os princípios, objetivos e estratégias citados no início do capítulo, para assim compor o escopo do projeto do Plano. O diagnóstico é a base para a elaboração do Plano, pois é nesse momento que serão elaborados os estudos por uma equipe multidisciplinar da situação atual e de cenários futuros (prognóstico), como forma de analisar as melhores estratégias a serem adotadas na fase seguinte (ZAHED FILHO et al, 2013, p.06).

Um ponto importante do diagnóstico é o inventário das ocorrências de inundação e o zoneamento de áreas de fundo de vale e de áreas de inundação. Estes dados servirão de base para o planejamento destas áreas, consideradas áreas prioritárias para intervenção (TUCCI, 2002 apud ZAHED FILHO et al, 2013, p.06).

Depois de realizado o diagnóstico, inicia-se o desenvolvimento dos trabalhos na **terceira fase**. Nessa etapa são analisadas as melhores medidas a serem adotadas nas bacias e sub-bacias estudadas, medidas estas que podem ser estruturais e não estruturais. É imprescindível estudos de efetividade das medidas não estruturais e de viabilidade financeira, econômica e ambiental na implantação das medidas estruturais (ZAHED FILHO et al, 2013, p.06).

A **quarta fase** é a fase final de elaboração dos produtos que constituem o Plano Diretor de Drenagem Urbana. Que são as legislações e regulamentações, ou seja, o conjunto de medidas não estruturais para a gestão da drenagem urbana dentro do município e os mecanismos econômicos e financeiros que viabilizem as medidas adotadas. Faz parte dos produtos o Plano de Ações, que consiste em um cronograma físico-financeiro das medidas propostas, contendo o período em que cada proposta (sendo ela estrutural ou não) deverá ser realizada, sendo elas de

curto, médio e longo prazo. Por fim é elaborado o Manual de Drenagem, ele é uma síntese de todos os projetos necessários para o melhor funcionamento da infraestrutura urbana, tem como papel orientar a implementação dos projetos, que são desde obras de macrodrenagem até programas voltados para educação ambiental (ZAHED FILHO et al, 2013, p.07).

Depois de finalizado o Plano, por vezes uma **quinta fase** é necessária, pois quando se trata de planejamento urbano, o fim da elaboração de um Plano não significa o fim dos trabalhos, é preciso estar sempre monitorando e adequando as propostas para possíveis eventualidades futuras. Portanto, é nessa etapa que será feito o monitoramento da qualidade das obras ou da qualidade da água, por exemplo. Estudos complementares também podem ser propostos após a finalização do Plano. Programas de educação ambiental para a população residente próximas às obras de macrodrenagem, mananciais ou áreas de risco, pois de nada adianta implantar novos empreendimentos em conformidade com todas as legislações pertinentes sem que os moradores dos arredores entendam sua importância e saibam como cuidar e manter em bom funcionamento (ZAHED FILHO et al, 2013, p.07).

Vale ressaltar que em todas as etapas é de suma importância a participação da comunidade, pois além de contribuir com opiniões relevantes nas discussões das propostas, facilita o conhecimento e aceitação dos projetos por parte da mesma.

3.2 EXPERIÊNCIAS EM OUTRAS CIDADES

Como citado no capítulo anterior (2.3.3), nem todas as cidades incluem aspectos relativos à drenagem urbana em seus Planos Diretores Estratégicos de maneira detalhada ou mesmo possuem um Plano Diretor de Drenagem Urbana. Podemos destacar cidades como Belo Horizonte, Porto Alegre, dentre algumas cidades da grande São Paulo que adotaram medidas para melhorar o gerenciamento da drenagem urbana municipal.

A seguir são elencadas as cidades e as medidas adotadas no gerenciamento da drenagem urbana:

- **Porto Alegre:** finalizado em 2005, a principal meta foi a de não transferência dos impactos das inundações para outros pontos da cidade, sendo assim, uma das regulamentações que merecem

destaque é a obrigatoriedade dos novos empreendimentos em manter as vazões pré-existentes da bacia, mantendo a infiltração natural, a detenção e/ou retenção da água da chuva, como modo de evitar a transferência dos impactos das inundações para jusante. Para mitigar os problemas das enchentes em maior escala, foram construídos reservatórios de detenção em alguns pontos da cidade. A bacia escolhida para a construção dos reservatórios, dentre todas estudadas, foi a que sofreu com fatalidades decorrentes das inundações, a Bacia do Arroio da Areia, até 2011 foram implantados três reservatórios de detenção (PORTO ALEGRE, 2013). A figura 18 mostra o reservatório construído na Praça Celso Luft.

Figura 18 - Reservatório de detenção na Praça Celso Luft, Porto Alegre, RS



Fonte: PORTO ALEGRE, 2013.

- **Belo Horizonte:** em seu Plano de Desenvolvimento Urbano de 1996 estabeleceu que toda área prevista como permeável poderia ser impermeabilizada, desde que compensada por uma detenção com volume estimado na razão de 30 l/m². Todavia, a legislação previa uma exceção, que a construção do reservatório dependeria de um parecer de viabilidade de um engenheiro, de modo que a maioria das empresas obtiveram o parecer e o número de detenções construídas foi muito pequeno (TUCCI, 2002, p. 16).
- **Guarulhos:** foi inserido um novo artigo no Código de Obras de Guarulhos que propõe a obrigatoriedade de detenção para o

controle de inundações em áreas superiores a 1 hectare no final do ano 2000 (TUCCI, 2002, p. 16).

- **Santo André:** em 1988 foi instituída a taxa de drenagem, taxa esta que visava contribuir com os custos de operação e manutenção das redes públicas de drenagem. O valor pela prestação de serviços era cobrado de maneira proporcional para cada usuário, baseado na contribuição volumétrica das águas vindas do seu imóvel. A arrecadação da taxa é de responsabilidade do Serviço Municipal de Água e Saneamento de Santo André - SEMASA (FCTH – USP, 2005 apud MARINS, 2006, p. 39).
- **São Paulo:** na capital foi instituída uma lei que propõe a obrigatoriedade da construção de um reservatório de retenção que colete a água proveniente de coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes que tenham sua área impermeável superior a 500 m², sendo ele edificado ou não. Essa água retida poderá infiltrar-se no solo ou ser lançada na rede pública após uma hora de chuva, ou ainda ser utilizada para fins não potáveis no lote. O marco ficou conhecido como “lei das piscininhas” (SÃO PAULO – MUNICÍPIO, 2002 apud MARINS, 2006, p. 41).

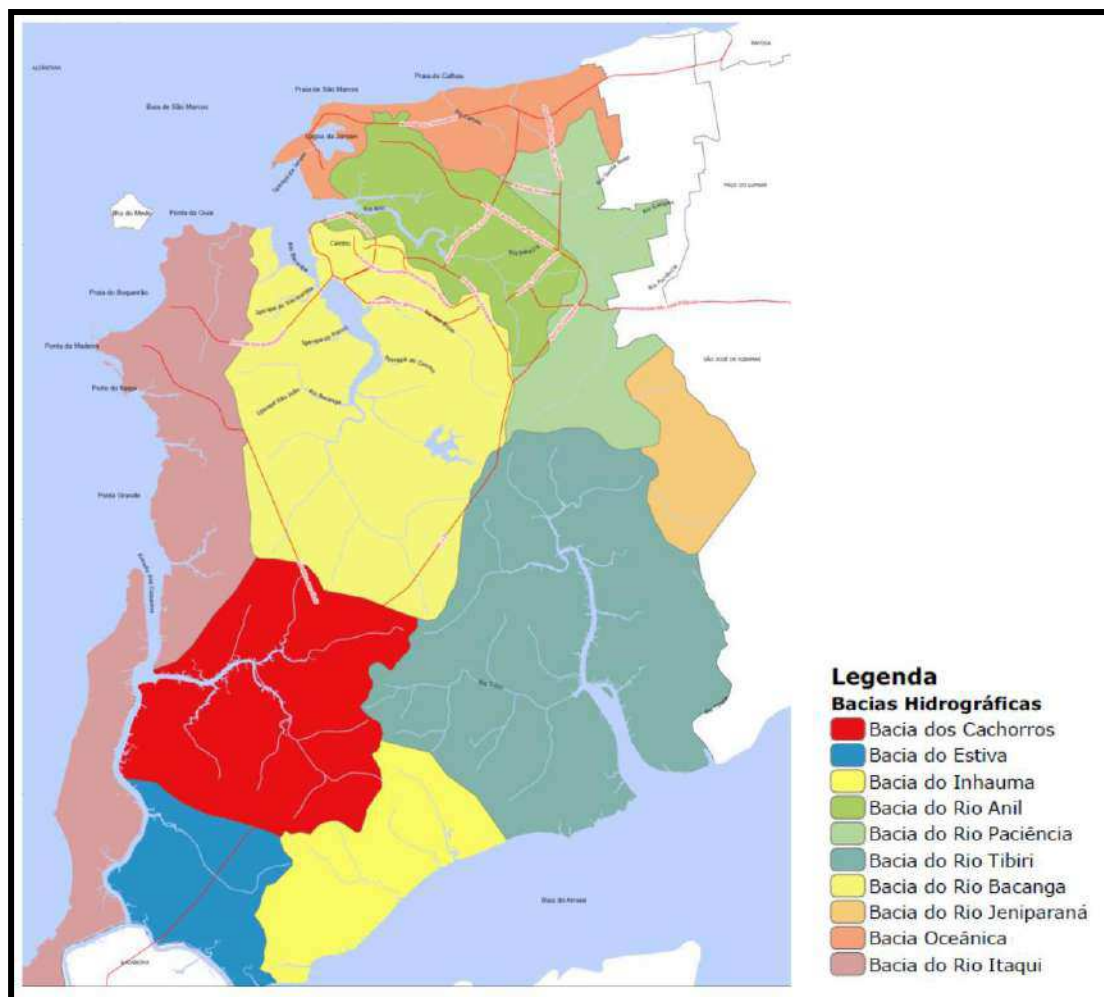
4 ASPECTOS GERAIS DA DRENAGEM URBANA DE SÃO LUÍS

De acordo com o diagnóstico publicado pela Prefeitura de São Luís em 2014, intitulado “Leitura Urbana: São Luís”, a população da cidade passou de 120 mil para 1 milhão de habitantes entre 1950 e 2010. A implantação do Porto do Itaqui e demais projetos da Vale do Rio Doce trouxeram uma nova dinâmica para a capital, novos conjuntos habitacionais foram criados e por consequência o surgimento de aglomerados subnormais próximos a esses novos empreendimentos, fazendo com que a mancha urbana avançasse para diversos pontos da ilha, deixando de se concentrar apenas no Centro Histórico e Monte Castelo.

Em São Luís os problemas de infraestrutura urbana são fruto desse crescimento desordenado dos últimos tempos, e os problemas relacionados ao manejo de águas pluviais estão cada vez mais decorrentes e trazem prejuízos à população. As inundações em áreas de risco ocorrem principalmente pela ocupação

Bacanga, remoção da mata ciliar dos rios e córregos, poluição difusa por conta do despejo de esgotos *in natura* nos mananciais e disposição de resíduos sólidos em locais inadequados.

Mapa 2 - Mapa das Bacias Hidrográficas de São Luís



Fonte: Prefeitura de São Luís, 2014.

Fazer um levantamento e analisar todos os aspectos referentes à drenagem urbana de São Luís torna-se inviável neste estudo, para um diagnóstico completo, é necessária a contratação de empresas especializadas para o levantamento, além de uma equipe multidisciplinar para as análises e proposições. Portanto, os tópicos a seguir tratam de uma leitura parcial da macro e microdrenagem da cidade.

4.1 A MICRODRENAGEM URBANA

Os problemas de drenagem ocorrem em diversos pontos da cidade, e é no período chuvoso que isto fica mais evidente. É possível observar pontos de alagamento tanto em bairros mais carentes como em bairros considerados nobres.

Isso ocorre por diferentes fatores, que já foram citados ao longo do trabalho. A rede de microdrenagem, por se tratar da primeira etapa do escoamento das águas pluviais, quando em mau funcionamento, acarreta diversos transtornos no meio urbano.

A causa dos problemas de mau funcionamento da microdrenagem de modo geral é por conta do subdimensionamento da rede e/ou obstrução da mesma pelo depósito de sedimentos provenientes das enxurradas e do lixo depositado em locais inadequados. Outro fator que se deve levar em consideração é que as obras de drenagem são complexas, demoradas e possuem um custo elevado, então por vezes, o poder público para resolver situações emergenciais como a falta de asfaltamento em algumas vias, realiza a pavimentação de maneira que o abaulamento da rua não é suficiente para escoar a água de maneira eficiente, a declividade insuficiente do conjunto de meio fio e sarjeta, ou mesmo a falta destes itens, por exemplo. Desse modo, os problemas decorrentes desse tipo de obra mal realizada aparecem somente durante as primeiras chuvas.

Foram coletadas notícias e fotos a respeito dos alagamentos de média ou grande proporção que ocorreram na capital no corrente ano. Baseado nessas informações, foi possível montar um mapa (mapa 3) para se ter uma noção em maior escala dos pontos com problemas de drenagem.

Mapa 3 - Mapa de pontos de alagamento



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

No elevado da Cohama (figura 19) temos um exemplo clássico de inundação devido à obstrução dos condutos de drenagem, o volume da água subiu de maneira que inundou completamente a parte mais baixa do elevado e chegou a um nível considerável na parte de cima, cobrindo parte dos carros que ali se encontravam.

Em um trecho mais adiante da Avenida Jerônimo de Albuquerque (figura 20), próximo ao Cohafuma, a chuva do dia 2 de maio trouxe diversos transtornos. Uma árvore caiu na avenida, gerando congestionamento na área, além do grande acúmulo de água na pista, os carros que se arriscaram passar pelo local sofreram problemas mecânicos (iDifusora, 2015). A cota desse ponto da avenida é uma das mais baixas, de forma que recebe contribuição de águas de várias direções, outro fator que pode ter contribuído com o acúmulo de água na pista é a proximidade com um curso d'água, que durante uma forte precipitação não deu vazão suficiente à água da chuva.

Figura 19 - Elevado da Cohama durante a chuva do dia 22 de março (à esquerda)
Figura 20 – Avenida Jerônimo de Albuquerque, próximo ao Cohafuma (à direita)



Fonte: SLZ Online, 2015.

Fonte: iDifusora, 2015.

Ruas do conjunto Bequimão (figura 21) ficaram encobertas pela água no dia 19 de abril, os moradores afirmam que o problema é recorrente e que ficam impossibilitados de sair de casa sempre que ocorre uma chuva muito intensa (iDifusora, 2015).

Figura 21 - Ruas do conjunto Bequimão durante a chuva do dia 19 de abril



Fonte: iDifusora, 2015.

Diversos pontos são observados na área central da capital, e os transtornos devido às inundações estão presentes tanto no momento da precipitação como depois dela. A exemplo disso temos a Avenida Quarto Centenário (figura 22), que devido a força do grande volume de água escoado em um curto período de tempo apresentou fissuras e em certos pontos o asfalto veio a ceder após a chuva do dia 22 de março (SLZ Online, 2015), isto é fruto de um subdimensionamento da rede de microdrenagem, que não dá vazão suficiente para a água da chuva escoar corretamente, juntamente com a péssima qualidade do asfalto ali empregado. Vale ressaltar que trata-se de uma obra nova, pois a avenida foi inaugurada no final de 2014.

Figura 22 - Avenida Quarto Centenário na manhã de 23 de março



Fonte: SLZ Online. 2015.

Ainda no trecho central, na Camboa (figura 23) na tarde de 19 de abril um carro ficou submerso e a enxurrada o arrastou por parte da rua, por sorte os ocupantes conseguiram sair a tempo do veículo (iDifusora, 2015). Dias antes (15 de abril), ruas próximas a Praça João Lisboa (figura 24) foram tomadas pela água. Assim como as proximidades da Praça Maria Aragão (figura 25) na manhã do dia 25 de março.

Figura 23 - Carro submerso no bairro da Camboa



Fonte: iDifusora, 2015.

Figura 24 - Rua próxima à Praça João Lisboa



Fonte: Autor desconhecido. 2015.

Figura 25 - Rua nas proximidades da Praça Maria Aragão



Fonte: G1 Maranhão, 2015.

Os desconfortos não se restringem apenas aos veículos que tem que lidar com problemas mecânicos, os pedestres são os que mais sofrem com os problemas de drenagem. Na figura 26 vemos os transeuntes atravessando uma rua no bairro do Coroadinho completamente tomada pela água, correndo sérios riscos de adquirir doenças, bem como os pedestres que tentavam atravessar na Avenida dos Africanos (figura 27), no bairro do Sacavém na manhã de 25 de março.

Figura 26 - Pedestres atravessando rua no Coroadinho



Fonte: G1 Maranhão, 2015.

Figura 27 - Trecho da Avenida dos Africanos



Fonte: G1 Maranhão, 2015.

O acúmulo de água nas vias também pode ser notado nos bairros do Anil, Renascença II, Cohatrac e Calhau. Nos três primeiros casos (figuras 28 e 29) observa-se que o alagamento ocorreu muito provavelmente pelo número insuficiente de bocas de lobo e/ou obstrução das mesmas e das galerias.

Figura 28 – Avenida Edson Brandão (Anil) durante a chuva do dia 7 de março



Fonte: iDifusora, 2015.

Figura 29 - Rua do bairro Renascença II, dia 17 de abril



Fonte: Autora, 2015.

Já na Avenida 4 do Cohatrac (figura 30) a obstrução não permitiu que a água fosse escoada em direção ao canal que encontra-se ali próximo.

Figura 30 - Avenida 4 no Cohatrac, dia 17 de abril



Fonte: Autora, 2015.

Na Avenida dos Holandeses, bairro do Calhau (figura 31) a sarjeta não deu vazão suficiente para o escoamento da água ou possui declividade insuficiente.

Figura 31 - Trecho da Avenida dos Holandeses, dia 19 de fevereiro



Fonte: Autora, 2015.

As notícias descritas acima não chegam nem perto da totalidade de áreas propícias a alagamentos presentes na cidade, porém é possível ter uma ideia dos problemas enfrentados em São Luís durante o período chuvoso.

4.1.1 ESTUDO DE CASO NA RUA DOS AZULÕES

Como dito anteriormente, o subdimensionamento das redes de microdrenagem é uma das causas para a ocorrência das inundações urbanas, e como não é possível analisar toda a rede de drenagem de São Luís, foi escolhida uma área que apresenta alagamentos todos os anos como modo de ilustrar o subdimensionamento atual da rede de drenagem presente no local, pois a mesma não aguenta a capacidade de vazão atual, algo que também pode ser estendido para outras localidades. A área em questão trata-se da Rua dos Azulões, no bairro Renascença II, em frente ao Curso Wellington (figura 32), que é um dos empreendimentos do local que mais sofrem com as inundações, por se tratar da cota mais baixa da rua.

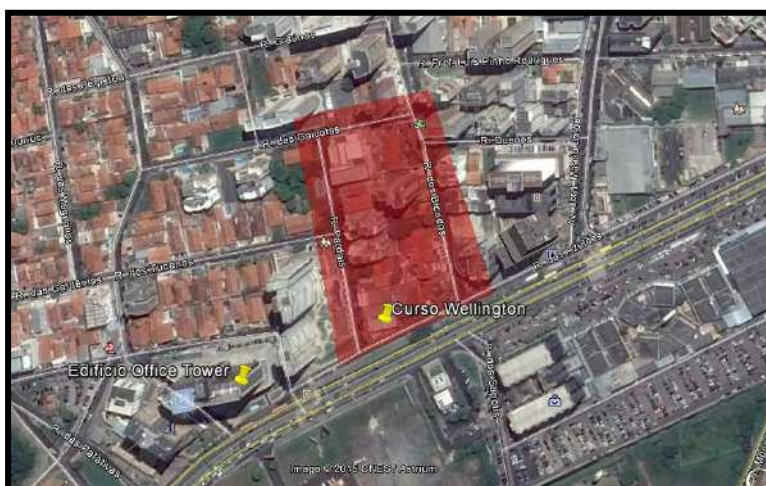
Figura 32 - Curso Wellington Renascença, dia 16 de abril



Fonte: Redes sociais, 2015.

Para tanto, foi realizada uma simulação de cálculo para dimensionar a rede de drenagem da área (mapa 4).

Mapa 4 - Área utilizada para cálculo marcado em vermelho



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

Onde foi estabelecido o seguinte cenário: Supõe-se que choveu 80 mm em 40 minutos no bairro do Renascença II, provocando inundações em vários pontos. Sabe-se que a via em questão possui 13 bocas de lobo, possui 9 m de largura, declividade transversal de 3% e longitudinal de 2%. E a área de contribuição é de 50.293,6 m².

Primeiro, foi verificada a condição das sarjetas, considerando a vazão máxima suportada por toda a calha da rua utilizando a equação de Manning.

$$V = \frac{Rh^{\frac{2}{3}} \times S^{1/2}}{n}$$

Sendo,

V = velocidade da água;

Rh = raio hidráulico;

n = coeficiente de rugosidade (adota-se 0,017 para vias públicas);

S = inclinação longitudinal.

O Rh é a relação entre a área da sarjeta (A) e o perímetro molhado (P).

$$Rh = \frac{A}{P}$$

Temos,

$$A = \frac{4,5 \times 0,15}{2} = 0,34 \text{ m}^2$$

$$P = 4,50 + 0,15 = 4,65 \text{ m}$$

$$Rh = \frac{0,34}{4,65} = 0,0731$$

$$V = \frac{0,0731^{2/3} \times 0,02^{1/2}}{0,017} = 1,45 \text{ m/s}$$

Sabendo isso, descobrimos a vazão máxima suportada pela via (Q).

$$Q = (V \times A) \times 2$$

$$Q = (1,45 \times 0,34) \times 2 = 0,986 \text{ m}^3/\text{s}$$

Depois foi verificada a vazão da suposta chuva na via, com volume de 80 mm e duração de 40 minutos.

$$Q = i \times A$$

Sendo,

i = intensidade (relação entre o volume e a duração da chuva).

$$i = \frac{80 \text{ mm}}{40 \text{ min}} = 2,0 \text{ mm/min} = 0,000033 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,000033 \times 50239,6 = 1,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conclusão 1: A vazão na rua (1,68 m³/s) é maior que a vazão nas sarjetas (0,986 m³/s). Logo, será necessário redimensionar a drenagem em todas as ruas adjacentes, com a execução de bocas de lobo e galerias, para diminuir a vazão de chegada na Rua dos Azulões.

Por fim, calculou-se o número de bocas de lobo necessárias para atender a vazão de chegada na via.

$$Q = 1,7 \times L \times y^{3/2}$$

Sendo,

Q = vazão;

L = comprimento em metros das bocas de lobo;

Y = altura da lâmina d'água na boca de lobo (adota-se 0,10 m).

Como queremos descobrir o comprimento, a fórmula fica da seguinte forma:

$$L = \frac{1,68}{1,7 \times 0,10^{3/2}} = 31,25\text{m}$$

Sabendo que por padrão uma boca de lobo possui 1 metro de comprimento, arredonda-se o resultado para 32 metros.

Conclusão 2: como existem apenas 13 unidades, seriam necessárias mais 19 bocas de lobo para suprir as necessidades do sistema. No entanto, a solução ideal consiste em um novo projeto de drenagem para todas as ruas do bairro que contribuem com a forte vazão que chega à Rua dos Azulões.

4.2 A MACRODRENAGEM URBANA

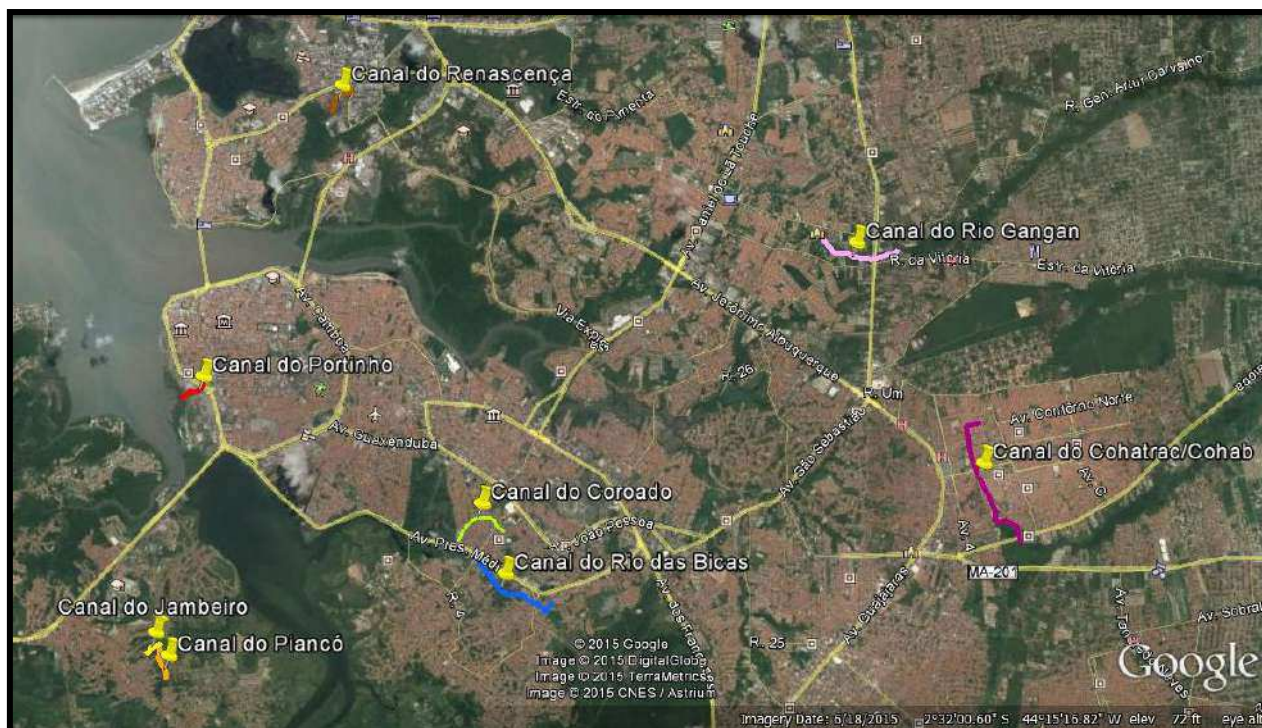
As obras de macrodrenagem em São Luís são compostas basicamente pela retificação e/ou ampliação de canais naturais. Esse tipo de obra é necessária quando o canal já não dá a vazão necessária de forma natural e com isso inundações ocorrem naquele local, a ampliação vem para sanar esses problemas.

Nesse estudo foram realizadas visitas técnicas em oito canais, sendo eles: Canal do Rio das Bicas, Jambeiro, Piancó, Portinho, Coroadó, Canal do Rio Gangan, Renascença e Cohab/Cohatrac. Os três primeiros encontram-se em obras e os demais canais encontram-se consolidados, as visitas serviram para a

verificação da situação atual, tendo em vista que alguns passaram por reformas e ampliações entre 2011 e 2014.

O mapa (mapa 5) a seguir mostra a localização dos canais supracitados:

Mapa 5 - Mapa com localização dos canais



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

Os canais do Piancó, Jambeiro e Rio das Bicas fazem parte do *Programa de Recuperação Ambiental e Melhoria da Qualidade de Vida da Bacia do Bacanga* e são de responsabilidade da Secretaria Municipal Extraordinária de Projetos Especiais (SEMPE), com a utilização de recursos do Banco Mundial e da Prefeitura de São Luís. Os projetos da margem esquerda (Jambeiro e Piancó) já estavam elencados nas metas do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (2011) e tiveram início em 2014, enquanto que o do Rio das Bicas ainda estava em processo de licitação e iniciou em 2011.

A tabela (tabela 2) a seguir mostra as características dos projetos de drenagem na margem esquerda do Bacanga.

Tabela 2- Descrição e características das obras

Nome	Descrição	Características principais
Jambreiro 1	Canalização do talvegue natural entre a rua 07 e av. Epitácio cafeiteira até a rua Nossa Senhora de Nazaré, no bairro Vila Embratel, com lançamento no lago do Bacanga.	285 m de canal trapezoidal (1,0 x 0,9 m) e 81m de galeria tubular (Ø 1,0 m). Total de 366 m de canalização.
Jambreiro 2	Canalização do talvegue natural ao longo da rua 3ª Trav. da rua Riacho Doce, entre a rua 2ª Trav. da rua Riacho Doce e av Contorno Jambreiro, no bairro Vila Embratel, com lançamento final no lago do Bacanga.	225 m de canal trapezoidal (h= 0,9 m e b= 1 a 4m) e 30 m de galeria tubular (Ø 1,0 m a 3x Ø 1,0 m)
Sá Viana	Canalização do talvegue entre a rua Travessa do Mocambo e av Contorno Sá Viana, drenando para o lago do Bacanga.	114 m de canal trapezoidal (h=1,0 m e b= 1,0 m) e 63 m de galeria tubular (2 x Ø 1,0 m + 4 x Ø 0,5 m)
Piancó	Canalização do talvegue natural entre a av. Piancó e av. Contorno do Jambreiro.	500 m de canal trapezoidal (variando de b=1,0 e h= 0,90 m até b=5,0 e h= 1,34 m) e 34 metros de galeria (2x Ø 1,5 m e 3 x (1,50 x 1,50))
UFMA 1	Canalização do talvegue natural compreendido entre a av. Nossa Senhora da Vitória e rua Alberto Sales, até o cruzamento com av Contorno Sá Viana.	532 m de canal trapezoidal (variando de b=1,0 e h=0,5 m até b=8,0 e h= 0,9 m) e 27 m de galeria retangular (variando de (2,20 x 1,20) a 2 x (3,0 x 0,90 m)
UFMA 2	Canalização ao longo da Rua São João até cruzamento com Av Contorno Sá Viana.	193 m de galeria retangular (h = 1,2 e b= 3,0 m).
Travessa Alberto Sales	Canalização do talvegue com direcionamento à área alagável e extravasor atravessando a av Contorno da UFMA, drenando para barragem do Bacanga, no bairro Sá Viana	116 m de canal triangular (b= 3,87 e h= 0,43 m) e 152m de galeria tubular (Ø 1,0 m).

Fonte: Prefeitura de São Luís, 2011.

Apesar de se tratarem de obras relativamente novas, nem todos os canais funcionam de maneira efetiva. Enchentes ocorreram devido a problemas construtivos ou mesmo ao assoreamento e falta de manutenção dos canais. Os tópicos a seguir descrevem de maneira mais detalhada cada canal visitado.

4.2.1 CANAL DO RIO DAS BICAS

O Canal do Rio das Bicas está localizado no bairro do Coroadinho e compreende o trecho entre a Rua São Pedro e a Avenida Vicente Queiroga. A ponta direita do canal se encontra com o córrego salinas, localizado na Rua da Salina e na ponta esquerda, no seu trecho natural, com o Canal do Coroado, como pode ser visto no Mapa 6.

Mapa 6 - Canal do Rio das Bicas marcado em azul



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

A visita ao canal foi realizada no dia 21 de maio do corrente ano com o acompanhamento do senhor José Natalino da Luz Santos, encarregado da obra. Segundo informações cedidas, o canal conta com 2 quilômetros de extensão, sendo ele do tipo retangular com trechos revestidos em concreto armado (figura 33) e trechos revestido com gabião (figura 34), a obra foi iniciada em 2011 e tem previsão de conclusão para julho de 2015.

Figura 33 - Trecho do canal revestido em concreto armado



Fonte: Autora. 2015.

Figura 34 - Trecho do canal revestido com gabião



Fonte: Autora, 2015.

O canal possui profundidade de 1,5 metros, no entanto, não chega a 1 metro em alguns pontos devido ao assoreamento que ocorre principalmente devido ao material utilizado na obra, que é levado pelo vento e pela enxurrada, e também o crescimento de vegetação como visto na Figura 33. Ainda na mesma foto, é possível notar uma grande quantidade de ligações clandestinas de esgoto, causando um forte mau cheiro no local. Segundo o encarregado, mesmo com programas de educação ambiental, a população ainda faz esse tipo de ligação à noite ou nos finais da semana, sendo difícil ter um controle desse grande número de ocorrências.

Outro fator que chamou a atenção e pode ser observado na Figura 35 foi a proximidade das residências com a margem do canal, trazendo sérios riscos à população na ocorrência de uma chuva muito intensa.

Figura 35 - Residências próximas ao canal



Fonte: Autora, 2015.

Segundo a Prefeitura de São Luís (2015) o valor da obra do canal é de R\$ 21 milhões, financiado pelo Banco Mundial. Além do canal, foi prevista a construção de 33 unidades habitacionais (figura 36) para os moradores que precisaram ser desapropriados e um projeto de urbanização às margens do canal, o Parque Urbano Rio das Bicas, que será composto por praças, áreas de lazer, de descanso, quadra de esportes, entre outros (PREFEITURA DE SÃO LUÍS, 2014).

Figura 36 - Unidades habitacionais em construção

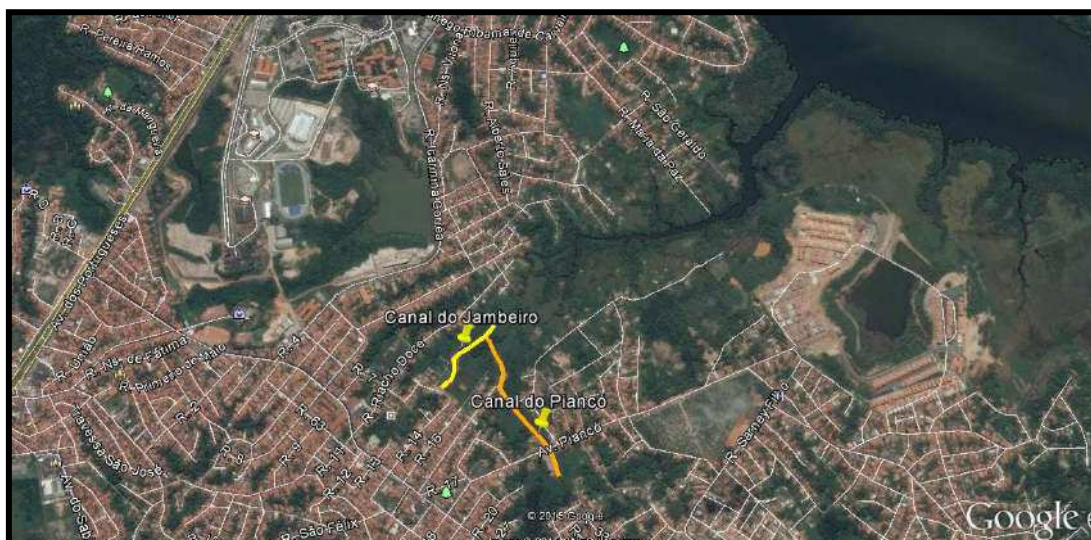


Fonte: Autora, 2015.

4.2.2 CANAL DO PIANCÓ E JAMBEIRO

Os canais do Jambeiro e Piancó localizam-se na margem esquerda do Bacanga, no bairro Vila Embratel. O Canal do Piancó tem início na Avenida Piancó e se estende até encontrar com o canal do Jambeiro, que inicia na Rua da Juçara, seguindo paralelamente a Rua Riacho Doce (figura 37). O mapa (mapa 7) a seguir destaca a sua localização.

Mapa 7 - Canais do Piancó e Jambeiro



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

Figura 37 - Encontro dos dois canais, Jambeiro à esquerda e Piancó à direita



Fonte: Autora, 2015.

A visita deu-se no dia 8 de julho deste ano com o acompanhamento do encarregado da obra, o senhor José Veríssimo da Silva. As obras, apesar de iniciadas no ano passado, ainda encontram-se em fase de escavação, pois só a realização do caminho de serviço demandou bastante tempo para ser concluído, haja vista que as chuvas atrapalharam o seu andamento em várias situações.

Segundo informações cedidas pelo encarregado, ambos os canais serão do tipo trapezoidal com revestimento em gabião (figura 38). Esse método construtivo foi escolhido devido ao solo ser muito encharcado, e desse modo, o canal tem o papel tanto de conduzir as águas pluviais como de absorver a água do solo, tendo em vista que a escolha pelo concreto armado iria vedar o solo.

Figura 38 - Trecho com a colocação de gabião



Fonte: Autora, 2015.

O senhor José informou que foi preciso realizar um desvio no canal, pois nem todos os moradores aceitaram a desapropriação e permaneceram às margens do canal. Na Figura 39 é possível notar o desvio do canal em relação à única residência que sobrou na margem direita do canal.

Figura 39 - Trecho do canal desviado



Fonte: Autora, 2015.

Não foram observadas ligações de esgoto no decorrer do canal, o que é um ponto positivo, acredita-se que a maioria dos moradores utiliza sistema de fossa e sumidouro.

O valor das obras de macrodrenagem é de R\$ 2.246.695,48 e tem previsão de término para julho deste ano (PREFEITURA DE SÃO LUÍS, 2015). Entretanto, pelo o que foi observado, o prazo irá se estender por mais alguns meses.

4.2.3 CANAL DO PORTINHO

O Canal do Portinho está localizado na parte central de cidade, mais precisamente próximo ao Mercado do Peixe, trata-se de uma região bastante adensada, como é possível ver no mapa de localização a seguir (mapa 8). As águas coletadas pelo canal tem como destino final o Rio Bacanga. A visita foi realizada sem o auxílio de técnicos.

Mapa 8 - Canal do Portinho



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

Foram realizados melhoramentos no canal (figura 40), na rede de microdrenagem e pavimentação do entorno, o projeto consistia na instalação de galerias de concreto armado a partir da Rua Jacinto Maia, seguindo em direção à Travessa do Portinho, além da manutenção do trecho do canal que passa por baixo da Avenida Senador Vitorino Freire (PREFEITURA DE SÃO LUÍS, 2011, p. 104). Em nota divulgada no Jornal Pequeno (2015), a SEMOSP ainda está trabalhando na desobstrução de galerias e implantação de novas no entorno e está prevista uma adequação da paisagem urbana nas margens do canal. Na data da visita (8 de julho) não foi observado nenhum trabalho sendo realizado.

Figura 40 - Obras no canal em 2014



Fonte: CARNEIRO, 2014.

Atualmente, o canal que tem sua seção retangular e é revestido com gabião encontra-se em bom estado de conservação, com uma presença muito

pequena de resíduos sólidos em sua extensão (figura 41). Porém, por se tratar de uma região adensada, a manutenção torna-se difícil em certos pontos. Outro ponto que merece atenção é o canteiro central da avenida que passa por cima do canal, o pedestre é impedido de seguir caminho pelo canteiro e se ver obrigado a passar pela rua por conta da interrupção feita pelo guarda-corpo do canal (figura 42).

Figura 41 - Situação atual do canal



Fonte: Autora. 2015.

Figura 42 - Falta de laje sobre o canal no canteiro central



Fonte: Autora, 2015.

4.2.4 CANAL DO COROADO

O Canal do Coroado, que fica localizado no bairro de mesmo nome, existe a cerca de 20 anos e está localizado em uma região onde a ocupação irregular do solo deu-se de maneira desenfreada, dificultando qualquer manutenção

que possa ser feita no local, e no caso de haver algum projeto para o alargamento do canal, muitas famílias teriam que ser desapropriadas para que a obra funcionasse de maneira efetiva.

Mapa 9 - Localização do canal do Coroado



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

O mapa acima (mapa 9) mostra a localização do canal dentro do bairro do Coroado, este segue paralelamente a Rua Dr. Carlos Macieira e deságua em um afluente do Bacanga.

Na foto a seguir (figura 43) é possível perceber a proximidade das casas em relação ao canal, impedindo a circulação de máquinas para efetuar a manutenção, e o fruto dessa falta de manutenção é a grande presença de vegetação em trechos do canal, que consiste em uma barreira para a circulação da água.

Figura 43 - Residências próximas ao canal



Fonte: Autora, 2015.

em pedra argamassada com extensão de 1.087 metros (figura 45), além do melhoramento da microdrenagem do entorno. De acordo com Carneiro (2014) que realizou visita ao canal no ano passado, o projeto prevê uma extensão até a Maioba.

Figura 45 - Canal do Rio Gangan atualmente



Fonte: Autora, 2015.

Na visita ao canal pôde-se notar o assoreamento e a presença de resíduos sólidos em certos pontos, diminuindo a sua profundidade (figura 46). É possível perceber também o crescimento de vegetação em sua extensão e dos dutos de drenagem que convergem para canal e que não foram cortados, criando assim uma barreira para as águas pluviais (figura 47).

Figura 46 - Assoreamento e lixo no canal



Fonte: Autora, 2015.

Figura 47 - Vegetação e dutos de drenagem no canal

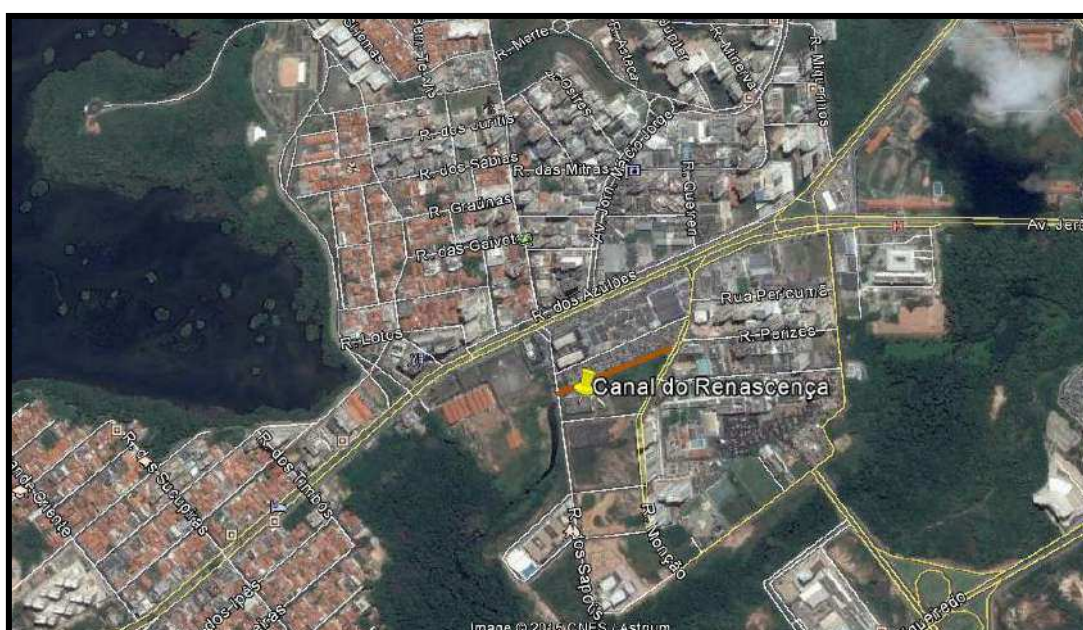


Fonte: Autora, 2015.

4.2.6 CANAL DO RENASCENÇA

O talvegue existente entre o estacionamento do Tropical Shopping e o Jornal O Imparcial (mapa 11) teve sua canalização iniciada no ano de 2010, ainda no mandato do Prefeito João Castelo. O projeto previa implantação de galerias de águas pluviais no entorno, a retificação do canal em concreto armado de seção retangular e melhoramentos da rede de microdrenagem do local.

Mapa 11 - Localização do Canal do Renascença



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

No entanto, as obras realizadas não trouxeram as melhorias esperadas, tanto que em 2014 o estacionamento do shopping ficou embaixo d'água após uma chuva (figura 48). Este ano também ocorreram alagamentos em áreas próximas do canal como pode ser visto no tópico do estudo de caso na Rua dos Azulões, no bairro do Renascença II, o que leva a crer que o projeto de drenagem foi subdimensionado.

Figura 48 - Enchente no estacionamento do shopping em 2014



Fonte: Autor desconhecido, 2014.

A falta de manutenção também é presente no canal, é possível perceber uma grande quantidade de vegetação em sua extensão, diminuindo mais ainda a sua seção (figura 49). A visita foi realizada no dia 11 de julho e na semana seguinte (17 de julho) a SEMOSP divulgou que estava trabalhando na ampliação das redes de captação já existentes que são ligadas ao canal (JORNAL PEQUENO, 2015). No entanto, não foi notada a ocorrência de reformas na área, o canal apresenta estado de falta de manutenção.

Figura 49 - Vegetação presente no canal



Fonte: Autora, 2015.

4.2.7 CANAL DO COHATRAC/COHAB

O canal fica localizado entre os bairros da Cohab e do Cohatrac, tendo início na Avenida H e deságua em um afluente do Rio Paciência nas proximidades da Estrada da Moioaba (mapa 12). Sua obra, assim como o canal anterior, foi iniciada no mandato do ex-prefeito João Castelo, porém não foi concluída durante o seu governo. Entretanto, ocorreram problemas durante sua execução, pois parte do concreto armado que envolvia o canal foi levado pela enxurrada durante uma chuva em 2013 como pode ser observado na Figura 50 (CARDOSO, 2013 apud CARNEIRO, 2014).

Mapa 12 - Localização do canal do Cohatrac/Cohab



Fonte: Google Earth, 2015. Edição: Autora, 2015.

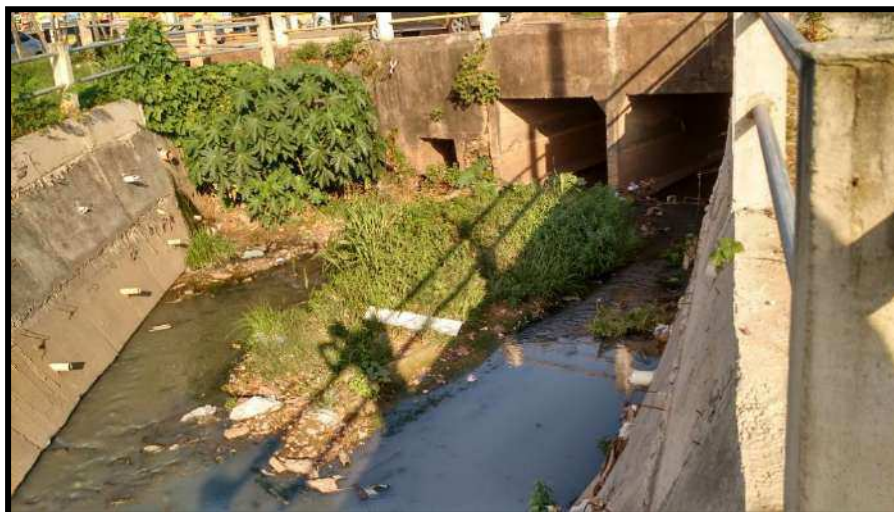
Figura 50 - Canal do Cohatrac após chuva em 2013



Fonte: CARDOSO, 2013 apud CARNEIRO, 2014.

Atualmente, o canal que possui forte mau cheiro, algo extremamente incômodo para quem reside nas proximidades. É possível perceber também certa falta de manutenção, pois existem trechos tomados pela vegetação, impedindo assim a passagem da água (figura 51).

Figura 51 - Vegetação e assoreamento no canal



Fonte: Autora, 2015.

Na Figura 52 vemos o formato de sua seção, que é do tipo trapezoidal e sua extensão que segue em direção à Estrada da Maioba. As obras no canal ainda não foram finalizadas neste trecho, é possível notar a falta de guarda-corpo nas margens. O projeto ainda prevê a inserção do canal na paisagem urbana, criando em suas margens espaços de lazer e integração (JORNAL PEQUENO, 2015). Como dito anteriormente, o mau cheiro do local é bastante incômodo, tornando esse tipo de integração difícil de acontecer.

Figura 52 - Extensão do canal



Fonte: Autora, 2015.

4.3 PROJETOS FUTUROS

Segundo a Prefeitura de São Luís (2015), está em andamento um estudo a respeito da drenagem urbana da cidade, denominado “Estudo de Concepção do Sistema de Drenagem Urbana de São Luís”, que vem sendo elaborado pelas empresas Falcão Bauer e AGM Engenharia. Em fevereiro deste ano foi apresentada uma prévia para as secretarias envolvidas, que são as Secretarias Municipais de Governo (SEMGOV), Planejamento (SEPLAN), Obras e Serviços Públicos (SEMOSP) e Segurança com Cidadania (SEMUSC), além da Secretaria Municipal de Projetos Especiais (SEMPE) que apresentou o projeto.

Foi realizada no mês de abril uma visita à SEMPE e em conversa informal com o engenheiro Roberto Sousa foi obtida a informação de que o estudo encontrava-se praticamente finalizado, no entanto, não poderia ser disponibilizado ainda para o público em geral, desse modo, foi cedida apenas a apresentação citada acima para contribuir com a presente pesquisa.

A apresentação aborda de maneira geral os produtos do estudo que vem sendo produzido. O escopo do estudo é constituído de **recomendações**, que são proposições e diretrizes para a atuação da prefeitura municipal no controle das inundações, abrangendo todas as 12 bacias hidrográficas contidas na Ilha de São Luís e de **intervenções**, que consiste no detalhamento de obras (anteprojeto) para ampliar e adequar os sistemas de drenagem, incluindo medidas preventivas que objetivam diminuir o pico das cheias, reter ou retardar sua propagação, com abrangência nas bacias Praias, Anil, Bacanga, Itaqui e Paciência.

Os estudos foram apoiados nas legislações existentes, como o Plano Diretor, Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico, Código Florestal, entre outras. Estão incluídos também considerações a respeito das inundações ocorridas na cidade, sobre o sistema de drenagem, sobre as prestações de serviços de Saneamento Básico e sua situação atual e a análise da capacidade de investimento do Setor Público.

Foi definida como prioridade de investimento a adoção de medidas não estruturais para o sistema de drenagem, ou seja, medidas preventivas para o controle de inundações. O cronograma de implantação das intervenções propostas foi dividido em:

- Etapa imediata: 2015/2016;

- 1ª etapa: 2017/2025;
- 2ª etapa: 2016/2035;
- Longo prazo: 2036/2044.

Os programas de ações não estruturais citadas na apresentação incluem a definição dos produtos que serão implantados ao fim desse estudo, incluindo organização, legislação, fiscalização, planejamento, educação, limpeza, entre outros. As medidas que merecem destaque são:

- Melhoria na estrutura institucional em que se encontra inserido o sistema de drenagem urbana, definindo obrigações e responsabilidades de cada setor para um melhor trabalho em conjunto;
- Interferências no uso e ocupação do solo urbano, realizando interferências na Lei de Zoneamento Urbano, dando atenção especial para as bacias em processo inicial de urbanização;
- Melhoria da gestão pública aplicada ao sistema de saneamento básico, incluindo um cadastro das redes e instalações, envolvendo a implantação de sistema de informações georreferenciadas;
- Proposta a ser incluída na legislação que consiste na construção de pequenos reservatórios nos lotes, semelhante às “piscininhas” existentes em São Paulo, onde deve-se adotar 1,5 m³ de acumulação para cada 100 m² da área total do lote urbano com área impermeabilizada maior que 400 m². Em lotes com área impermeabilizada inferior à 400 m², a acumulação cai para 1,0 m³ para cada 100 m² de área do lote, porém, não há necessidade de reservatório nesse segundo caso quando a área permeável for de pelo menos 40% do total do lote. Outro fator a ser incentivado é o reuso dessa água para fins não potáveis;
- E por fim, programas de educação ambiental.

O período de implantação das ações não estruturais é entre 2015 e 2016, tendo o custo aproximado de 15 milhões de reais e o programa de fiscalização e controle com o custo de 50 mil reais por mês.

Os programas de ações estruturais não foram detalhados na apresentação, mas de modo geral incluem:

- Desconexão das ligações intradomiciliares indevidas entre as instalações de esgoto e de águas pluviais;
- Obras de macro e microdrenagem em setores das bacias, partindo do pressuposto que as inundações não devem ser transferidas de um ponto para outro e a utilização das retenções disponíveis.

No momento a Legislação Urbanística de São Luís está passando por uma revisão. Acredita-se que essas medidas não estruturais serão incluídas em sua revisão, enquanto que as medidas estruturais devem vir em forma de um Manual de Drenagem Urbana. Havendo a implantação e cumprimento dessas ações, em longo prazo o sistema de drenagem urbana tende a funcionar de maneira mais efetiva e sustentável.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objeto de estudo a drenagem urbana, mostrando a importância do seu gerenciamento dentro da infraestrutura e do planejamento urbanos, e que, se tratada em conjunto com outros elementos, a melhoria na qualidade de vida da população e do ambiente são imensuráveis, do mesmo modo que a precariedade do seu gerenciamento traz grandes mazelas à população.

Diante do exposto sobre Plano Diretor de Drenagem Urbana e sua organização foi possível compreender como este método de gerenciamento tem como meta uma drenagem urbana sustentável, buscando atualizar o modo de trabalho que vem sendo utilizado até hoje com conceitos convencionais de drenagem. E que não é preciso buscar exemplos em países de primeiro mundo, pois cidades brasileiras vem adotando essa revisão em seus Planos Diretores e sanando ou mitigando os problemas decorrentes das inundações urbanas.

Em São Luís, pode-se concluir que o sistema de drenagem encontra-se em péssimas condições, tanto do ponto de vista físico como organizacional, pois a falta de fiscalização e planejamento é decorrente no sistema. Os problemas apresentados pelas mídias durante o período chuvoso e a condição dos canais de macrodrenagem mostrados ao longo do trabalho são fruto desse mau gerenciamento do sistema. Esses canais apresentados tratam-se de obras relativamente novas e percebe-se que nem todos estão trabalhando da maneira

esperada, necessitando de grandes adequações em um curto período de tempo, quando o ideal era somente uma manutenção planejada.

Ainda conforme o apresentado no estudo de caso pode-se apontar alguns problemas que se repetem em todos os locais estudados e que podem também ser estendidos para outras áreas da cidade. Dentre eles, temos o lançamento de efluentes urbanos nas redes de drenagem, reflexo da falta de cobertura do saneamento básico principalmente em ocupações irregulares, o que nos leva a outro fator, que é o uso e ocupação desordenada do solo, onde novos assentamentos vão surgindo a cada dia sem nenhuma preocupação com a infraestrutura do manejo de águas pluviais, além da ocupação indevida das margens de canais e fundos de vale, implicando assim no seu mau funcionamento e em riscos para os moradores. A questão dos resíduos sólidos também é recorrente, grande parte dos dispositivos de drenagem apresenta quantidade significativa de lixo, causando obstrução e influenciando nas condições de escoamento, este problema ocorre devido a falta de educação ambiental da população, que deposita o lixo em locais inadequados ou mesmo da precariedade do sistema de coleta, pois estes resíduos não coletados são levados pela enxurrada, de modo que os dispositivos de drenagem necessitam de uma limpeza em um espaço de tempo menor que o planejado. Limpeza e manutenção esta que não ocorre adequadamente, tendo em vista que além do lixo, os canais encontram-se assoreados devido a movimentos de terra e vegetação que cresce no decorrer de sua extensão. No entanto, as inundações não ocorrem somente por conta da obstrução do sistema de drenagem, o subdimensionamento é um fator presente em algumas estruturas, como pôde ser constatado no exemplo da Rua dos Azulões.

Apesar de todos esses problemas relatados, foi percebida a necessidade de um melhoramento quanto aos aspectos relativos à drenagem urbana por parte do poder público. Em 2011 foi apresentado o PMISB (Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico), em que foi estudada a infraestrutura urbana da cidade de maneira global, podendo assim chegar a um diagnóstico da situação atual e propor medidas para sanar os problemas encontrados. Dentre eles foi a elaboração do estudo do sistema de drenagem urbana da cidade, realizado pela Prefeitura. Como visto anteriormente, ele propõe ações não estruturais como Planos Diretores, manuais de drenagem e campanhas de conscientização ambiental. Entretanto, o

mais importante além da implantação dessas medidas é a sua devida fiscalização para que o Plano tenha êxito.

Por fim, é preciso ter em mente que dentro do planejamento urbano não existe solução ideal e instantânea, ou mesmo simples e econômica, diversos fatores devem ser levados em conta nessas horas. Também não existe um único ator responsável, poder público e sociedade devem atuar de maneira para que a solução adotada obtenha êxito. E claro, não existe solução que possa ser copiada, no máximo adaptada, pois cada cidade tem suas necessidades e características únicas que devem ser levadas em consideração.

6 REFERÊNCIAS

BARBOSA, Érica Garreto Ramos, ESPÍRITO SANTO, José Marcelo do, TRINTA, Patrícia (org.). **Leitura Urbana: São Luís**. Prefeitura de São Luís/Instituto da Cidade, 2014, 169 p.

BIDONE, Francisco. TUCCI, Carlos, E. M. Microdrenagem. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Orgs). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, 1995. 428p.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **191º da Independência e 124º da República**, Brasília, DF, 25 de maio. 2012, Seção 1, Art. 4º.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, 302 p.

CARNEIRO, Jordânia N. A. **A DRENAGEM URBANA DE SÃO LUÍS: Cenário atual e Políticas Públicas efetivas no Controle das Inundações e Alagamentos**. São Luís, 2014.

Consórcio Drenagem São Luís, Falcão Bauer, AGM Engenharia (org.). **Elaboração do estudo de concepção do sistema de drenagem urbana sustentável de São Luís**. São Luís, 2015.

ECV Instalações. **Aquedutos**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/~luis/ecv5644/aqu.pdf>>. Acesso em: 03 de maio de 2015.

G1 Maranhão. **Ruas do bairro do Coroadinho em São Luís ficam inundadas após chuva**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv->

1edicao/videos/t/sao-luis/v/ruas-do-bairro-do-coroadinho-em-sao-luis- ficam-inundadas-apos-chuva/4060935/>. Acesso em: 26 de março de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/pt/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/caracteristicas-da-populacao>>. Acesso em: 10 de maio de 2015.

iDifusora. **Carro fica submerso na Camboa**. Disponível em: <<http://www.idifusora.com.br/2015/04/19/carro-fica-submerso-na-camboa/>>. Acesso em: 12 de maio de 2015.

iDifusora. **Chuva causa alagamento no Cohafuma**. Disponível em: <<http://www.idifusora.com.br/2015/05/02/chuva-causa-alagamento-no-cohafuma/>>. Acesso em: 12 de maio de 2015.

iDifusora. **Forte chuva causa alagamentos em São Luís**. Disponível em: <<http://www.idifusora.com.br/2015/03/07/forte-chuva-causa-alagamentos-em-sao-luis/>>. Acesso em: 10 de março de 2015.

iDifusora. **Moradores do Bequimão também sofrem com alagamentos**. Disponível em: <<http://www.idifusora.com.br/2015/04/19/moradores-do-bequimao-tambem-sofrem-com-alagamentos/>>. Acesso em: 12 de maio de 2015.

MARINS, Renata. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. São Paulo, 2006.

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.

Oterprem – Blocos e Pisos Intertravados de Concreto. Disponível em: <http://www.oterprem.com.br/site/index.php?pg=produtos_pisos_drenantes>. Acesso em: 25 de maio de 2015.

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.

PORTO ALEGRE, **Plano Diretor de Drenagem Urbana – Porto Alegre RS**. Associação Brasileira de Cimento Portland/Programa Soluções para Cidades, 2013.

PREFEITURA de SL avança com construção de canais. **Jornal Pequeno**, São Luís, 17, jul. 2015. Política, p. 3.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS, **Plano municipal integrado de saneamento básico PMISB de São Luís – MA**. Plano de metas, programa de obras e ações, plano de emergências e avaliação da sustentabilidade. Secretaria Municipal Extraordinária de Projetos Especiais - SEMPE, Agosto 2011, 77 p.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS, **Plano municipal integrado de saneamento básico PMISB de São Luís – MA**. Relatório síntese. Secretaria Municipal Extraordinária de Projetos Especiais - SEMPE, Outubro 2011, 192 p.

Prefeitura de São Luís. **Prefeitura apresenta prévia do estudo de Drenagem Urbana de São Luís**. Disponível em: <<http://agenciasaoluis.com.br/noticia/6170/>>. Acesso em: 10 de março de 2015.

Prefeitura de São Luís. **Prefeitura realiza obras de canalização do Rio das Bicas**. Disponível em: <http://www2.saoluis.ma.gov.br/frmNoticiaDetalhe.aspx?id_noticia=9670>. Acesso em: 13 de maio de 2015.

Prefeitura de São Luís. **Prefeitura realiza obras de saneamento e sustentabilidade na área Itaqui-Bacanga**. Disponível em: <<http://www.agenciasaoluis.com.br/noticia/8402>>. Acesso em: 13 de maio de 2015.

REZENDE, Osvaldo Moura. **Um breve histórico da drenagem urbana**. Disponível em: <<http://aquafluxus.com.br/?p=4943>>. Acesso em: 30 de abril de 2015.

SÃO LUÍS. Lei Nº 033 de 11 de maio de 1976. Reestrutura o código de construções e dá outras providências. **Legislação Urbanística Básica de São Luís**, São Luís, MA, 1997.

SÃO LUÍS. Lei Nº 3.253, de 29 de dezembro de 1992. Dispõe sobre o zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo. **Legislação Urbanística Básica de São Luís**, São Luís, MA, 1997.

SÃO LUÍS. Lei Nº 4.669 de 11 de outubro de 2006. Dispõe sobre o plano diretor do município de São Luís e dá outras providências. São Luís, MA, 2006.

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.

SLZ Online. **Avenida Quarto Centenário apresenta fissuras**. Disponível em: <<http://slzonline.com/sitewp/index.php/avenida-quarto-centenario-apresenta-fissuras/>>. Acesso em: 28 de março de 2015.

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

TUCCI, Carlos E. M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlosm (Orgs). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, Carlos E. M. Inundações urbanas. In: TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de (Orgs). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, 1995. 428p.

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

ZAHED FILHO, Kamel et al. Coleção Águas Urbanas. **Fascículo 6: Planos Diretores de Drenagem Urbana**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.