



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

LAYLSON CARNEIRO DE SOUSA

**MAPEAMENTO DAS MICROBACIAS DE DRENAGEM DA
ZONA URBANA DE BALSAS - MA**

**BALSAS/MA
2019**

Laylson Carneiro de Sousa

Mapeamento das Microbacias de Drenagem da Zona Urbana de Balsas - MA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Leandro Gomes Domingos

Balsas-MA
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Carneiro de Sousa, Laylson.

MAPEAMENTO DAS MICROBACIAS DE DRENAGEM DA ZONA URBANA
DE BALSAS - MA / Laylson Carneiro de Sousa. - 2019.

61 f.

Orientador(a): Leandro Gomes Domingos.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do
Maranhão, Balsas, 2019.

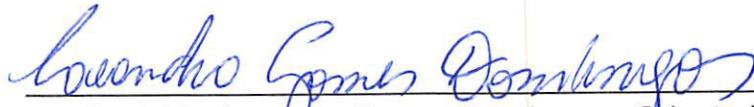
1. Drenagem Urbana. 2. Mapeamento de Microbacia. 3.
Sistema de Informação Geográfica. I. Gomes Domingos,
Leandro. II. Título.

Laylson Carneiro de Sousa

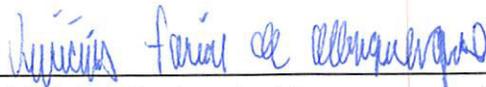
Mapeamento das Microbacias de Drenagem da Zona Urbana de Balsas - MA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharel em
Engenharia Civil da Universidade Federal
do Maranhão, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado em 12 de Dezembro de 2019:



Prof. Me. Leandro Gomes Domingos - Orientador



Prof. Me. Vinicius Farias de Albuquerque - Examinador interno



Eng. Vice-prefeito. Celso Henrique Borgneth - Examinador externo

Dedico este trabalho à minha avó, Antônia
Sousa Almeida (In Memoriam).

AGRADECIMENTOS

A Deus por me acompanhar em todas as horas.

Aos meus pais Lino Silva de Sousa e Lucicleide Carneiro de Sousa por me aconselhar, pelo exemplo, incentivo, carinho, não me deixar desistir e todo apoio na realização desse trabalho.

Minhas irmãs pelo apoio na minha vida acadêmica.

A minha namorada, Ana Luiza Alves de Macedo Sousa, por toda compreensão e apoio durante minha vida acadêmica e na elaboração desse trabalho.

Ao meu orientador, Me. Leandro Gomes Domingos pelo apoio, instrução, atenção, muita paciência e incentivo durante o desenvolvimento do trabalho.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA) Campus Balsas, pela oportunidade de ter um ensino público de qualidade.

Aos meus familiares, por serem o apoio e por terem por mim tão adorável carinho.

A todos os amigos que ajudaram seja de forma direta ou indireta na realização deste trabalho, fica registrado aqui, o meu muito obrigado!

RESUMO

Com o crescimento populacional, especialmente nas zonas urbanas das cidades brasileiras, vem acontecendo de forma desordenada e sem nenhum planejamento. Com isso, as enchentes e as inundações, por exemplo, são comuns e vem gerando desastres ambientais, surgimento de doenças e comprometendo a qualidade de vida da população. Uma forma de evitar tais problemas é através da adoção de uma drenagem urbana bem planejada, em que suas ações sejam orientadas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU). A cidade de Balsas/MA nos últimos anos vem sofrendo muito com a deficiência de drenagem urbana e com alagamentos em alguns pontos da cidade. Para sanar essa situação, a prefeitura do município realiza obras pontuais, mas atualmente não há algum PDDU que possa direcionar essas ações. Com base nisso, e buscando subsidiar um futuro PDDU, objetiva-se mapear as microbacias de drenagem da zona urbana de Balsas uma vez que a identificação das bacias de drenagem é de suma importância para a geração PDDU. Nesse sentido, as bacias de drenagem foram delimitadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde várias informações foram reunidas como, por exemplo, imagens de satélite e dados topográficos do Programa TOPDATA. Para complementar a análise das bacias, foram cruzadas informações de ocupação do solo e tipos de zonas existentes do município com as microbacias mapeadas. E complementando, foram feitas visitas em alguns pontos de algumas microbacias. Os resultados indicaram 33 microbacias que podem ser agrupadas em duas sub-bacias: Sub-Bacia do Rio das Balsas e Sub-Bacia do Rio Maravilha. No cruzamento de informações verificou-se que as microbacias da Sub-Bacia do Rio das Balsas cobrem mais zonas urbanas em termos de quantidade e área, e é onde se localiza a maior parte adensada do município. Nas visitas em campo verificou-se a necessidade de adotar um sistema de drenagem urbana tendo em vista os problemas de erosão e alagamento.

Palavras-chave: Mapeamento de Microbacia; Sistema de Informação Geográfica; Drenagem Urbana.

ABSTRACT

With the growth of the population, especially in the urban areas of the cities, it has been happening in a disorganized way, and without any planning. As a result, the flood, and the flood, for example, is common and has been causing environmental disasters, the emergence of the disease, and undermining the quality of life of the population. One way to avoid such problems is through the adoption of urban drainage is well planned, their actions are guided by the master Plan Diretor of Urban Drainage (PDDU). The city Balsas/MA in the past few years he has been suffering with a lack of urban drainage and flooding in some parts of the city. To remedy this situation, a mayor of a municipality carries out works to point, but for now there is no any PDDU, which could address these actions. On that basis, and seeking to inform a future, PDDU, the objective is to map the watersheds for the drainage of the urban area in new Ferry since the identification of the drainage basins is of paramount importance for the generation of the PDDU. In this way, the drainage basins were delineated in a Geographic Information System (GIS), where a lot of the information that has been gathered such as, for example, satellite images and topographical data of the Program by TOPDATA. In order to complement the analysis of the river basins, have been cross-referenced information, land use, and the types of zones that exist in the city, the watersheds were mapped. And, in addition, visits have been made at a few points in some of the watersheds. The results indicated that the 33 micro-basins that can be grouped in two sub-basins: Sub-Basin of the River, the Ferry, and a Sub-Basin of the River is wonderful. At the intersection of information, it has been found that the micro-basins Sub-Basin of the River from the Ferry boat to cover more urban areas in terms of numbers and area, and that is where we find the most adensada of the city. In our visits in the field, there was a need for the adoption of a system of urban drainage, in view of the problems of coastal erosion and flooding.

Keywords: Microbasin Mapping; Geographic Information System; Urban Drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia Hidrográfica.....	17
Figura 2 - Modelos de drenagem em bacias.	19
Figura 3 - Classificação Hierárquica das Bacias de Drenagem.....	22
Figura 4 - Bacia de Drenagem de Natal/RN.....	26
Figura 5 - Bacia de Drenagem de Natal/RN da Zona Norte.	27
Figura 6 - Bacia de Drenagem de Natal/RN das zonas Leste, Oeste e Sul.	28
Figura 7 - Macrodrenagem de Teresina/PI.....	30
Figura 8 - Sistema de drenagem Teresina/PI.....	30
Figura 9 - Bacias de Fortaleza/CE.	31
Figura 10 - Mapa das Zonas de Balsas/MA.	33
Figura 11 - Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba.....	34
Figura 12 - Rios da cidade de Balsas/MA na Zona Urbana.	35
Figura 13 - Temperaturas máximas e mínimas médias na cidade de Balsas/MA.	36
Figura 14 - Chuva mensal média na cidade de Balsas/MA.....	36
Figura 15 - Probabilidade diária de precipitação na cidade de Balsas/MA.....	37
Figura 16 - Zona de Influência da cidade de Balsas.	38
Figura 17 - Esquema de cruzamento de informação da zona urbana e das microbacias.	39
Figura 18 - Delimitação das áreas adensados e não adensados.....	40
Figura 19 - Esquema de cruzamento de informação da zona urbana e zona adensada e não adensada.....	40
Figura 20 - Mapeamento das microbacias.	43
Figura 21 - Mapeamento das microbacias na Zona Urbana.	43
Figura 22 - Combinação entre microbacias e zonas.	46
Figura 23 - Áreas adensadas e não adensadas da zona urbana.....	48
Figura 24 - Cruzamento de áreas adensadas e não adensadas com as microbacias.	48
Figura 25 - Correspondência entre Pontos Críticos Visitados e Microbacias Mapeadas.....	49
Figura 26 - Ponto de Alagamento no Bairro Conjunto Planalto, Rua Projetada, Zona Residencial Planalto.....	50

Figura 27 - Ponto de Erosão e Alagamento, Bairro São Felix, Rua 12, Zona Residencial Potosí.....	51
Figura 28 - Ponto de Erosão e Falhar na Drenagem, Bairro Potosí, Rua 5, Zona Residencial Potosi.....	51
Figura 29 - Ponto de Erosão no Bairro São Francisco, Rua Mangabeira, na Zona Residencial Cidade Maravilha.....	52
Figura 30 - Ponto de Alagamento, Rua 5, Bairro Vila Militar.....	53
Figura 31 - Ponto de Alagamento, Rua Nossa Senhora de Aparecida, Bairro Vila Militar.....	53
Figura 32 - Ponto de Alagamento entre a Zona Residencial Catumbi e a Zona Residencial Açucena.....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	JUSTIFICATIVA	14
4	REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1	Bacia Hidrográfica	17
4.2	Drenagem Urbana	19
4.3	Bacia de Drenagem	21
4.3.1	Bacia de Drenagem Urbana de Natal/RN	25
4.3.2	Bacia de Drenagem Urbana de Teresina/PI	29
4.3.3	Bacia de Drenagem de Fortaleza/CE	31
5	METODOLOGIA	33
5.1	Área de Estudo	33
5.2	Materiais e Métodos	37
5.2.1	Mapeamento das Microbacias	37
5.2.2	Cruzamento de Informações.....	39
5.2.3	Visita de Campo	40
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1	Delimitação das Microbacia e das Sub-Bacias	42
6.1.1	Sub-bacia Rio das Balsas.....	44
6.1.2	Sub-bacia Rio Maravilha.....	44
6.2	Cruzamento de Informações	45
6.3	Visitas de Campo	49
6.3.1	Microbacias Rio das Balsas – IV	50

6.3.2	Microbacias Rio das Balsas – V	52
6.3.3	Microbacias Rio das Balsas – VI	52
7	CONCLUSÃO	55
8	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O sistema de drenagem numa cidade representa o fundamental veículo de escoamento das águas pluviais. Conforme a Lei Federal n. 11.445, de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, o sistema de drenagem se encontra integrado à qualidade de vida, saúde pública, segurança pública e preservação dos patrimônios público e privado. Quando tal sistema fica sobrecarregado pela grande quantidade de resíduo sólido, por exemplo, chuvas intensas geram graves prejuízos aos habitantes, tais como enxurradas, alagamentos, perdas materiais e transmissão de doenças (BRASIL, 2007). Na zona urbana, o sistema de drenagem é composto por pavimentos das ruas, bocas de lobo, guias, sarjetas e galerias de drenagem. Por meio destes elementos, associado ao manejo adequado das águas de chuva, evitam-se problemas de inundações, alagamentos, deslizamentos, dentre outros.

O crescimento urbano das cidades no Brasil tem impactado o meio ambiente e a vida de seus habitantes, comprometendo a qualidade de vida destes, em especial quando não se observa o sistema de drenagem do território urbano. Casos frequentes de inundações têm prejudicado a qualidade da água e a falta de conhecimento de como as águas escoam acarreta danos significativos à população. Em função disso, é importante conhecer a bacia de drenagem de uma determinada região, uma vez que o conhecimento da área pela qual ela se estende é fundamental quando se trata de planejamento urbano.

Desenvolver estudos a respeito das características de uma bacia de drenagem permite realizar planejamento e gestão de maneira adequada. Nesse sentido, quando se tem conhecimento sobre aspectos tais como comprimento dos cursos de água, área, características de adensamento da região, dentre outros, criam-se subsídios que podem servir como base para tomadas de decisão em situações de risco, principalmente nos períodos chuvosos. Fazendo isso, se reduz ao máximo as áreas atingidas ou criam-se programas para lidar com os eventos de inundação, reduzindo os transtornos causados por estes.

Numa cidade, por exemplo, é preciso preservar áreas de infiltração, caso contrário, sobrecarrega-se o escoamento superficial, fazendo com que um grande volume de água seja direcionado rapidamente ao exutório, que corresponde ao ponto de menor altitude de uma bacia de drenagem, isto é, a foz do rio principal. É

para esse ponto que se direciona todo escoamento superficial produzido no interior da bacia drenada. É essencial que se conserve a bacia, evitando sua degradação e que se projetem ações estratégicas e eficazes que visem a prevenção de enchentes e inundações (FEREGUETT, 2019). Nesse esforço, devem ser realizados mapeamentos de bacias de drenagem, que compreendem avaliações socioeconômicas, fisiográficas, além de apontar problemas da região e das práticas de manejo nela utilizadas.

Levando em consideração tais informações e visando subsidiar a elaboração de um plano diretor de drenagem urbana para o município de Balsas – MA, objetiva-se mapear as bacias de drenagem do perímetro urbano do referido município.

O presente trabalho está estruturado em oito partes, da seguinte maneira: o primeiro capítulo: a Introdução que relata sobre a escolha do tema. O segundo capítulo: com os objetivos do trabalho, Objetivo Geral e Objetivos Específicos. O terceiro capítulo: a Justificativa do trabalho. O quarto capítulo: o Referencial Teórico onde se baseou em alguns trabalhos para realização desse trabalho. O quinto capítulo: apresenta as etapas que foram realizadas na elaboração do presente trabalho. O sexto capítulo: apresenta os Resultados e Discussão dos dados obtidos para realização do mapeamento das microbacias e análise das visitas em campo. O capítulo sete: contém as considerações finais que obteve do trabalho e o último capítulo relata sobre sugestões para trabalhos futuros.

2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos propostos para realização do presente trabalho.

2.1 Objetivo Geral

Mapear as bacias de drenagem da zona urbana da cidade de Balsas/MA.

2.2 Objetivos Específicos

- Criar um banco de dados geográficos georreferenciável com informações das bacias de drenagem da cidade de Balsas/MA;
- Caracterizar as microbacias de drenagem da cidade, identificando qual tipo de zona está inserido assim como tipo de ocupação.

3 JUSTIFICATIVA

As condições presentes de algumas cidades do Brasil vêm apresentando consequências de uma metodologia de urbanização desordenada que é decorrente desde últimas décadas, e vem apresentando muitas falhas que acabam influenciando de modo direto o conforto e bem-estar da população. A ocupação de áreas sem um mínimo de infraestrutura é um dos exemplos conhecidos dessa urbanização sem planejamento. Nesse sentido, dentre tantos problemas causados por uma ausência de planejamento do desenvolvimento da cidade, especialmente nas áreas urbanas, surgem problemas tais como enchentes e alagamento em momentos de intensas chuvas. Conseqüentemente, os habitantes passam a ter problemas com mobilidade, de segurança e saúde e até danos financeiros. Conforme Tucci (1999):

A inundação das cidades brasileiras é um processo que produz impactos sociais e econômicos devido principalmente a falta total de planejamento e a adoção de soluções inadequadas. Este cenário produziu duplo prejuízo para a população, pois além das medidas de controles adotadas aumentarem os prejuízos dos eventos de inundação. Estas são muito mais caras que as medidas alternativas de controle na fonte (TUCCI, 1999, p. 1).

Atualmente, um número considerável de municípios brasileiros, apesar da constitucionalização e obrigatoriedade do Plano Diretor estabelecido no ano de 1988, no inciso V do art. 2º, enfrenta o crescimento urbano sem qualquer tipo de planejamento (MAGLIO, 2015). Ter um Plano Diretor é fundamental porque é um instrumento que servirá como referência para a política de desenvolvimento no âmbito municipal.

Tucci (1999), ao apreciar inúmeros planos diretores, chegou a afirmar que o planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, por meio do Plano Diretor Urbano, tem ignorado aspectos de drenagem urbana e qualidade da água. Em função disso, geram-se transtornos de significativa amplitude e custos tanto para a sociedade como para o meio ambiente. Nesse sentido, o referido autor aponta que o desenvolvimento urbano no Brasil tem ocasionado aumento representativo na incidência de inundações e impactado na produção de sedimentos e degradação da qualidade da água.

Diante dos problemas relacionados, o Plano Diretor Urbano não pode esquecer a questão da drenagem urbana. E, para isso, é fundamental que no

referido plano seja contemplado o planejamento das áreas a serem desenvolvidas. A drenagem urbana compreende uma série de medidas com a intenção de reduzir os riscos que a população pode enfrentar, restringindo prejuízos provocados por inundações e promovendo o desenvolvimento urbano de forma articulada e sustentável. Nesse sentido, corresponde à administração da água da chuva que flui na área urbana.

Associado à drenagem urbana, deve-se levar em conta a bacia hidrográfica nos municípios, observando-as enquanto unidades estratégicas de análise e intervenção, tendo em vista que as águas pluviais dentro dessa unidade de área escoam para um determinado local. Para Spadotto (2012), a gestão territorial é um relevante instrumento para planejar, implantar e acompanhar as políticas públicas e as iniciativas promovidas por setores privados, que devem levar em consideração o eficaz processo de escoamento, elemento indispensável para prevenir enchentes.

Balsas, município da região Sul do Estado do Maranhão, em termos econômicos, é um grande produtor de soja e detentor do 3º maior Produto Interno Bruto (PIB) do Estado, tendo recebido nas últimas décadas significativo número de migrantes provenientes do Rio Grande do Sul, Espírito Santo, São Paulo e Goiás. Conforme último censo realizado pelo IBGE no ano de 2010, Balsas conta com uma população de 83.528 habitantes, estimando-se que hoje tenha em torno de 94.887 habitantes (IBGE, 2019).

A cidade de Balsas, impulsionada pelo agronegócio, teve um crescimento considerável nos últimos anos, conforme se pode constatar nos dados do último censo do IBGE (2010). Tal crescimento não foi acompanhado com o aumento de infraestrutura urbana e áreas no município foram loteadas sem um mínimo planejamento, apenas atendendo o básico de água encanada e energia elétrica. Todavia, a topografia do município favorece o escoamento superficial acelerado em algumas partes, ocasionando erosão nesses loteamentos sem calçamento. São mais de 20 pontos de erosões na cidade e aproximadamente 8 pontos são de risco maior. A cidade tem aproximadamente 250 km de ruas sem calçamento que equivale 70% da zona urbana da cidade e além de acúmulo em outras partes (G1,2019). Isso acontece por conta da falta de um plano de drenagem urbana, que tem início com o mapeamento das microbacias, ação esta que visa identificar como a água escoar no município. Atualmente, o município não tem um plano de drenagem urbana ou, ao menos, o conhecimento de como as águas pluviais escoam na zona

urbana. Sendo assim, um trabalho que se propõe mapear as bacias de drenagem da zona urbana pode subsidiar a gestão municipal. Nesse sentido, torna-se relevante a produção e divulgação de conhecimentos que sensibilizem para o tema e consigam produzir resultados concretos, colaborando com a garantia de direitos fundamentais, a exemplo da saúde e da segurança.

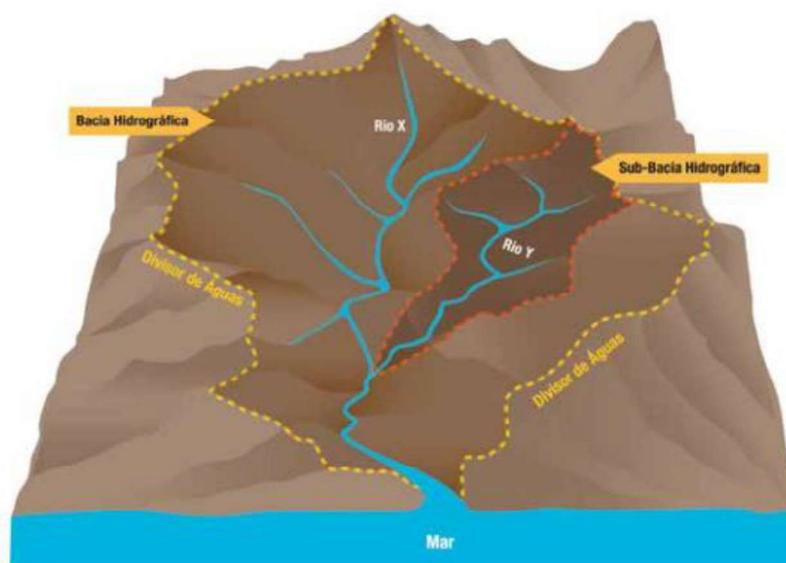
4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os estudos teóricos acerca do tema, necessários para realização do trabalho.

4.1 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é uma área de coleta natural de água de precipitação da chuva, que faz o escoamento convergir para um único ponto de saída denominado exutório. Composta por um conjunto de superfícies inclinadas, é formada pela superfície do solo e uma rede de drenagem formada pelos cursos de água. Tais cursos d'água são formados por um rio principal e seus respectivos afluentes e subafluentes. Ainda dentro da bacia hidrográfica há as nascentes dos rios, divisores de água ou interflúvio e sub-bacias. Na bacia hidrográfica, percebe-se uma hierarquização dos rios em que os mesmos se encontram organizados em ordem de menor para maior volume, onde suas águas escoam dos solos mais altos para os mais baixos (Figura 1).

Figura 1 - Bacia Hidrográfica.



Fonte: Freitas et al. (2015).

Freitas et al. (2015) explicam que a concentração do fluxo de água é responsável pela formação dos rios. A água dos rios parte de áreas de territórios adjacentes e as bacias correspondem ao “[...] conjunto de toda a área que leva água

para certo rio. [...], podendo-se afirmar que “[...] bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é toda a área da superfície terrestre onde ocorre o direcionamento das águas das chuvas para um rio e seus afluentes” (FREITAS et al., 2005, p. 10).

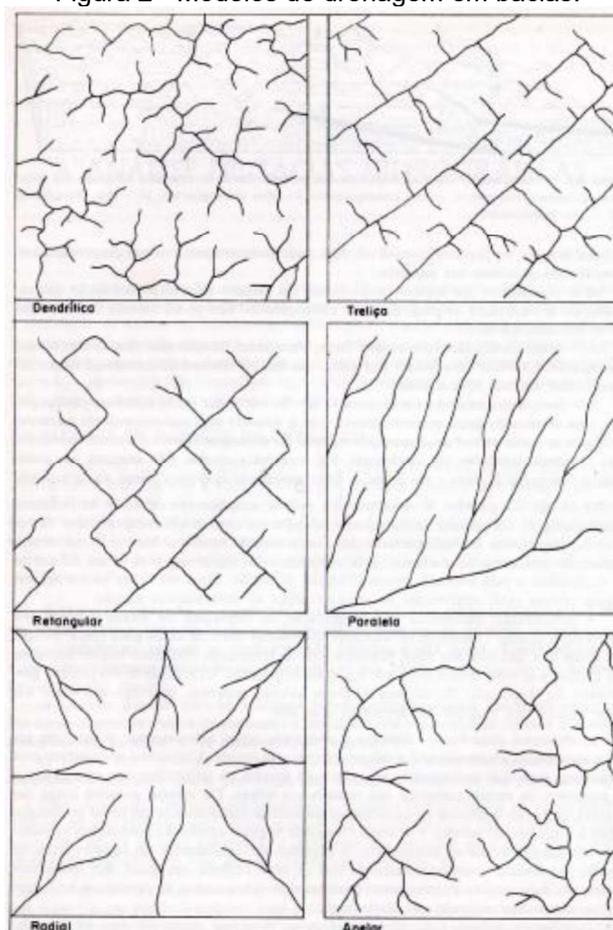
Nesse sentido, a formação da bacia hidrográfica acontece por conta do desgaste provocado pela água no relevo de uma área, resultando na formação de vales, planícies e nascentes. As bacias hidrográficas realizam a natural recepção das águas pluviais que, por sua vez, escoam pela rede de drenagem, dando origem a um rio principal, para o qual todos os afluentes de uma bacia hidrográfica correm e deságuam (FREITAS, 2015).

Diversos padrões de drenagem marcam as bacias hidrográficas, podendo ser: exorreicas, endorreicas, arreicas e criptorreicas. Na exorreica, a drenagem das águas do rio principal se direciona para fora do continente; a endorreica acontece quando as águas do rio escoam para um lago ou um mar na parte interna do continente; a arreica corresponde à drenagem de regiões desérticas, nas quais o fluxo de águas é formado apenas por ocasião das chuvas; por último, a criptorreica acontece quando o rio escoam para dentro de uma caverna calcárea (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Toda bacia hidrográfica contém um tipo de drenagem, tendo como exemplo, dendrítica, treliça, retangular, paralela, radial, anelar, dentre outros. A Figura 2 mostra alguns tipos de modelo de drenagem que existe em bacias.

Schiavetti e Camargo (2002) afirmam que as chuvas que caem sobre a bacia hidrográfica atingem as vertentes e se infiltram no solo, saturando o mesmo e ocasionando escoamento superficial das vertentes para os cursos d’água. Tais redes de drenagem conduzem a água até uma seção de saída. E asseveram: “[...] devido à falta de planejamento do uso e ocupação do solo urbano e rural, observa-se, comumente, uma série de problemas relacionados à urbanização desses solos que direta ou indiretamente causam problemas ao gerenciamento de Bacias Hidrográficas” (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002, p. 54). Esses problemas acontecem devido à falta de planejamento de uma drenagem urbana nas cidades brasileiras.

Figura 2 - Modelos de drenagem em bacias.



Fonte: Chistofolletti (1980).

4.2 Drenagem Urbana

Questões referentes à drenagem urbana de águas pluviais existem em praticamente todas as cidades do Brasil, principalmente devido a falta de planejamento urbano que acaba levando ao uso inadequado do solo, com implantação de edificações feitas de qualquer forma e em qualquer local, por exemplo. A ausência de planejamento urbano, drenagem urbana sem planejamento, ocupação de encostas, impermeabilização sem controle de regiões de escoamento das águas pluviais e descarte inadequado de resíduos sólidos representam algumas das causas dos alagamentos e das inundações (NATAL, 2014).

Enchentes, inundações e alagamentos são os principais problemas ocasionados quando há falta de um sistema de gestão das águas oriundas das precipitações pluviométricas. A enchente corresponde ao aumento temporário do

nível de água do rio, atingindo a cota máxima do canal, mas sem haver transbordamento; a inundação é o transbordamento das águas de um canal de drenagem, alcançando as áreas marginais (planície de inundação ou área da várzea) e o alagamento compreende o acúmulo de água nas ruas e nos perímetros por conta de problemas no sistema de drenagem (PORTO ALEGRE, 2005).

As principais causas das inundações são a ocupação urbana desordenada, a pavimentação de ruas, a construção de edificações e ruas às margens dos rios, o dimensionamento precário dos sistemas de drenagem, a ausência de rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico e o acúmulo de detritos em galerias pluviais, canais de drenagens e cursos de água. Associados a esses fatos, há aqueles que agravam o problema das inundações, tais como: realização de obras de drenagem sem o devido planejamento ou com algum tipo de falha durante sua execução e soluções impróprias de canalização, tudo isso representando certa carência de planejamento urbano (PORTO ALEGRE, 2005).

De acordo com o IBGE (2013), entre 2008 e 2012, por volta de 1,4 milhão de brasileiros ficaram desabrigados devido as enchentes urbanas e também 1.543 municípios sofreram com inundações e alagamentos. Os alagamentos e as inundações acabam gerando um grande transtorno nas cidades como, por exemplo, perdas de bens materiais e até mesmo perda humana, principalmente em cidades que tem o desenvolvimento de forma desordenada. Segundo Haddad e Teixeira (2013), na cidade de São Paulo os prejuízos causados por uma chuva forte podem ser da ordem de R\$ 1 milhão por dia. A cidade foi identificada com 749 pontos críticos de alagamento e os estragos anuais no âmbito do município são de aproximadamente R\$ 336 milhões (HADDAD; TEIXEIRA, 2013).

Conforme já foi comentado, pela Lei Federal n. 11.445, de 2007, a drenagem urbana é um direito básico da população, compreendendo o conjunto do saneamento básico, alinhado ao sistema de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, manejo de água pluvial, de coleta e tratamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2007). É, portanto, uma obra fundamental que consiste em obras e instalações voltadas para o escoamento do excesso de água nas rodovias, nas zonas rural ou urbana. Possuindo finalidades de segurança, econômica e de saúde pública, essas obras e instalações compreendem todas as medidas que devem ser tomadas, visando prevenir ou reduzir os riscos oriundos das inundações. Complementando, Tucci (2012) afirma que:

A gestão da drenagem urbana envolve o manejo do escoamento no tempo e no espaço, visando a minimizar danos à sociedade e ao ambiente. A visão moderna da gestão desenvolve a integração dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e das águas urbanas (incluída a drenagem urbana) (TUCCI, 2012, p. 7).

Para enfrentar tais problemas, tem-se como alternativa a prática de uma gestão integrada e o desenvolvimento de projetos sustentáveis, visando o estudo de questões relacionadas aos resíduos sólidos, à utilização da água, à drenagem e ao esgoto na área urbana. Ainda, se faz necessário a realização de estudos integrados, envolvendo legislação pertinente e noções de gerenciamento, para que sejam alcançadas metas tais como a melhoria da qualidade de vida e a conservação ambiental das áreas. Segundo Olival et al. (2017), é fundamental a existência de uma integração que favoreça melhor funcionamento dos sistemas de drenagem, de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nas cidades. Uma das primeiras ações em termos de planejamento de drenagem urbana é através do mapeamento das bacias de drenagem principalmente na zona urbana do município.

4.3 Bacia de Drenagem

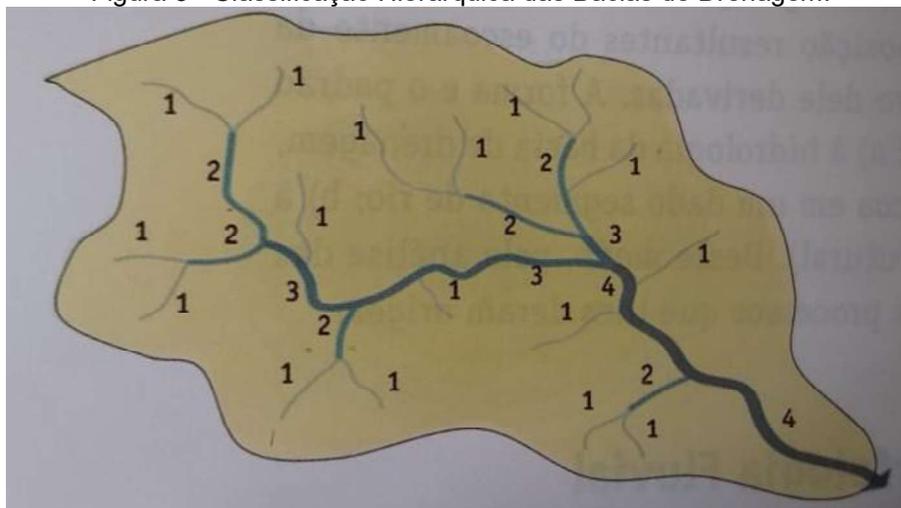
Considera-se a bacia de drenagem urbana uma unidade ideal de planejamento, por meio deste planejamento se pode ter controle sobre enchentes, favorecer o desenvolvimento de atividades produtivas, manter navegáveis os rios, preservar meio ambiente, dentre outros. Para Coelho Neto (2005, p. 98), uma bacia de drenagem corresponde a: “[...] uma superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum num determinado ponto de um canal fluvial”.

A bacia de drenagem urbana é uma área que está contida numa bacia hidrográfica em meio urbano. Possui o mesmo sentido da bacia hidrográfica em que a água pluvial que cai na região é direcionada para os pontos mais baixos até o exutório.

As bacias de drenagem elas apresentar diversas características que é padrões de drenagem, que contém cada situação espacial dos rios e a estrutura geológica do terreno. As bacias de drenagem e a classificação dos cursos d'água são hierarquia fluvial constituindo-se na chamada ordem hierárquica das

bacias de drenagem (Figura 3). A classificação da ordem hierárquica pode ser classificada de diversas maneiras de acordo com os autores Strahler e Horton (NOVO,2008).

Figura 3 - Classificação Hierárquica das Bacias de Drenagem.



Fonte: Novo (2008).

A delimitação da bacia de drenagem é considerada por carta topográfica ou imagem tridimensional de um local. Devido a diversificação do uso e ocupação do solo, prefere-se usar subdivisões menores na bacia de drenagem como microbacias e sub-bacias (NOVO,2008).

As microbacias é a que contém a menor área na bacia de drenagem e de acordo com Novo (2008) as microbacias representam a 1º ordem na classificação hierárquica das bacias de drenagem sendo assim ela representam as nascentes das bacias . E de acordo com Cecílio e Reis (2006), apontam a microbacia como uma sub-bacia de área limitada, com a área máxima entre 0,1 km² a 200 km². E para Calijuri e Bubel (2006) as microbacias são áreas formadas por canais de 1ª e 2ª ordem e em algumas situações de 3ª ordem (TEODORO ET AL .,2007).

As sub-bacias fazem parte também da bacia de drenagem na definição de alguns autores, a área de uma sub-bacia varia consideravelmente. Faustino (1996) ordendiz que as sub-bacias contém áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km². Rocha (1997, apud MARTINS et al., 2005) fala que as áreas estão entre 200 km² a 300km² que equivale a 20.000 ha e 30.000 ha. Para Santana (2004), as bacias podem ser divididas em várias sub-bacias de uma medida qualquer, de acordo com o ponto de saída do canal coletor. Apensar dessas várias divisões, é

importante ressalta que cada bacia se relaciona com outra bacia de ordem hierárquica superior. Devido essa falta consonância de área, as definições de bacia e sub-bacias são relativos (TEODORO et al., 2007).

Sabendo que a bacia de drenagem contem microbacias e sub-bacias. Para realizar um mapeamento de um futuro plano diretor de drenagem urbana deve compreender: o estudo da bacia de drenagem como um todo; a consolidação de normas e critérios de dimensionamento uniformes para a bacia ou conjunto de bacias; identificação de áreas que possam ser preservadas; realização de zoneamento das várzeas de inundação; estabelecimento do escalonamento da implantação das medidas necessárias; desenvolvimento urbano harmonioso; e envolvimento da comunidade, esclarecendo a respeito da natureza e dimensão dos problemas e formas de soluções propostas (YAHN; ARMANDO, 2005).

Uma bacia de drenagem corresponde a um elemento indispensável para a análise no ciclo hidrológico, especialmente na sua etapa terrestre, compreendendo a infiltração e o escoamento superficial. Pode-se defini-la enquanto área limitada por um divisor de águas, separando das bacias adjacentes e servindo para a captação natural da água pluvial por meio das superfícies vertentes (GALVÃO; MENESES, 2005).

Quando o planejamento proposto por um plano diretor realiza uma ação adequada no processo de expansão nas áreas urbanas, levando em conta os aspectos de uma bacia de drenagem, podem ser prevenidos custos de caráter ambiental, social e econômico.

Uma pesquisa realizada por Righetto, Gomes e Freitas (2017), com o objetivo avaliar a primeira carga de lavagem de uma bacia urbana da cidade de Natal, Rio Grande do Norte, quantificou cargas poluentes presentes nos deflúvios superficiais em decorrência de nove eventos de precipitação pluviométrica, monitorados ao longo do ano de 2013. Por meio da análise dos dados levantados nessa pesquisa, se chegou à conclusão de que, para a bacia estudada, pode-se aplicar o conceito de *first flush*¹ que pode ser traduzida como primeira carga de lavagem (PCL), nas estratégias de manejo de águas pluviais, visando implementação de boas práticas de manejo, que estão sendo amplamente difundidas no âmbito da drenagem urbana.

¹ *First flush* é separador de fluxo, isto é, corresponde a um dispositivo destinado a retirar a “primeira água” da chuva, favorecendo a diminuição da concentração de impurezas na água.

O estudo e o acompanhamento da drenagem no perímetro urbano são fundamentais. O estudo realizado por Righetto, Gomes e Freitas (2017) é um exemplo disso. A partir dessa ilustração, percebe-se que a compreensão das fontes potenciais de poluentes é indispensável para o entendimento dos impactos do lançamento dos deflúvios. Apesar do acúmulo de poluentes na bacia ter sua origem em inúmeras fontes, provocando efeitos individuais de difícil separação, “[...] o conhecimento qualitativo das prováveis fontes possibilita ao investigador concentrar-se nas áreas problemáticas e avaliar dispositivos de controle que podem ser usados para desviar cargas adversas antes que elas atinjam o sistema de macrodrenagem” (RIGHETTO; GOMES; FREITAS, 2017, p. 1110).

Já na pesquisa, realizada por Gomes (2014), tendo como finalidade a análise da qualidade da água dos deflúvios superficiais na área da bacia piloto de Mirassol, na cidade de Natal – RN, foi detectado, inicialmente, que o escoamento superficial Runoff representa grande potencial poluidor de corpos d’água, sendo constatadas que em diferentes intensidades de precipitação podem ser geradas elevadas taxas de concentração de poluentes no escoamento superficial. Por ocasião da análise foi identificado alto teor de fósforo total, nutriente limitante, que pode ocasionar deterioração da qualidade da água.

De acordo com Gomes (2014), as altas taxas de poluentes são ocasionadas por hábitos moradores próximos ao ponto de coleta, tais como ligações clandestinas na rede de drenagem lavagem de carro nas proximidades do ponto de monitoramento da lagoa, dentre outros. Tais hábitos são responsáveis pela poluição difusa. Para a referida autora, os trabalhos experimentais desenvolvidos em seu estudo foram significativos durante a caracterização dos sedimentos presentes na superfície da bacia. Da mesma forma, foram fundamentais para a avaliação do potencial poluidor do escoamento ocasionado pela bacia de drenagem. Concluindo sua reflexão, considera que estas informações são indispensáveis para a implantação de elementos de tratamento das águas de chuva nas regiões urbanas.

O objetivo do plano diretor de drenagem urbana é o controle do escoamento da água de chuva, evitando desastres ambientais e doenças provenientes do alagamento e outros prejuízos para moradores e até comerciantes. Alguns municípios já conseguiram implantar planos diretores de drenagem urbana mesmo, como por exemplo, a cidade de Natal/RN que realizou o mapeamento da sua bacia

em 2009, também outras cidades como, Teresina/PI e Fortaleza/CE. A seguir serão analisadas as bacias de drenagem desses planos diretores.

4.3.1 Bacia de Drenagem Urbana de Natal/RN

A extensão territorial do município de Natal, no Rio Grande do Norte, se localiza dentro de quatro bacias de drenagem: Bacia do Rio Potengi, que compreende 31,19% da área do município; 3,95% de escoamento difuso da litorânea oriental; bacia do rio Doce (23,43%); e bacia do rio Pirangi (15,3%) (MUNICÍPIO DE NATAL, 2009).

O Rio Potengi, com uma extensão de 176 quilômetros, tem sua nascente na cidade de Cerro Corá, no agreste do Rio Grande do Norte, e sua foz na cidade de Natal, quando desemboca no Oceano Atlântico (MUNICÍPIO DE NATAL, 2009).

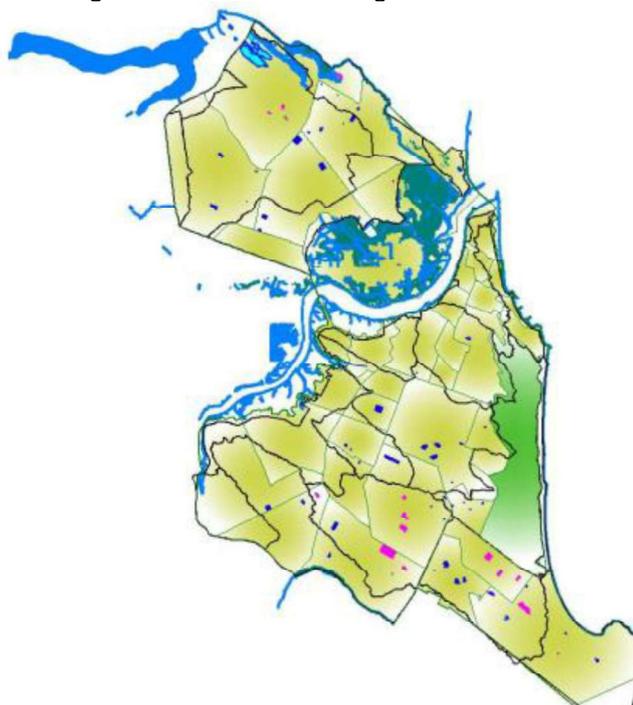
O Rio Doce, principal rio da bacia de mesmo nome, nasce na Lagoa de Extremoz, resultante da convergência dos Rios Mudo e Guajiru. O referido Rio serve como limite entre os municípios Extremoz e Natal, desaguando no estuário do Rio Potengi (FAUSTINO; SILVA, 2015).

A bacia do rio Pirangi, com uma área de aproximadamente 599,04 km², também deságua no litoral oriental. A referida bacia compreende os municípios de Natal, Nísia, Floresta, Macaíba, Parnamirim, Vera Cruz e São José de Mipibu. De pequena extensão, é composta pelos rios Água Vermelha, Mendes, Pirangi, Pitimbu, Pium e Taborda (RAMALHO; FARIAS, 2010).

As bacias de drenagem de Natal/RN foram divididas no primeiro Plano de Drenagem em 1973 e englobavam somente as zonas Leste e Oeste. Em 2009 foi desenvolvido um plano diretor de drenagem urbana cuja classificação das bacias foi expandida para todo o município utilizando-se para isso critérios adequados para as bacias do sistema de esgotamento sanitário de Natal. Assim, não se levou em consideração a infraestrutura existente de integração das sub-bacias de drenagem da cidade (NATAL, 2014).

Desta maneira, identificou-se nesse novo levantamento 20 bacias de drenagem de Natal (Figura 4), tendo 6 (seis) na Zona Norte, 14 (quatorze) nas Zonas Leste, Oeste e Sul.

Figura 4 - Bacia de Drenagem de Natal/RN.



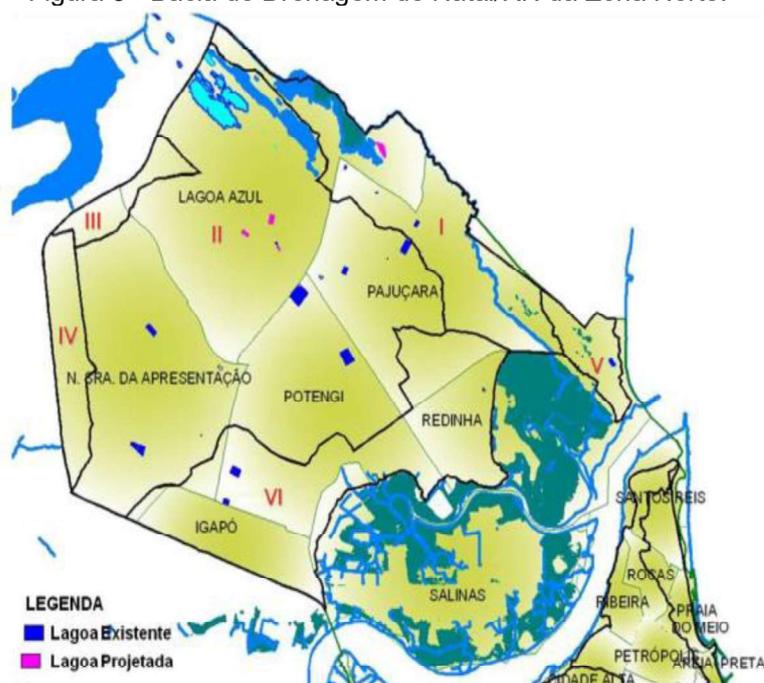
Fonte: Natal (2014).

A Drenagem da Zona Norte de Natal contém 06 (seis) bacias hidrográficas, subdivididas em sub-bacias e distribuídas em 4 bairros e uma lagoa (Figura 5). A Bacia I encontra-se situada na parte nordeste do município é separada por 07 sub-bacias, tem uma área total de 5,85 km². As características Bacia I são: ocupações informais e baixa densidade, especialmente nas sub-bacias 1, 2 e 4, onde se encontram áreas ambientais. Já nas sub-bacias 3, 5 e 7 contém maior de ocupações, a 3 e 7 tem ocupações de lotes, conjuntos habitacionais e quadras e na sub-bacia 5 tem ocupações informais. A Bacia II é a maior com área de aproximadamente 24,2 km². Se encontra na parte central de 2 bairros e de uma lagoa, é dividida em 13 sub-bacias e apresenta áreas permeáveis na maioria das suas sub-bacias. A ocupação é parecida com as outras bacias e, devido ter a maior área, contém mais bairros e uma diversidade de uso e ocupação.

A Bacia III tem uma área total de 0,9 km² e é dividida em 02 sub-bacias. A presente bacia contém poucas ocupações e maior ocupação é de lotes, tem edificações e ocupação industrial, e a área permeável é pouca. A Bacia IV tem área total de 1,65 km², não tem divisão de sub-bacias, tem uma ocupação grande do tipo industrial e áreas permeáveis. A bacia V é dividida em 2 sub-bacias, com área total de 1 km². A presente bacia se encontrar na área antiga da cidade, com uma densidade média e as ocupações foram feita sem planejamento. E, a Bacia VI, é

dividida em 05 sub-bacias, tem a segunda maior área da zona norte que é de aproximadamente 8,83 km², a sua ocupações são diversas como de lotes, conjuntos habitacionais, áreas sem ocupações e com ocupações informais e formais (NATAL, 2014).

Figura 5 - Bacia de Drenagem de Natal/RN da Zona Norte.



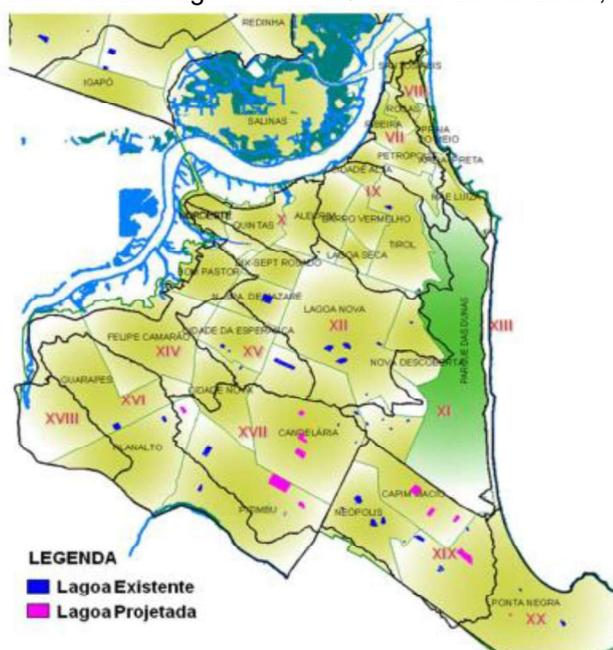
Fonte: Natal (2014).

As Zona Leste, Oeste e Sul contêm 14 bacias, onde tem rios e lagoas (Figura 6). A Bacia VII se encontra localizada na Zona Leste, tendo três sub-bacias com área total de 2,2 km², se distribui em 5 bairros e na Praia do Meio e no limite com o Rio Potengi onde os canais e galerias fazem a drenagem. As sub-bacias da bacia VII são: sub-bacia VII.1 que é a menor das três, nela não contém galerias; a sub-bacia VII.2 tem área de aproximadamente 0,8 km² e, dentro dela, tem uma praia; a sub-bacia VII.3 é a maior das três e nela não contém lagoa; a Bacia VIII tem área total de 2,04 km², se encontrar na Zona Leste dividida em 6 sub-bacia e todas existem rede drenagem galerias . O tipo de ocupações na Bacia VIII é diversa, por exemplo, 4 das sub-bacia tem característica mais adensada e em 2 sub-bacias a densidade delas são mais baixa onde tem poucas ocupação de casa e construções e uma da sub-bacias VIII não tem lagoa. A Bacia IX faz parte da Zona Leste de Natal ela tem uma área de aproximadamente 8,76 km² passa por duas lagoas e apresentar duas

sub-bacias , o uso de ocupações e de residências e tem uma variedade no tipo de adensamento urbano.

A Bacia X se localizar nas Zonas Leste e Oeste, tem área de 3 km², nessa bacia não contém lagoas mas tem riachos e a ocupação na maior parte e de residência e tem um adensamento alto na área total da bacia. Já a Bacia XI tem área de aproximadamente 11,29 km² é a bacia importante para a cidade e se encontrar na Zona Sul, nela contém 5 lagoas e tem 4 sub-bacias , as ocupações dessa Bacia tem o Parque Estadual Dunas de Natal , a Universidade Federal do Rio Grande de Norte e conjuntos habitacionais .E a Bacia XII tem área de 12,76 km² é a maior que existe na Zona Leste, Oeste e Sul , ela contém 7 lagoas , 1 riacho e 1 rio e possui 05 sub-bacias , a ocupações dessa bacia é predominantemente residencial, abarcando edificações em diferentes condições, socioeconômicas (NATAL, 2014).

Figura 6 - Bacia de Drenagem de Natal/RN das zonas Leste, Oeste e Sul.



Fonte: Natal (2014).

Observou-se que com a delimitação e mapeamento das bacias de drenagem de natal, que com as grandes chuvas que eras problemas antes, a cidade conseguiu minimizar os prejuízos com esse mapeamento conseguiu também mapear as zonas de alagamentos para realizar soluções e diminui os pontos de erosões.

4.3.2 Bacia de Drenagem Urbana de Teresina/PI

Encontra-se em Teresina, capital do Piauí, parte da Bacia de drenagem do Rio Parnaíba² e parte da área total da Bacia de drenagem do Rio Poti. A primeira é uma das mais relevantes bacias de drenagem do Nordeste, tendo uma área de 331.441 Km², dos quais 249.497 Km² se encontram no Estado do Piauí, 65.492 Km² em território maranhense, 13.690 Km² no solo cearense e 2.762 Km² de área em conflito de interesse entre os Estados do Piauí e do Ceará. A região desta bacia é composta por inúmeros rios perenes, grandes lagoas e reservas de águas subterrânea. (MUNICÍPIO DE TERESINA, 2014).

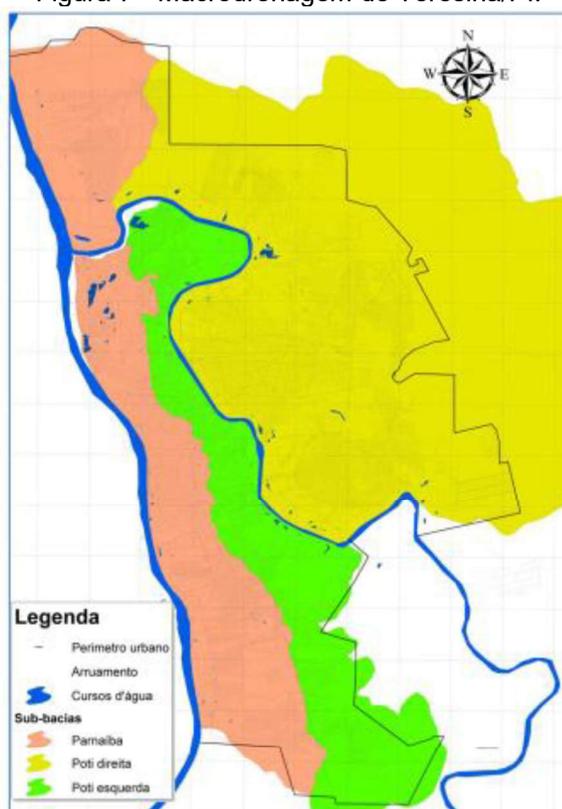
A segunda bacia de drenagem é a do Rio Poti que, na verdade, é uma sub-bacia do Rio Parnaíba. A mesma tem um território de quase 50.000 Km², o equivalente a 16% da área total da Bacia do Rio Parnaíba. O Rio Poti, com regime de águas intermitentes e com vazão média de 121 m³/s por ano, deságua no rio Parnaíba, na cidade de Teresina, tendo que lidar a com influência direta do remanso ocasionado pelas águas do rio Parnaíba (MUNICÍPIO DE TERESINA, 2014).

Na cidade de Teresina/PI, segundo a Prefeitura Municipal de Teresina (2012), através do plano diretor de drenagem urbana do município, foram identificadas macrobacias e microbacias de escoamento das águas pluviais na zona urbana da cidade (Figura 7). Com base nas características indicadas por esse plano de diretor de drenagem urbana, as macrobacias é uma subdivisão que equivale a uma sub-bacia.

O Rio Parnaíba, rio que marca a divisa entre Maranhão e Piauí, tem uma contribuição de formar direta de uma macrobacia. Já o rio Poti, rio que corta o município, tem o apoio de duas macrobacias, uma situada na margem direita e a outra na margem esquerda. As microbacias estão divididas em 70 sub-bacias, 22 na macrobacia do rio Parnaíba, 16 na macrobacia da margem direita e 32 na margem esquerda do rio Poti (Figura 8), (PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA, 2012).

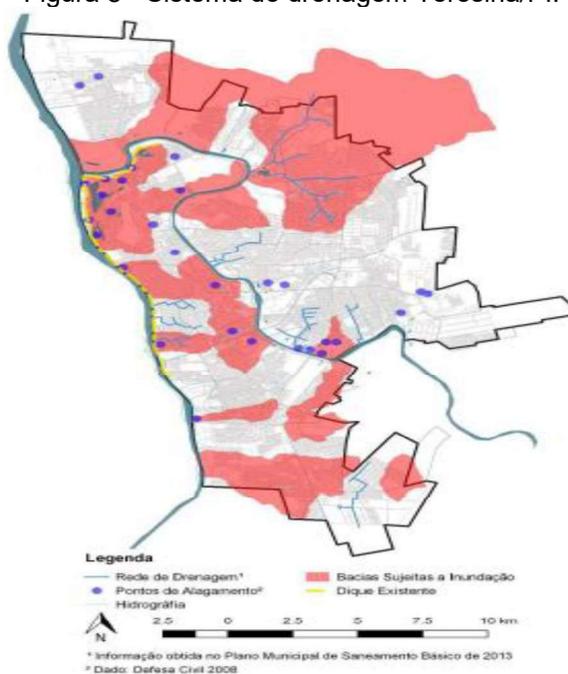
² A Bacia de drenagem do Parnaíba compreende os Estados do Piauí, Maranhão e Ceará.

Figura 7 - Macrodrenagem de Teresina/PI.



Fonte: PDDrU (2010).

Figura 8 - Sistema de drenagem Teresina/PI.



Fonte: Prefeitura Municipal De Teresina (2012).

O sistema de drenagem da cidade, de acordo com o Plano diretor de drenagem urbana (2012), foi arquitetado a medida que necessitava, sem nenhum

planejamento. Dentre outros problemas a infraestrutura da cidade não tem um levantamento existente, o que era necessário para uma análise geral do sistema. Na presente cidade, algumas medidas foram tomadas, a cidade tinha 29 microbacias suscetíveis a inundações a maioria dessa microbacias se encontrava na zona urbana para a melhoria do sistema de drenagem, com a construção de diques de contenção nos locais os quadrinhos azuis (Figura 8), que sofria bastante quando tinha chuvas fortes na cidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA ,2012).

4.3.3 Bacia de Drenagem de Fortaleza/CE

A principal hidrografia do município de Fortaleza atinge as bacias da Vertente Marítima com a área de 34,54 km², do rio Cocó com a maior área de 209,63 km², do rio Maranguapinho a área de 86,84 km² e do rio Pacoti se encontrar com a menor área de 5,02 km² (Figura 9). As bacias hidrográficas estão parcialmente introduzidas no município, cuja precipitação anual é de aproximadamente de 1378 mm. A cidade de Fortaleza se encontrar inserida na bacia denominada Metropolitana e o estado de Ceará é dividido em 12 bacias (MUNICÍPIO DE FORTALEZA, 2015).

Figura 9 - Bacias de Fortaleza/CE.



Fonte: PDDRU de Fortaleza/CE (2015).

A Bacia da Vertente Marítima se encontra localizada ao extenso do litoral, entre os rios Ceará e Cocó. A sua drenagem escoo diretamente para o oceano e para os rios que fazem parte da bacia. Inserido nessa bacia há 7 sub-bacias quem contém riachos e lagoa. A topografia dessa bacia é favorável ao escoamento das águas direcionando para o mar e se encontra localizada na zona urbana da cidade (MUNICÍPIO DE FORTALEZA, 2015).

A Bacia do Rio Cocó contém três sub-bacias. A primeira sub-bacia possui área de 91,36 km² e está controlada por um reservatório. A segunda sub-bacia é drenada por um riacho e também juntamente com o rio principal de Fortaleza com a área de 230,2 km². A terceira sub-bacia contém uma área de 195,7 km e o principal afluente é o rio Cocó que faz parte da bacia dos rios do litoral leste cearense (MUNICÍPIO DE FORTALEZA, 2015).

A bacia do Rio Maranguapinho é a segunda maior da região metropolitana de Fortaleza que contempla nove municípios. Há 36 bairros localizados na presente bacia de drenagem, atualmente contém aproximadamente 750 mil habitantes, ocupando cerca de 7.000 mil hectares de área urbanizada. E a Bacia do Rio Pacoti tem área de 240 km², o rio tem uma expansão de 118,0 km. O relevo da bacia é ondulada na sua parte superior (MUNICÍPIO DE FORTALEZA, 2015).

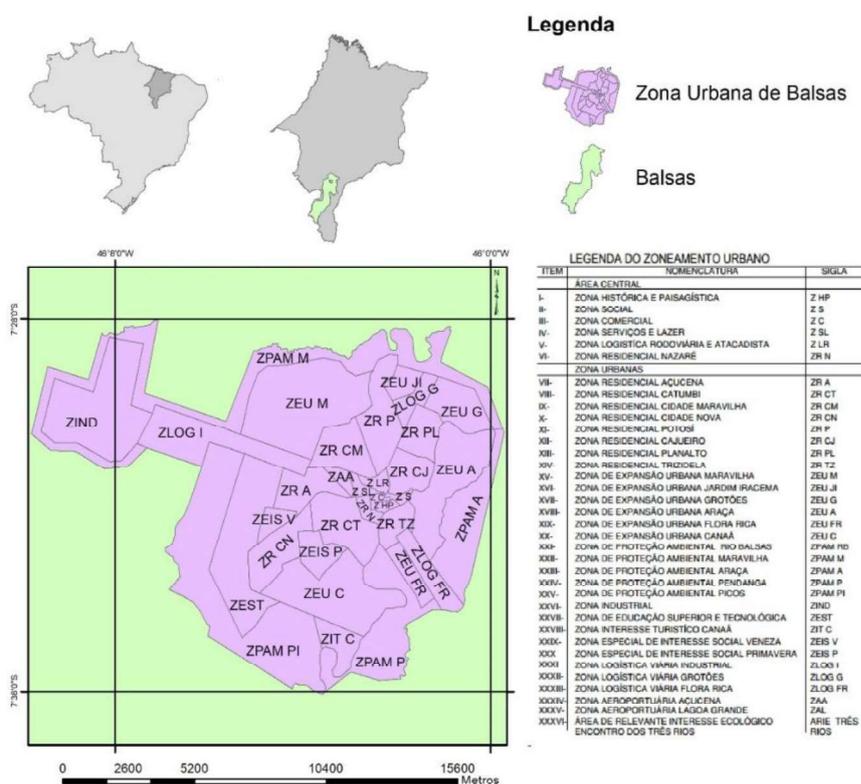
5 METODOLOGIA

Este item apresentar área de estudo e os materiais e métodos que foram realizados no presente trabalho.

5.1 Área de Estudo

Balsas possui 13.141,757 km² (IBGE, 2017), mas o foco deste estudo se concentra na zona urbana do município, que possui 157,20 km² (não considerado a Zona Aeroportuária Açucena e a Área de Relevante Interesse Ecológico Encontro dos Três Rios). A delimitação do perímetro urbano do município foi instituída no Plano Diretor do Município, através da Lei 1.395 de 2018, e também pela Lei 1.396 de 2018 que trata sobre zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo do município de Balsas/MA. Essa lei de zoneamento definiu a área urbana do município em 36 zonas (Figura 10) que foram agrupadas em: zonas de serviços, zonas comerciais, zonas de lazer, zonas de expansão, zonas residenciais, entre outras (BALSAS, 2018).

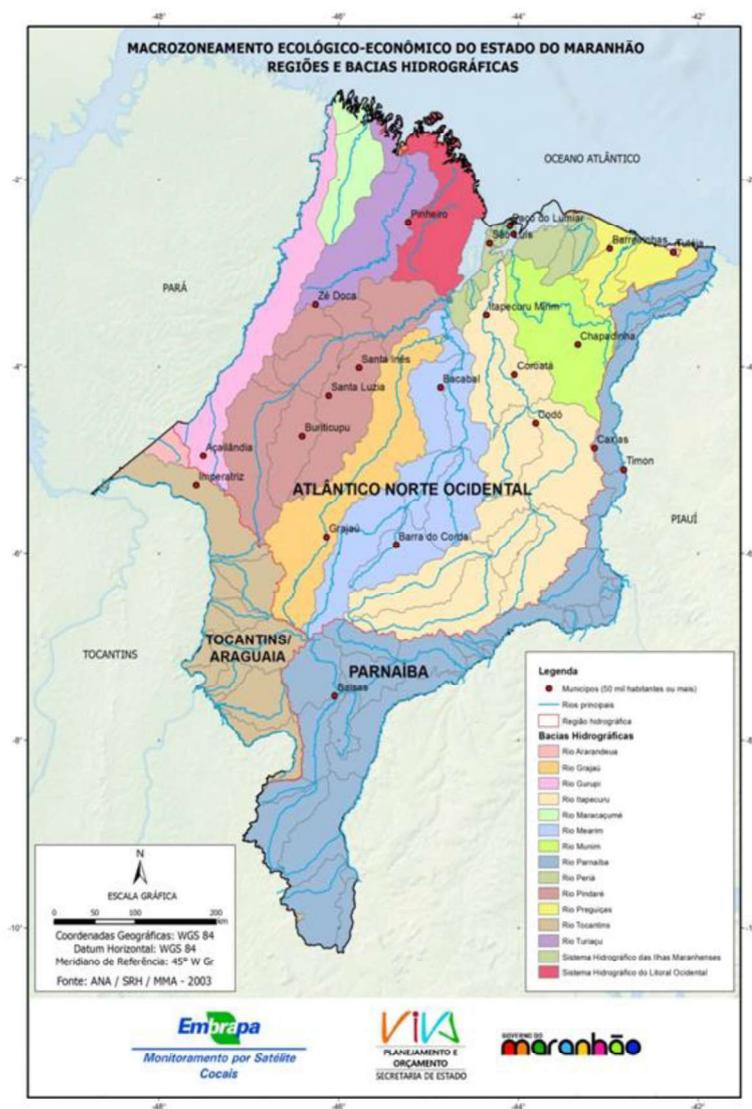
Figura 10 - Mapa das Zonas de Balsas/MA.



Fonte: Nascimento (2019).

Em termos de hidrografia, Balsas está inserida na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba (Figura 11) que possui 64.449,09 km² e tem suas nascentes na Chapada das Mangabeiras, a uma altitude aproximada de 750m. Nesta bacia, 32 municípios maranhenses possuem suas redes dentro dos limites de outra bacia. Dentre os seus afluentes, o Rio das Balsas tem extensão de aproximadamente 525 km e deságua no Rio Parnaíba, a 12 km entre as sedes dos municípios de Benedito Leite (MA) e Uruçuí (PI). Em relação à população, a bacia apresenta uma densidade demográfica de aproximadamente 10,80 hab./km², cerca de duas vezes menor comparado com a densidade demográfica do estado do Maranhão. Dos 717.723 habitantes, 62,2% residem na zona urbana (NUGEO UEMA, 2017).

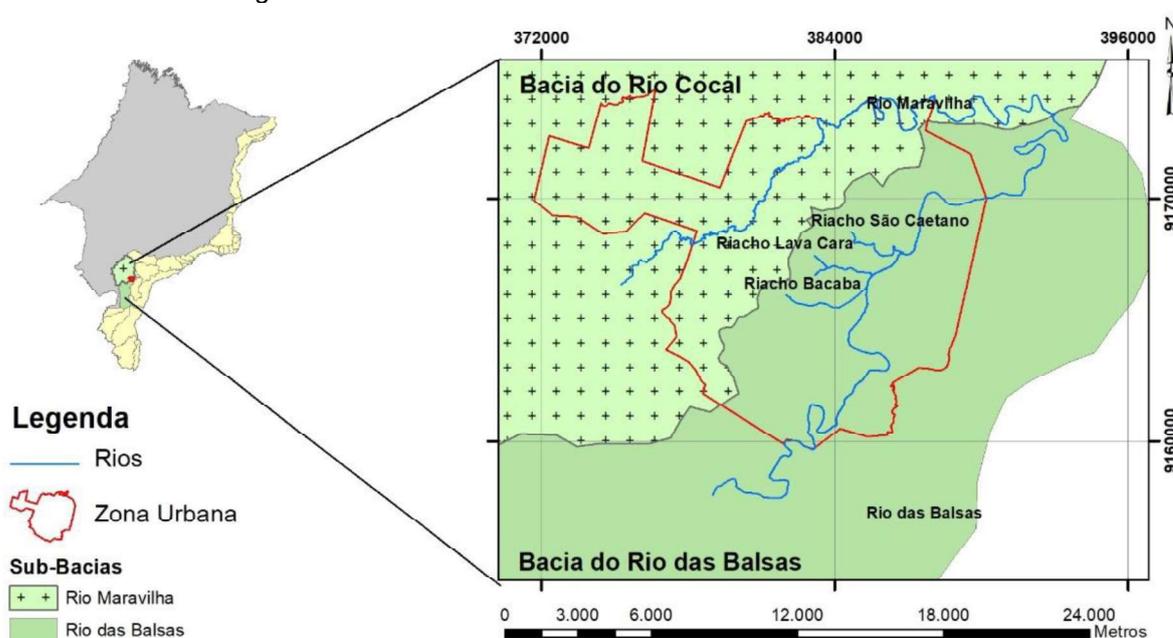
Figura 11 - Bacias Hidrográficas do Maranhão.



Fonte: Nugeo UEMA (2017).

A bacia hidrográfica do Rio das Balsas contém 24.540 Km² e tem como principais afluentes o Rio Balsinhas que se localiza na margem da direita e Rios Cocal, Maravilha e Neves que se situam na margem esquerda (FREITAS et al., 2000). Na zona urbana de Balsas, há dois rios principais: o Rio das Balsas e o Rio Maravilha. Em termo de bacia e sub-bacia, o Rio das Balsas é uma bacia independente já o Rio Maravilha é uma sub-bacia que está na bacia hidrográfica do Rio Cocal. Dentro da bacia do Rio das Balsas se destacam como cursos d'água conhecidos na região: o Riacho Bacaba, o Riacho Lava Cara e o Riacho São Caetano (Figura 12).

Figura 12 - Rios da cidade de Balsas/MA na Zona Urbana.

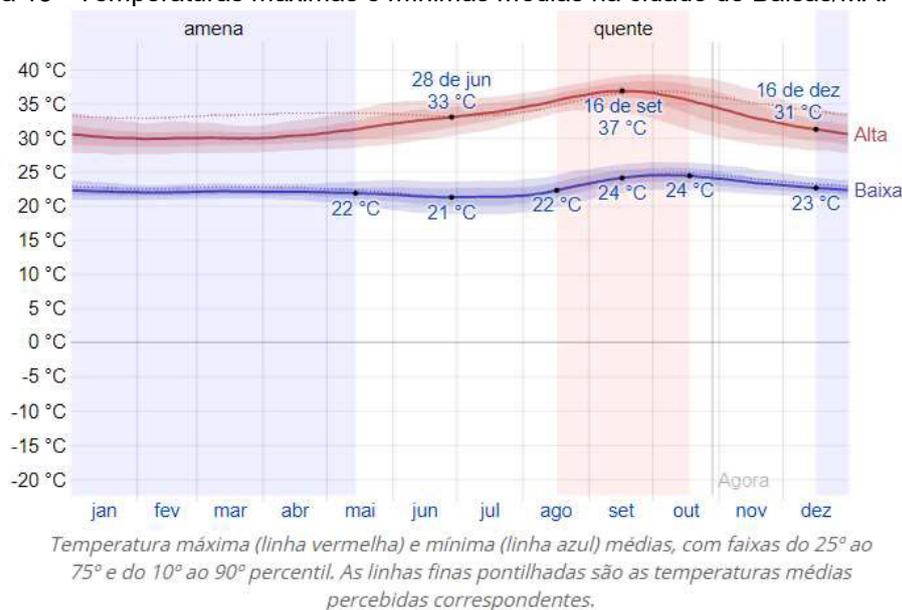


Sistema de Projeção Sirgas 2000 UTM Zona 23

Fonte: Adaptado de Nugeo UEMA (2017).

Em relação ao clima, a estação mais quente em Balsas se estende entre os meses de agosto a outubro. Nesse período, a temperatura máxima média diária chega a ultrapassar os 36 °C enquanto a mínima média chega a 24 °C. Já a estação fresca se prolonga durante quase 5 meses, entre o meio do mês de dezembro até maio, tendo temperatura máxima diária em média abaixo de 31 °C, e a mínima média de 21 °C (Figura 13), Weather Spark (2019).

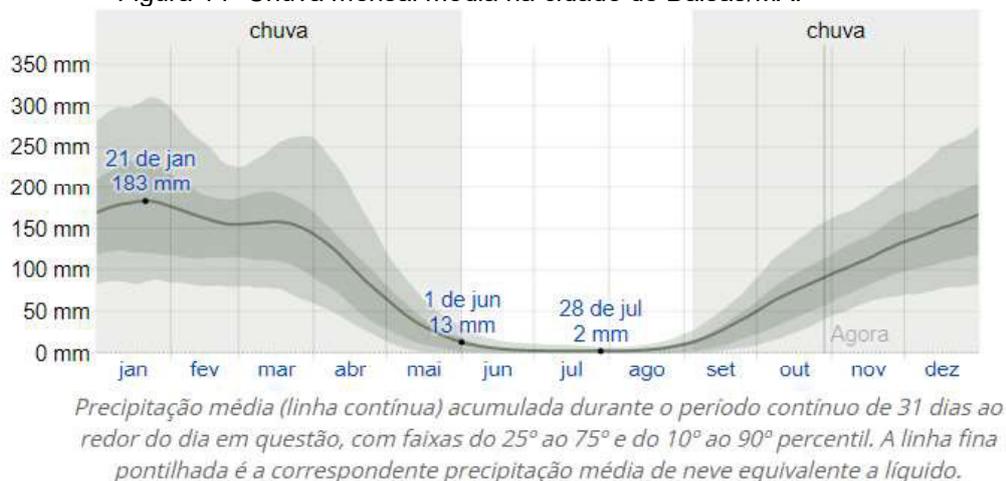
Figura 13 - Temperaturas máximas e mínimas médias na cidade de Balsas/MA.



Fonte: Weather Spark (2019).

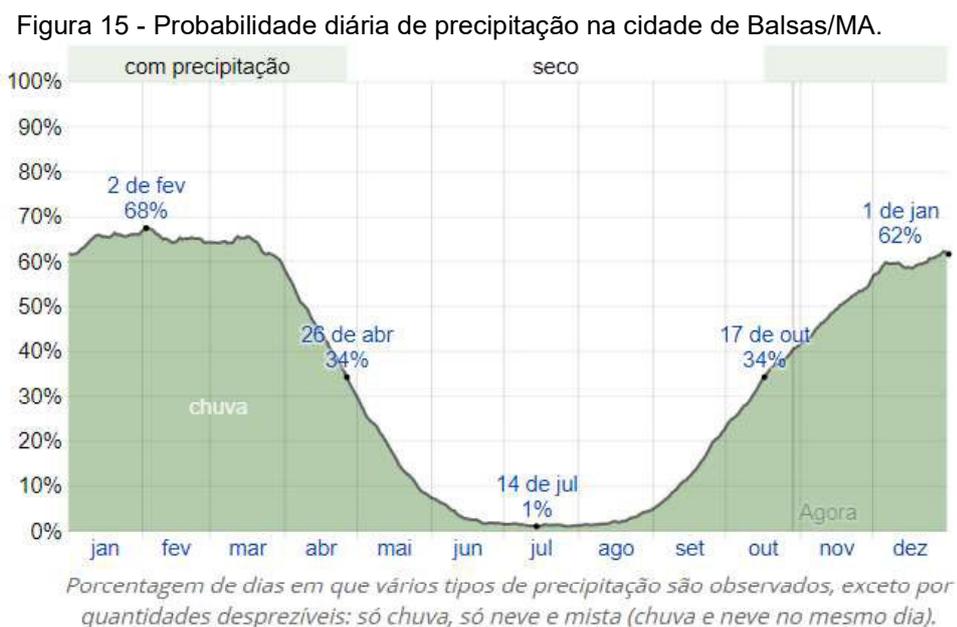
A variação sazonal da precipitação de chuva por mês em Balsas é extrema. No município, o período de chuvas tem duração de quase nove meses, se estendendo no início do mês de setembro e de junho. A média de acumulação total de chuva corresponde a 183 milímetros (Figura 14), com grande volume de chuvas em torno do mês de janeiro. Conforme dados relacionados por Weather Spark (2019), “[...] a lâmina precipitada é mais elevada ao longo dos meses de novembro a abril, concentrando cerca de 85 % do total acumulado”.

Figura 14 -Chuva mensal média na cidade de Balsas/MA.



Fonte: Weather Spark (2019).

Em relação ao período seco, o período sem chuva em Balsas geralmente acontece entre o final de junho e início de setembro, compreendendo quase três meses. Nas proximidades do final do mês de julho acontece o mínimo de chuvas, marcando-se acumulação total média de 2 milímetros. A precipitação de chuvas (Figura 15) varia de maneira característica durante os meses, alcançando valores médios, por ano, de 1175 mm (WEATHER SPARK, 2019).



Fonte: Weather Spark (2019).

5.2 Materiais e Métodos

A metodologia possui três partes principais: mapeamento das microbacias, cruzamentos de informações e visita de campo.

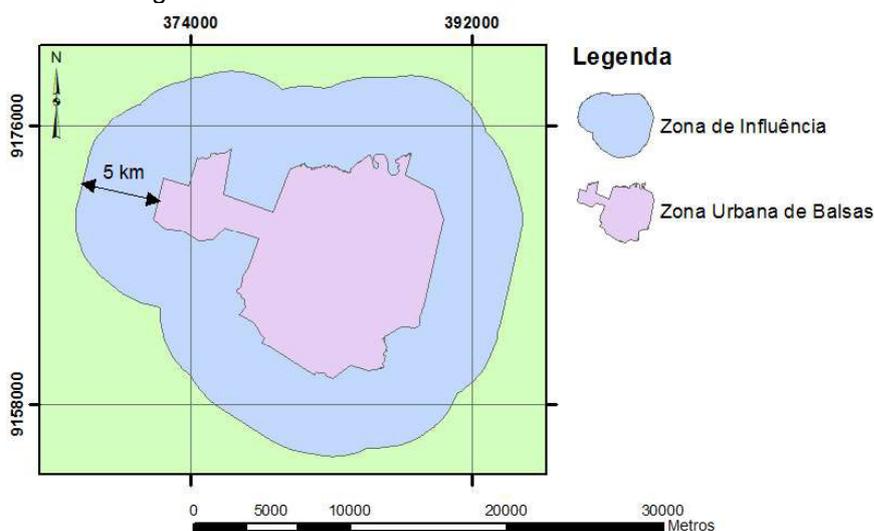
5.2.1 Mapeamento das Microbacias

Inicialmente, buscaram-se informações do município na Secretaria Municipal de Infraestrutura da cidade de Balsas/MA. Os dados obtidos da Secretaria foram: imagem de satélite de 2016, com resolução de 50 cm, captada por Satelite Pleiades, e curvas de nível espaçadas de 5 em 5 metros de parte da cidade. A imagem de satélite estava no formato “.tif” e as curvas de nível no formato “.dwg”. Como a imagem de satélite e as curvas de nível não abrangiam toda a área de estudo, esses

arquivos não foram utilizados diretamente no mapeamento, servido apenas para consulta em eventuais dúvidas.

Para realizar o mapeamento das microbacias foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do banco de dados Topodata (Brasil, 2008) que disponibiliza o MDE de todo o país através do site: “webmapit.com.br/[inep/topodata/](http://webmapit.com.br/inep/topodata/)”. O Topodata foi criado para oferecer planos de informação das variáveis geomorfológicas locais básicas para ser utilizado em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Basicamente, o projeto Topodata refinou os dados disponibilizados pelo programa *Space Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que, em apenas 11 dias, coletou informações topográficas de boa parte da Terra, cerca de 80% (NASA SRTM, 2019). Os dados disponibilizados pelo SRTM possuem falhas e boa parte está disponível com resolução espacial de 90 m (JENSEN, 2009). O Topodata, através de técnicas de geoprocessamento, refinou esses dados para uma resolução de 30 m, além de cobrir falhas (VALERIANO, 2005). Neste trabalho, o MDE que abrange a área de estudo cobre outras áreas, possuindo 18.347,95 km². Para a otimização do processo, optou-se por fazer um recorte não apenas da zona urbana de Balsas, mas de uma área que dista 5 km da zona urbana. A escolha dessa área ao invés de outra menor ou maior foi porque, possivelmente, há microbacias que começam fora ou dentro para fora da área de estudo. Neste trabalho nomeou-se essa área como zona de influência (Figura 16).

Figura 16 - Zona de Influência da cidade de Balsas.



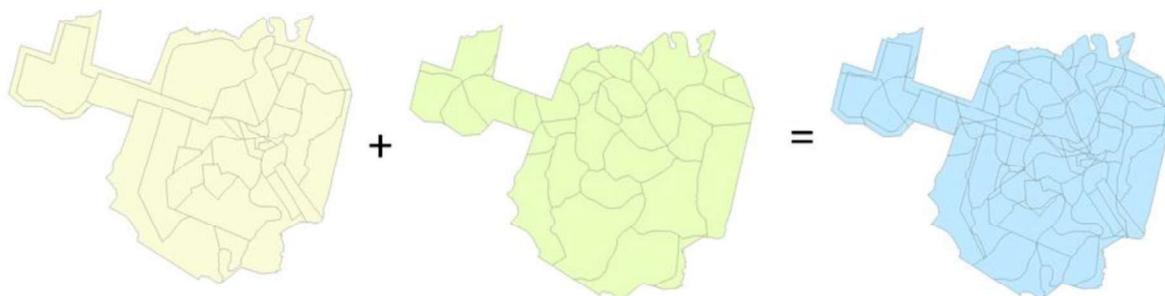
Fonte: Autoria própria.

De posse dessa informação, foram realizados vários procedimentos de geoprocessamento para se extrair as curvas de nível e tendência de cursos d'água na zona de influência. Alguns desses procedimentos podem ser vistos no trabalho de Albuquerque e Valeriano (2015). Após isso, com os dados das curvas de nível espaçados de 5 em 5 metros, realizou-se o mapeamento das microbacias considerando a partir da delimitação dos divisores. Esse procedimento foi feito visualmente em um software de SIG.

5.2.2 Cruzamento de Informações

Além das informações de área de cada microbacias, verificou-se a necessidade de avaliar em qual zona as microbacias estavam inseridas, assim como que tipo de ocupação cada sub-bacia possui. Dessa forma, cruzou-se a informação de cada zona com as sub-bacias (Figura 17). Esse procedimento foi feito no software de SIG.

Figura 17 - Esquema de cruzamento de informação da zona urbana e das microbacias.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No cruzamento de informação do tipo de ocupação que as microbacias possui, necessitou-se, primeiramente, mapear os locais adensados e não adensados dentro da zona urbana do município. Utilizou-se apenas essas duas classes para verificar quais microbacias possui mais ocupação de edificações. Este procedimento foi realizado no Google Earth (Figura 18), tendo em vista que as imagens de satélite do software possuem boa resolução, pouca presença de nuvem e são atuais. No caso, as imagens estavam datadas em 23 de agosto de 2019. Após isso, o arquivo gerado foi importado para o software de SIG onde foi realizado o

mesmo procedimento de cruzamento de informação que foi feito com as zonas e as microbacias (Figura 19).

Figura 18 - Delimitação das áreas adensadas e não adensadas.



Fonte: Autoria própria.

Figura 19 - Esquema de cruzamento de informação da zona urbana e zona adensada e não adensada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.3 Visita de Campo

Para validar as informações, foram feitas visitas em campo no mês de outubro a novembro para verificar se o sentido de escoamento da água está no mesmo sentido que foi delimitado nas microbacias. Escolheram-se datas distintas porque foram feitas visitas antes e após a chuva. Nessas visitas de campo também se verificou as questões de drenagem, como erosão e alagamentos. Na ocasião

também foi possível conversar informalmente com alguns moradores dos locais visitados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção foi dividida em dois pontos principais. No primeiro se apresentar os resultados do mapeamento. Na segunda parte são indicadas as visitas em campo.

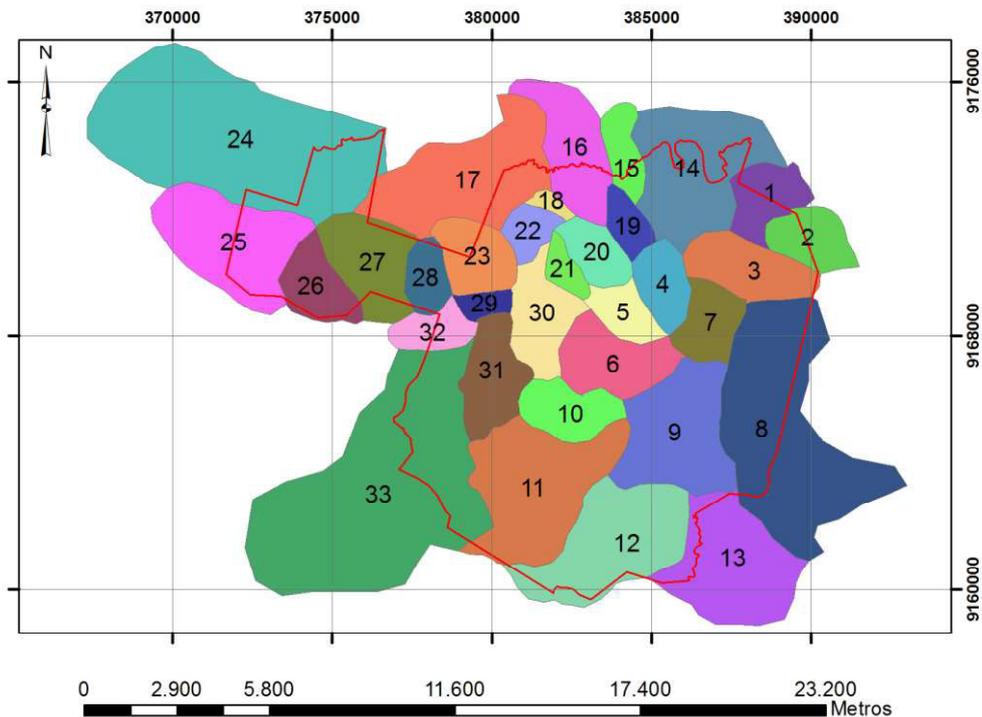
6.1 Delimitação das Microbacia e das Sub-Bacias

Com base na metodologia ora apresentada, mapeou-se na zona de influência 33 microbacias que reunidas, com base nas características de drenagem, se subdividem em 02 sub-bacias. As duas sub-bacias adotadas neste trabalho são: Sub-bacias do Rio das Balsas e Sub-bacia do Rio Maravilha. (Figura 20).

As microbacias mapeadas possuem área total de 27.674,06 ha. Levando em consideração apenas as áreas da bacia dentro da zona urbana do município, essa área se reduz para 15.720,28 ha (Figura 21).

Agrupando as microbacias em sub-bacias, a Sub-bacia do Rio das Balsas possui 13 microbacias, totalizando área de 11.342,19 ha. A Sub-bacia do Rio Maravilha possui 20 microbacias e área total de 16.331,87 ha. Considerando as áreas dentro da zona urbana, esses valores se reduzem para 8.319,33 ha (52,92%) na Sub-bacia do Rio das Balsas e 7400,95 ha (47,08%) na Sub-bacia do Rio Maravilha.

Figura 20 - Mapeamento das microbacias.



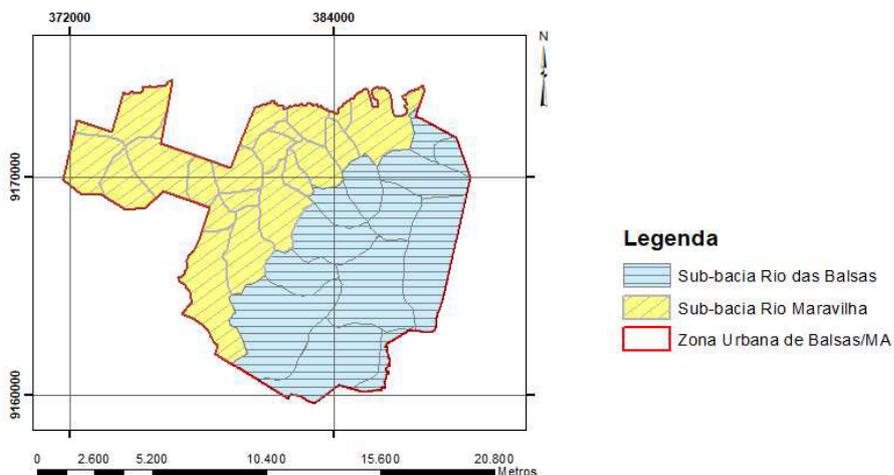
Sistema de Projeção Sirgas 2000 UTM Zona 23

Legenda

Microbacia, Número	Rio das Balsas - IX, 9	Rio Maravilha - E, 18	Rio Maravilha - O, 27
Rio das Balsas - I, 1	Rio das Balsas - X, 10	Rio Maravilha - F, 19	Rio Maravilha - P, 28
Rio das Balsas - II, 2	Rio das Balsas - XI, 11	Rio Maravilha - G, 20	Rio Maravilha - Q, 29
Rio das Balsas - III, 3	Rio das Balsas - XII, 12	Rio Maravilha - H, 21	Rio Maravilha - R, 30
Rio das Balsas - IV, 4	Rio das Balsas - XIII, 13	Rio Maravilha - I, 22	Rio Maravilha - S, 31
Rio das Balsas - V, 5	Rio Maravilha - A, 14	Rio Maravilha - J, 23	Rio Maravilha - T, 32
Rio das Balsas - VI, 6	Rio Maravilha - B, 15	Rio Maravilha - L, 24	Rio Maravilha - U, 33
Rio das Balsas - VII, 7	Rio Maravilha - C, 16	Rio Maravilha - M, 25	
Rio das Balsas - VIII, 8	Rio Maravilha - D, 17	Rio Maravilha - N, 26	

Fonte: Autoria própria.

Figura 21 - Mapeamento das microbacias na Zona Urbana.



Legenda

- Sub-bacia Rio das Balsas
- Sub-bacia Rio Maravilha
- Zona Urbana de Balsas/MA

Sistema de Projeção Sirgas 2000 UTM Zona 23

Fonte: Autoria própria.

6.1.1 Sub-bacia do Rio das Balsas

As microbacias foram nomeadas de I a XIII e, em termos de área, considerando apenas as áreas dentro da zona urbana, a maior é do Rio das Balsas – XI, que possui 1.469,03 há; Em outras palavras, 98% dessa bacia se encontra no perímetro urbano, e a menor é a Rio das Balsas – II, que possui área de 165,40 ha, o que representa 39% da bacia na área urbana (Tabela 1). Ao todo, essas microbacias cobrem 53% do perímetro urbano. Outra característica que se pode extrair da Tabela 1 é que há seis microbacias totalmente inseridas na zona urbana.

Tabela 1 - Áreas das microbacias da sub-bacia do Rio das Balsas.

Microbacia	Área Total (ha)	Área dentro da Zona Urbana	
		Valor (ha)	Porcentagem
Rio das Balsas – I	438,16	210,07	48%
Rio das Balsas – II	423,25	165,40	39%
Rio das Balsas - III	614,45	607,03	99%
Rio das Balsas - IV	371,6	371,60	100%
Rio das Balsas - V	297,13	297,13	100%
Rio das Balsas - VI	663,49	663,49	100%
Rio das Balsas - VII	419,21	419,21	100%
Rio das Balsas - VIII	2405,7	1144,2	48%
Rio das Balsas - IX	1156,6	1156,6	100%
Rio das Balsas - X	464,22	464,22	100%
Rio das Balsas - XI	1497,7	1469,03	98%
Rio das Balsas - XII	1329,6	1181,8	89%
Rio das Balsas - XIII	1261	178,24	14%
TOTAL	11.342,2	8.319,33	73%

Fonte: Autoria própria.

6.1.2 Sub-bacia Rio Maravilha

As 20 microbacias da Sub-bacia do Rio Maravilha possuem a área total de 16.331,87 ha (Tabela 2), o que representa aproximadamente 52% mais áreas do que as microbacias da sub-bacia do Rio das Balsas. Apesar disso, dentro da zona urbana a quantidade de área comparada à outra sub-bacia é menor. A microbacia Rio Maravilha U é a que possui maior área dentro da zona urbana, valor este menor

do que a microbacia Rio Balsas XI. Ainda, há mais microbacias da Sub-bacia do Rio Maravilha totalmente inseridas na zona urbana, um total de oito, do que as a outra sub-bacia.

Tabela 2 - Áreas das microbacias da sub-bacia Rio Maravilha.

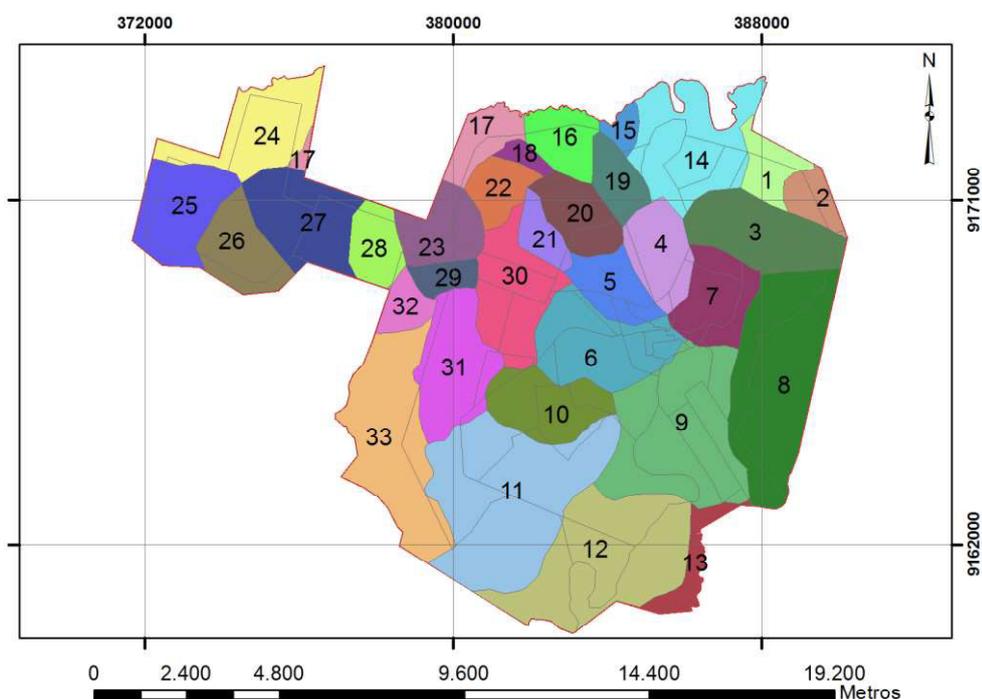
Microbacia	Área Total (ha)	Área dentro na Zona Urbana	
		Valor (ha)	Porcentagem
Rio Maravilha - A	1363,2	761,77	56%
Rio Maravilha - B	285,19	79,41	28%
Rio Maravilha - C	762,57	267,89	35%
Rio Maravilha - D	1459	253,52	17%
Rio Maravilha - E	66,55	66,55	100%
Rio Maravilha - F	217,88	217,88	100%
Rio Maravilha - G	327,43	327,43	100%
Rio Maravilha - H	156,23	156,23	100%
Rio Maravilha - I	223,28	223,28	100%
Rio Maravilha - J	484,44	344,87	71%
Rio Maravilha - L	3194,5	558,55	17%
Rio Maravilha - M	1199,7	500,96	42%
Rio Maravilha - N	447,05	388,27	87%
Rio Maravilha - O	717,07	575,67	80%
Rio Maravilha - P	271,82	250,52	92%
Rio Maravilha - Q	126,05	126,05	100%
Rio Maravilha - R	579,29	579,29	100%
Rio Maravilha - S	591,14	591,14	100%
Rio Maravilha - T	295,3	155,61	53%
Rio Maravilha - U	3564,3	976,08	27%
TOTAL	16.332	7.401	45%

Fonte: Autoria própria.

6.2 Cruzamento de Informações

No primeiro cruzamento de informações objetivou-se identificar quais microbacias estão inseridas nas 33 zonas da zona urbana. Nesse cruzamento verificou-se 137 combinações diferentes (Figura 23). Em outras palavras, devido à quantidade elevada de zonas, assim como de microbacias, foi possível encontrar uma quantidade significativa de combinações.

Figura 22 - Combinação entre microbacias e zonas.



Sistema de Projeção Sirgas 2000 UTM Zona 23

Legenda

Nome, Número			
Rio das Balsas - I, 1	Rio das Balsas - IX, 9	Rio Maravilha - E, 18	Rio Maravilha - O, 27
Rio das Balsas - II, 2	Rio das Balsas - X, 10	Rio Maravilha - F, 19	Rio Maravilha - P, 28
Rio das Balsas - III, 3	Rio das Balsas - XI, 11	Rio Maravilha - G, 20	Rio Maravilha - Q, 29
Rio das Balsas - IV, 4	Rio das Balsas - XII, 12	Rio Maravilha - H, 21	Rio Maravilha - R, 30
Rio das Balsas - V, 5	Rio das Balsas - XIII, 13	Rio Maravilha - I, 22	Rio Maravilha - S, 30
Rio das Balsas - VI, 6	Rio Maravilha - A, 14	Rio Maravilha - J, 23	Rio Maravilha - S, 31
Rio das Balsas - VII, 7	Rio Maravilha - B, 15	Rio Maravilha - L, 24	Rio Maravilha - T, 32
Rio das Balsas - VIII, 8	Rio Maravilha - C, 16	Rio Maravilha - M, 25	Rio Maravilha - U, 33
	Rio Maravilha - D, 17	Rio Maravilha - N, 26	

Fonte: autoria própria.

A microbacia Rio das Balsas – VI é a que possui maior tipo de combinação quando comparada as outras microbacias. Apesar de não ser a maior microbacia na zona urbana, uma vez que possui área de 663,49 ha, ela drena área de 14 zonas: Zona Especial de Interesse Social Primavera (ZEIS P); Zona Residencial Tresidela (ZR TZ); Zona Residencial Açucena (ZR A); Zona Histórica e Paisagística (Z HP); Zona Residencial Cidade Nova (ZR CN); Zona Comercial (ZC); Zona Social (ZS); Zona Residencial Cajueiro (ZR CJ); Zona Serviço e Lazer (Z SL); Zona Residencial Cidade Maravilha (ZR CM); Zona Logística Rodoviária e Atacadista (Z LR); Zona Residencial Nazaré (ZR N); Zona Residencial Catumbi (ZR CT); Zona Aeroportuária e Açucena (ZAA). Em termos de área, 87% da Zona Histórica e Paisagística (ZHP)

estão inseridos nessa microbacia e a Zona Social (ZS) está totalmente nessa microbacia.

A segunda microbacia que possui mais combinações é a microbacia Rio das Balsas – IX. Abrange uma área de 1.156,59 ha é terceira maior área dentro da zona urbana da sub-bacia Rio das Balsas, ela drena área de 10 zonas: Zona de Proteção Ambiental Pendanga (ZPAM P); Zona de Expansão Urbana Canaã (ZEU C); Zona de Expansão Urbana Flora Rica (ZEU FR) ; Zona Logística Viária Flora Rica (ZLOG FR); Zona Residencial Trezidela (ZR TZ); Zona Histórica e Paisagística (ZHP); Zona de Expansão Urbana Araça (ZEU A); Zona Residencial Nazaré (ZR N) e Zona Residencial Catumbi (ZR CT) e a Zona Social. Em relação a área, 96% da Zona Residencial Trezidela (ZR TZ) está inserida no presente microbacia e a área da Zona de Expansão Urbana Flora Rica (ZEU FR) está completamente nessa microbacia.

Na microbacia Rio das Balsas – XI área é de 1469,03 ha na zona urbana da cidade, representa 13% da área total da zona urbana da sub-bacia Rio das Balsas, passa por sete zonas da cidade que são: Zona de Interesse Turístico Canaã (ZIT); Zona de Proteção Ambiental Picos (ZPAM PI); Zona de Expansão Urbana Canaã (ZEU C); Zona Especial de Interesse Social Primavera (ZEIS P); Zona Residencial Cidade Nova (ZR CN); Zona de Educação Superior e Tecnológica (ZEST) e a Zona Residencial Catumbi (ZR CT). A maior área que a microbacia passa é da Zona Residencial Cidade Nova (ZR CN) que representa 77% da área total e a área menor é das Zona de Interesse Turístico Canaã (ZIT) e Zona Residencial Catumbi (ZR CT) cada uma a microbacia passa 1% da área total delas.

Antes de realizar o segundo cruzamento, verificou-se as áreas adensadas e não adensadas na zona urbana de Balsas. A área adensada considera as residências urbanas. Nos locais com vegetação, considerou-se como não adensado. O resultado indicou uma área total da ocupação adensado de 1.977,97 há, o que representa 13% da área total. O restante da área representa 13.742,26 ha (Figura 23).

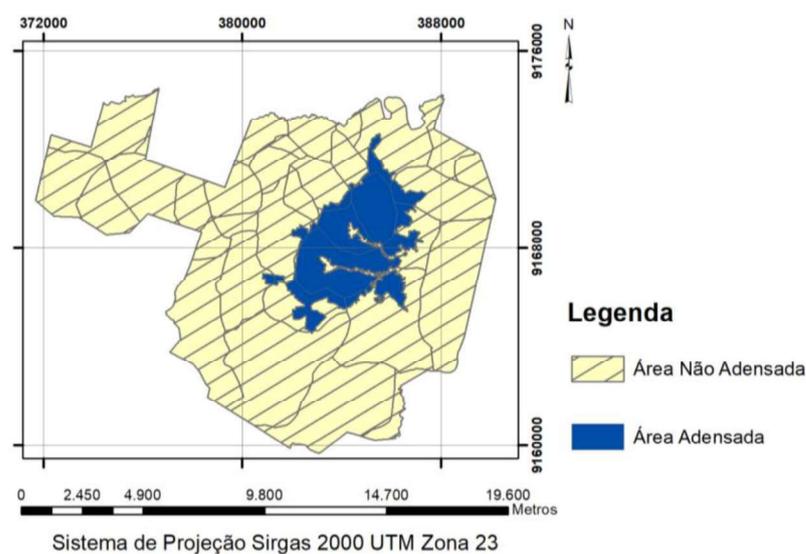
Figura 23 - Áreas adensadas e não adensadas da zona urbana.



Fonte: Autoria própria.

No segundo cruzamento, em que foram avaliadas área adensada e não adensada com as microbacias mapeadas, verificou-se que a sub-bacia do Rio das Balsas abrange 91% da área da ocupação adensada, o que representa 1.807,35 ha (Figura 24). Essa área abrange as seguintes microbacias e suas respectivas percentagens da área adensada nessa sub-bacia: Rio das Balsas – III (4%), Rio das Balsas – IV (19%), Rio das Balsas – V (13%), Rio das Balsas – VI (31%), Rio das Balsas VII (8%), Rio das Balsas – IX (8%), a Rio das Balsas – X (8%) e a Rio das Balsas – XI (menos de 1%).

Figura 24 - Cruzamento de áreas adensadas e não adensadas com as microbacias.



Fonte: Autoria própria.

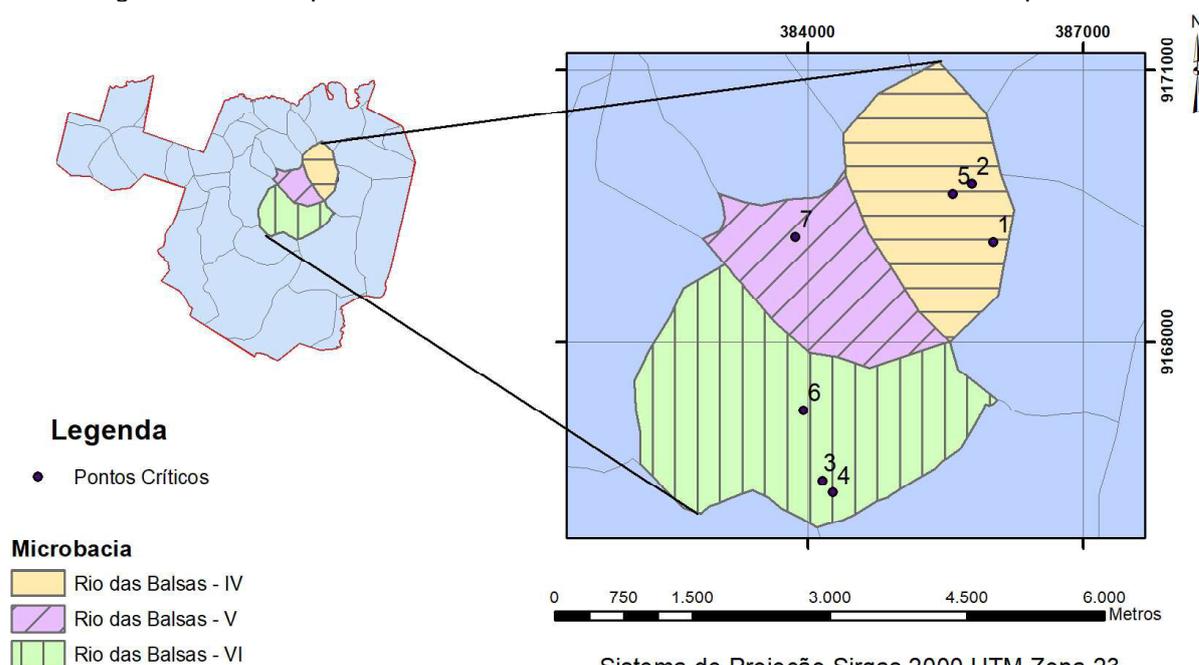
A sub-bacia Rio Maravilha, diferentemente da sub-bacia Rio das Balsas, abrange mais de 80% da área de ocupação não adensada, mas quatro microbacias fazem parte da área de ocupação adensada: Rio Maravilha – A (4%), Rio Maravilha – F (1%), Rio Maravilha – G (4%) e a Rio Maravilha – R (2%).

Em termos gerais no adensamento, verifica-se que, por causa da extensão do adensamento, as microbacias do Rio das Balsas são as mais preocupantes quando se analisa a questão de planejamento. Em outras palavras, a gestão da drenagem urbana pode se concentrar nessas bacias.

6.3 Visitas de Campo

Após o mapeamento, a análise dos dados e a caracterização de cada microbacia, foram feitas as visitas de campo. Devido a longa extensão da zona urbana do município, bem como as limitações de tempo deste estudo, não foi possível visitar todas as microbacias mapeadas. Por causa disso, optou-se escolher alguns pontos críticos, que são conhecidos pelos seus problemas de drenagem e erosão, por exemplo. Esses sete pontos estão inseridos em três microbacias: Rio das Balsas – IV, Rio das Balsas – V e Rio das Balsas – VI (Figura 25).

Figura 25 - Correspondência entre Pontos Críticos Visitados e Microbacias Mapeadas.



6.3.1 Microbacia do Rio das Balsas – IV

Os locais visitados estão inseridos na Zona Residencial Planalto (ZR PL) e na Zona Residencial Potosí (ZR P). São nesses locais que se observou maiores problemas de drenagem nessa microbacia. Em termos gerais, verificou-se pontos de alagamento em algumas ruas, empoçamento de água que fica retida por longo período de tempo por não conseguir escoar. Na rua projetada do bairro Conjunto Planalto, Ponto 1 da Figura 25, a maior parte dessa rua ficar alagada e com poças de água em dias de chuvas. Em dias de chuvas intensas a água da chuva chega a entrar nas residências tendo em vista que elas estão no mesmo nível da rua (Figura 26).

Figura 26 - Ponto de Alagamento no Bairro Conjunto Planalto, Rua Projetada, Zona Residencial Planalto.



Fonte: Autoria própria.

Na Zona Residencial Potosí (ZR P) verificou-se muitos problemas de erosão e alagamento, pontos 2 e 5 da Figura 25. Numa conversa informal com os moradores, eles relataram que no período chuvoso o fluxo da água na Rua 12 é considerável, deixando o lugar intransitável, além da invasão da água da chuva nas

residências (Figura 27). Na mesma zona foram localizados bueiros que, atualmente, se encontram subdimensionados, pois águas pluviais chegam a passar por cima do equipamento de drenagem em eventos chuvos. Nesse local, inclusive, não é mais possível a passagem de veículos (Figura 28 - A). O mesmo problema de dificuldade de passagem ocorre na Rua 5, que acabou afetando um dos comércios localizado nessa rua (Figura 28 - B).

Figura 27 - Ponto de Erosão e Alagamento, Bairro São Felix, Rua 12, Zona Residencial Potosí.



Fonte: Autoria própria.

Figura 28 - Ponto de Erosão e Falhar na Drenagem, Bairro Potosí, Rua 5, Zona Residencial Potosí.



Fonte: Autoria própria.

6.3.2 Microbacia do Rio das Balsas – V

Na visita observaram-se problemas de alagamentos e erosões em algumas ruas dessa microbacia, principalmente no Bairro São Francisco (ponto 7 da Figura 25) e Vivendas do Potosí. Assim como nos outros pontos visitados, verificou-se o mesmo problema de erosão, alagamento de residências em períodos chuvosos e dificuldade de transitabilidade nas ruas. Verificou-se um problema de erosão considerável na visita de campo (Figura 29).

Figura 29 - Ponto de Erosão no Bairro São Francisco, Rua Mangabeira, na Zona Residencial Cidade Maravilha.



Fonte: Autoria própria.

6.3.3 Microbacia do Rio das Balsas – VI

Nessa microbacia verificou-se problema de alagamento principamente no bairro Vila Militar (ponto 3 da Figura 25) em que, no momento da visita ocorrida após chuva, observou-se que há três ruas principais do bairro que ficam completamente alagadas e com poça de água durante alguns dias (Figura 30). Percebeu-se que isso provavelmente acontece devido a água não ter como ser drenada para algum lugar e também pelo fato de que não existe sistema de drenagem. Nesse mesmo bairro, a rua Nossa Senhora de Aparecida, no ponto 4 da Figura 25, é um ponto baixo local problemático (Figura 31), pois recebe contribuições de uma rua

pavimentada e outras ruas principais, ocasionando alagamento a ponto da água entrar nas residências próximas.

Figura 30 - Ponto de Alagamento, Rua 5, Bairro Vila Militar.



Fonte: Autoria própria.

Figura 31 - Ponto de Alagamento, Rua Nossa Senhora de Aparecida, Bairro Vila Militar.



Fonte: Autoria própria.

O ponto 6 da Figura 25 é um ponto crítico entre a Zona Residencial Catumbi (ZR CT) e a Zona Residencial Açucena (ZR A). Nesse local há um riacho que transborda nos períodos chuvoso, ocasionando alagamento das casas próximas a riacho (Figura 32 - A). Mais a frente desse local, a rua fica intransitável por causa de poça de água formada (Figura 32 - B).

Figura 32 - Ponto de Alagamento entre a Zona Residencial Catumbi e a Zona Residencial Açucena.



Fonte: Autoria própria.

7 CONCLUSÃO

Nos últimos anos as cidades brasileiras vêm apresentadas problemas sérios em relação à infraestrutura, dentre esses problemas está a drenagem urbana. Com a falta de planejamento, aliado ao crescimento desordenado, eventos chuvosos causam prejuízos aos cidadãos, tanto de ordem econômica, quanto de ordem de saúde. A cidade de Balsas/MA se encontra na mesma situação. O crescimento desordenado em áreas urbanas com pouca infraestrutura tem sofrido durante os períodos chuvosos. Erosão, problemas de trafegabilidade e alagamento de residências são os relatos mais comuns encontrados nessas áreas. Atualmente, o município não conta com um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) que possa orientar as ações de drenagem urbana que vem sendo feitas no município. Tendo em vista essa situação, o mapeamento das microbacias de drenagem é uma das primeiras medidas para a elaboração do PDDU. Este trabalho objetivou mapear essas microbacias, além de cruzar as informações de zoneamento e adensamento para caracterização das microbacias.

No mapeamento verificou-se a existência de 33 microbacias que, de acordo com o escoamento das águas pluviais, se dividem em 2 sub-bacias. A sub-bacia do Rio das Balsas possui 13 microbacias e, uma dessas microbacias, abrange 14 zonas. As microbacias dessa sub-bacia são as mais adensadas, ou seja, cobre a parte urbana em que há mais edificações. A outra sub-bacia, Sub-Bacia do Rio Maravilha, possui 20 microbacias que se caracterizam por terem mais área de vegetação e, na maioria dos casos, possui menor quantidade de zona por microbacia.

Nos pontos visitados verificou-se a necessidade urgente de serem tomadas ações para diminuir os transtornos nos períodos chuvosos. Ainda, verificou-se a necessidade de mapeamento de outras áreas alegáveis da zona urbana, em especial da área adensada do município.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista os resultados obtidos, sugere-se que em trabalhos futuros possam ser realizados as seguintes atividades:

1. Realizar estudo e mapeamento de todos os pontos de alagamento da cidade de Balsas/MA, correlacionando com as microbacias mapeadas;
2. Levantamento mais apurado das altitudes das microbacias para verificar quais possuem maiores declividades e, por causa disso, têm maior potencial erosivo;
3. Analisar os sistemas de drenagem existentes do município para verificar sua eficiência;
4. Avaliar métodos estruturais e não estruturais que podem ser aplicados na drenagem urbana do município.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH)**. 2005. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em 26 set. 2019.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). **Plano distrital de saneamento básico e de gestão integrada de resíduos sólidos: relatório síntese prognóstico, programas, projetos e ações**. Brasília: ADASA: 2017. Disponível em: http://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Relatorio_S%C3%A-Dntese.pdf. Acesso em: 03 set. 2019.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). **Mapa hidrográfico do Distrito Federal**. 2019. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/mapas/mapa%20hidrografico%20-%20a4%20net.pdf>. Acesso em: 09 out. 2019.

ALVES FILHO, Nelson Teixeira; HISSA, Helga Rastum. **Saiba mais sobre microbacias**. São Paulo: SMH/SEAAPI, 2005.

ANUÁRIO DO DISTRITO FEDERAL. **Cerrado: belezas que geram riquezas**. 2019. Disponível em: <http://www.anuariododf.com.br/radiografia-do-df/geografia/>. Acesso em: 09 out. 2019.

BALSAS. **Lei 1.396, de 28 de Março de 2018**. Dispõe sobre o zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo no município de Balsas Maranhão e trata de outras providências. Diário Oficial dos Municípios do Estado do Maranhão, São Luís, MA, 24 Abr. de 2018. Disponível em . Acesso em 15 de março de 2019.

Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em : <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.epsjv.fiocruz.br/sites/default/files/documentos/pagina/lei_11445-07.pdf/. Acesso em: 23 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **GEO Brasil: recursos hídricos: componentes da série de relatórios sobre o estado e perspectiva do meio ambiente no Brasil**. Brasília: MMA/ ANA, 2007.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da; OLIVEIRA, Regina Célia. (Org.). **Baixada santista: uma contribuição à análise geoambiental**. São Paulo: UNESP, 2015.

FEREGUETTI, L. **Bacia hidrográfica: saiba o que é e entenda sua importância**. 2019. Disponível em: <https://engenharia360.com/bacia-hidrografica-o-que-e-e-importancia/>. Acesso em: 26 set. 2019.

FERREIRA, Leonete Cristina de Araújo. **Variação da qualidade da água do escoamento superficial de duas bacias de drenagem de Natal/RN – Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de pós-graduação em Engenharia sanitária, Natal - Rio Grande do Norte, 2008.

FREITAS, M. I. C. et al. Caracterização das águas do rio Balsas no Maranhão. **Anais...XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre-RS, 2000. Acesso em: 13 de nov. de 2019.

G1. Chuva aumenta pontos de erosão em Balsas. **JMTV**. 06 abr.2019.02min08s. Disponível em: g1.globo.com/ma/maranhao/jmtv-2edicao/video/t/edicoes/v/chuva-aumenta-pontos-de-erosao-em-balsas/7520102/. Acesso em 18 out.2019.

GALVÃO, W. S.; MENESES, P. R. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia, 16-21 abril de 2005. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p.2511-2518.

GOMES, K. M. de F. **Modelagem da poluição difusa em uma bacia de drenagem urbana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de pós-graduação em Engenharia sanitária, Natal - Rio Grande do Norte, 2014.

GONZALEZ, D. C. P de L. **Regime jurídico do uso e ocupação do solo na cidade de São Paulo à luz das mudanças climáticas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado do São Paulo, 2013.

HADDAD, E A., TEIXEIRA, E. **Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil**. Núcleo de Economia Regional e Urbanada da Universidade de São Paulo, São Paulo, abril 2013. Disponível em: http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD_Nereus_04_2013b.pdf .Acesso em: 12 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Perfil dos municípios Brasileiros: 2010**. IBGE, 2010. 282p. Disponível em:ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf. Acesso em: 11 set. 2019.

IBGE, História: Balsas - Maranhão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/historico>. Acesso em: 10 out. 2019.

INSTITUTO SOUZA CRUZ. **Microbacia hidrográfica**. 2011. Disponível em:
http://www.institutosouzacruz.org.br/groupms/sites/INS_8BFK5Y.nsf/vwPagesWebLi ve/DO8RANF5?opendocument. Acesso em: 12 out. 2019.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphany et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

MAGLIO I. C. **A sustentabilidade ambiental no planejamento urbano do Município de São Paulo: 1971-2004**. São Paulo. 2015. Tese (Doutorado em Saúde Pública – Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2015. Disponível em:
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-05062008-160111/pt-br.php>. Acesso em: 23 set. 2019.

NASA SRTM. Shuttle Radar Topography Mission. Disponível em:
<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm>. Acesso em: 05 nov. 2019.

NASCIMENTO, J. R. do. **Influência da Pavimentação Asfáltica na Drenagem Urbana das Zonas Zr P, Zr Cj E Zlr da Cidade De Balsas, Maranhão**. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação) – Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2019.

NATAL. Secretaria municipal de habitação, regularização fundiária e projetos estruturantes. **Plano municipal de saneamento básico do município de Natal/RN produto 02** - Diagnóstico da situação do saneamento subproduto 2.1. - Tomo II. Situação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. 2014. Disponível em: https://natal.rn.gov.br/seharpe/File/DIAGNOS-TICO_DRENAGEM.pdf. Acesso em: 29 ago. 2019.

NATAL. **Lei complementar nº 124, de 30 de junho de 2011**. Dispõe sobre o plano diretor de drenagem e manejo de águas pluviais do município do natal e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rn/n/-natal/lei-complementar/2011/12/124/lei-complementar-n-124-2011-dispoe-sobre-o-plano-diretor-de-drenagem-e-manejo-de-aguas-pluviais-do-municipio-do-natal-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 22 ago. 2019.

OLIVAL, C. do A. et al. **Sistemas de drenagem sustentáveis**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2017.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba- PR. Curitiba: SEMARH, 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana. Teresina, 2012**. Disponível em:

<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Procesosambientales/Impactambiental/12.pdf> 24. Acesso em: 27 set. 2019.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais - DEP. **Plano diretor de drenagem urbana manual de drenagem urbana**. Porto Alegre: DEP, 2005. disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc-/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf. Acesso em: 03 set. 2019.

RIGHETTO, Antonio Marozzi; GOMES, Kaline Muriel; FREITAS, Francisco Rafael Sousa. **Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana**. Eng Sanit Ambient, v. 22, n. 6, P. 1109-120, nov./dez. 2017.

ROSA, T. **Introdução à drenagem urbana**. 2015. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/3115953/>. Acesso em: 23 ago. 2019.

SCANAVACA JÚNIOR, L. et al. Água na agricultura: desafios frente às mudanças climáticas e de uso da terra 23 Caracterização das Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo em Relação ao Brasil. III Seminário da Rede AgroHidro.I Workshop do projeto Os impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos. **Anais [...]**. Corumbá, 2015.

SPADOTTO, C. A. Ocupação agrícola: a importância da gestão territorial. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 9, p. 31. set., 2012.

TERESINA. **Lei 4.724, de 3 de junho de 2015**. Define as diretrizes para regulação relativa a controle dos impactos da drenagem urbana de novos empreendimentos e inundações ribeirinhas, na drenagem pluvial pública, e dá outras providências. Disponível em: <https://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/06/Lei-de-Drenagem.pdf>. Acesso em: 02 set. 2019.

TUCCI, C.E.M. **Aspectos Institucionais no Controle de Inundações**. 1999. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/aspectos-institucionais-do-controle-das-inundacoes-urbanas.pdf>. Acesso em: 24 set. 2019.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

Universidade Estadual do Maranhão. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão** / Universidade Estadual do Maranhão. - São Luís, 2016. 165 p.

VALENTE, O.F. Reflexões hidrológicas sobre inundações e alagamentos urbanos. **Minha Cidade**, São Paulo, ano 10, n. 109.01, Vitruvius, ago., 2009.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. **Anais** do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. p. 1-8.

VALERIANO,M.M; ALBUQUERQUE,P.C.G. Derivação De Modelos Digitais de Elevação (MDE) em coordenadas geográficas . . In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015, João Pessoa, PB. **Anais** do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015. p. 1-8.

Weather Spark, **Condições meteorológicas médias de Balsas**. Disponível em: . Acesso em: 25 de junho de 2019

YAHN FILHO, Armando Gallo. O conceito de bacia de drenagem internacional no contexto do tratado de cooperação amazônica e a questão hídrica na região. **Ambient. soc.**, Campinas , v. 8, n. 1, p. 87-100, Jan. 2005 . Disponível em : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2005000100006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: on 29 Out. 2019.