



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CHESMAN LIMA FEITOSA

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGILIDADE DO SISTEMA DE DRENAGEM
PLUVIAL URBANO. ESTUDO DE CASO: CENTRO DE MOSSORÓ.**

MOSSORÓ
2017

CHESMAN LIMA FEITOSA

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGILIDADE DO SISTEMA DE DRENAGEM
PLUVIAL URBANO. ESTUDO DE CASO: CENTRO DE MOSSORÓ.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Valder Adriano
Gomes de Matos Rocha.

MOSSORÓ

2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L311a Lima Feitosa, Chesman .
Avaliação do índice de fragilidade do Sistema de drenagem pluvial urbano. Estudo de caso: Centro de Mossoró. / Chesman Lima Feitosa. - 2017.
52 f. : il.

Orientador: Valder Adriano Gomes de Matos Rocha.

Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2017.

1. Drenagem pluvial. 2. Indicadores de fragilidade do sistema. 3. Inundações urbanas. I. Gomes de Matos Rocha, Valder Adriano, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da Instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CHESMAN LIMA FEITOSA

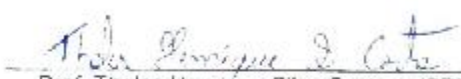
AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGILIDADE DO SISTEMA DE DRENAGEM
PLUVIAL URBANO. ESTUDO DE CASO: CENTRO DE MOSSORÓ.

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

APROVADO EM: 22 / 05 / 2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Valder Adriano Gomes de Matos Rocha - UFRSA
Presidente


Prof. Thales Henrique Silva Costa - UFRSA
Primeiro Membro


Prof. Dulcio Assunção Marçal de Araújo - UFRSA
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, ao meu pai Carlos Chesman, minha mãe Adriana Karina, minha avó Maria do Socorro e ao meu irmão Cauê Lima e irmã Kaline Lima que estão sempre do meu lado oferecendo todo apoio e atenção na minha jornada dentro e fora da universidade.

Ao meu professor doutor orientador Valder Adriano Gomes de Matos Rocha, que disponibilizou seu tempo, atenção e conhecimento na elaboração do presente trabalho ajudando a superar os desafios da construção de um ótimo trabalho.

Aos familiares, que são à base da minha vida, sinônimo de amor, compreensão e dedicação.

A todos aos amigos da universidade em especial Ivan Inácio, Ramon Marques, Plácido Carlos, Fábio Medeiros, Joel Neto, Villian Lafayete, Denyeivisson da Silva, Kenny Albert, Djaylton, Queiroz, Paulo Roberto, Fernando Jales, Diogo Jales, Junior Cardoso, Lícia Naiara e aos demais que contribuíram para meu crescimento como pessoa quanto intelectualmente.

Aos meus colegas de escola, José Victor, Pedro Augusto, José Renato, Lucas Vieira, Lucas Nóbrega, Patrick, Rodrigo Aires que contribuíram direta e indiretamente para que eu pudesse conseguir entrar em uma universidade federal.

Aos professores da UFERSA Angicos e Mossoró por todo conhecimento passado e atenção nos momentos delicados, sou eternamente grato.

A todos e todas as pessoas que estão sempre em meu convívio, que mesmo de forma direta ou indireta transmitiram alguma energia positiva torcendo pelo sucesso deste trabalho.

“Não se mede o valor de um homem pelas suas roupas ou pelos bens que possui, o verdadeiro valor de um homem é seu caráter, suas ideias e a nobreza de seus ideais.”

(Charles Chaplin)

RESUMO

O sistema de drenagem urbano de águas pluviais é de extrema importância nos dias atuais, com o aumento da expansão urbana há a necessidade de construções de casas, edifícios, estradas e etc. Dessa maneira é importante o conhecimento e aplicabilidade de um bom sistema de drenagem de águas pluviais, pois esse crescimento gera impactos na infraestrutura hídrica afetando assim o sistema e o ciclo hidrológico, gerando inundações, que é um dos principais problemas das grandes cidades, não só o sistema é afetado mas também o conjunto que rege políticas públicas, planos diretores, saneamento básico, etc. Então a partir dos problemas decorrentes da falha no sistema de drenagem, há a necessidade de tomar medidas que se classificam em estruturais e não estruturais. Portanto o presente trabalho tem como objetivo de pesquisa a análise do sistema de drenagem urbano por meio da aplicação de uma metodologia baseada nos *indicadores de fragilidade do sistema* e fornecer ações, medidas que melhorem os aspectos de controle e proteção nas áreas de inundações da área de estudo definida, que é o centro da cidade de Mossoró/RN. A utilização dessa metodologia foi realizada em quatro áreas críticas do centro de Mossoró, denominadas áreas problemas (AP). Os resultados obtidos refletem de maneira sucinta a realidade observada no centro de Mossoró, informando que o sistema se enquadra no grau de fragilidade muito forte. Indica o quanto o sistema de drenagem é precário, avaliando o funcionamento dos sistemas públicos de drenagem pluvial urbano.

Palavra Chave: Drenagem pluvial. Indicadores de fragilidade do sistema (IFS). Inundações urbanas.

ABSTRACT

The system of urban drainage of rainwater is of extreme importance in the present day, with the increase of urban expansion there is a need for constructions of houses, buildings, roads and etc. In this way, the knowledge and applicability of a good rainwater drainage system is important, since this growth generates impacts on the water infrastructure, thus affecting the system and the hydrological cycle, generating floods, which is one of the main problems of large cities, not only The system is affected, but also the set that governs public policies, master plan, basic sanitation, etc. Then from the problems arising from failure in the drainage system, there is a need to take measures that are classified as structural rather than structural. Therefore, the present study aims to analyze the urban drainage system through the application of a methodology based on indicators of system fragility and provide actions, measures that improve the control and protection aspects in the flood areas of the area. Defined study, which is the center of the city of Mossoró/RN.

Keyword: Rainwater drainage. System Fragility Indicators (IFS). Urban Floods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo hidrológico.....	17
Figura 2 – Esquema da bacia hidrográfica.....	18
Figura 3 – Corte transversal de bacias hidrográficas.....	19
Figura 4 – Hidrogramas de área urbanizada e de área não urbanizada.....	20
Figura 5 – Localização da cidade de Mossoró	27
Figura 6 – Divisão territorial do centro de Mossoró	28
Figura 7 – Bacias do centro de Mossoró.....	29
Figura 8 – Área problema 1.....	31
Figura 9 – Área problema 2.....	31
Figura 10 – Área problema 3.....	32
Figura 11 – Área problema 4.....	33
Figura 12 – Alagamento na avenida próximo a COBAL.....	37
Figura 13 – Boca de lobo quebrada.....	38
Figura 14 – Grelha corroída R. Cel. Gurgel com Alfredo Fernandes.....	38
Figura 15 – Manifestação dos indicadores.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores que afetam o sistema de drenagem.....	34
Tabela 2 – Indicadores de Fragilidade do Sistema	35
Tabela 3 – Valores da Manifestação dos Indicadores.....	36
Tabela 4 – Graus e Intervalos de Fragilidade.....	37
Tabela 5 – Ações.....	38
Tabela 6 – Identificação de ações por área problema.....	39
Tabela 7 – Proposta das ações a serem implementadas.....	41
Tabela 8 – Índices de Fragilidade no Sistema para as AP do Centro de Mossoró...	43
Tabela 9 – Ações Propostas por Área Problema do Centro de Mossoró.....	46
Tabela 10 – Proposta a serem implementadas no Centro de Mossoró.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Áreas Problemas
BA	Bahia
IDEMA	Instituto de Defesa do Meio Ambiente
IFS	Índice de Fragilidade do Sistema
IGF	Índice Geral de Fragilidade
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IBGE	Instituto Brasileiro Geografia e Estatística
PNSB	Plano Nacional Saneamento Básico
RN	Rio Grande do Norte
SP	São Paulo
SMDU	Sistema Municipal de Desenvolvimento Urbano
USGS	United States Geological Survey

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	14
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1. DESENVOLVIMENTO URBANO.....	15
3.2. BACIA HIDROGRÁFICA.....	16
3.3. ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	18
3.4. TIPOS DE ENCHENTES.....	19
3.5. SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM.....	20
3.5.1. Sistemas de microdrenagem e macrodrenagem.....	20
3.5.1.1. Sistema de microdrenagem.....	20
3.5.1.2. Elementos de microdrenagem.....	21
3.5.1.3. Sistema de macrodrenagem.....	21
3.6. PLANEJAMENTO E GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	22
3.7. CONTROLE DE ENCHENTES.....	23
3.7.1. Medidas Estruturais.....	23
3.7.2. Medidas não Estruturais.....	24
3.8. INDICADORES URBANOS.....	24
4. METODOLOGIA.....	26
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.2. TÉCNICA DE COLETA DE DADOS.....	29
4.3. UNIVERSO E AMOSTRA.....	29
4.3.1. Áreas problemas.....	30
4.3.1.1. Área problema 1.....	31
4.3.1.2. Área problema 2.....	31
4.3.1.3. Área problema 3.....	32
4.3.1.4. Área problema 4.....	33
4.4. INDICADORES DE FRAGILIDADE DO SISTEMA.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

A drenagem urbana das cidades do Brasil está fortemente relacionada ao ciclo hidrológico, que sofre constantes alterações nas áreas urbanas, devido a vários fatores como materiais dispostos pela população, alterações da superfície, canalizações dos rios e construções em lugares indevidos, ocasionando assim inundações indesejadas, colocando em risco a vida da população e causando transtornos a sociedade. Outros aspectos que agravam ainda mais as mudanças no ciclo hidrológico são: a falta de um bom planejamento de obras urbanas, uso inadequado do solo dentre outros. Em consequência disso há o surgimento de outros problemas como, poluição de reservatórios naturais de água potável, doenças, mudanças geológicas, etc.

A problemática do sistema de drenagem pluvial urbano no Brasil é antiga, visto que todo ano, principalmente nos períodos chuvosos, os noticiários evidenciam os problemas decorrentes da chuva, destacando-se as inundações. Estas ocorrem quando as águas dos riachos, rios e córregos saem do seu curso de escoamento ocupando as áreas em que a população usa para moradia, transporte, comércio e outros usos. Trata-se de uma ocorrência natural do ciclo hidrológico que pode ser fortemente ampliada com as alterações do homem no ambiente como a impermeabilização do solo e a canalização desses cursos d'água.

A maioria dos projetos de drenagem pluvial urbana baseia-se apenas em medidas estruturais, com intuito de transferir o escoamento superficial o mais rápido possível, de montante para a jusante, transpondo, no mesmo instante, os problemas no tempo e espaço, demonstrando um aspecto insustentável sob as esferas ambientais, sociais, tecnológicas e econômicas (SILVA *et al.*, 2013).

Portanto este trabalho visa avaliar o sistema de drenagem pluvial urbana do centro de Mossoró, de acordo com a aplicação da metodologia baseada em indicadores de fragilidade do sistema que são de natureza tecnológica, ambiental e institucional.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Analisar certas áreas problemáticas do centro de Mossoró avaliando o sistema de drenagem urbana pluvial presente, por meio da metodologia apoiada em indicadores de fragilidade do sistema e expor medidas e soluções à gestão pública que buscam melhorar a eficiência e a eficácia do sistema de drenagem urbana da região.

2.2.OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Dispor os índices de fragilidade do sistema em cada área problema.
- Apontar soluções que podem ser adotadas para melhorar o sistema de drenagem a partir dos resultados obtidos conforme os valores dos índices de fragilidade de cada área problema.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. DESENVOLVIMENTO URBANO

O desenvolvimento urbano provocou várias alterações no meio ambiente devido ao avanço do crescimento populacional, desenvolvimento industrial e tecnológico junto à ambição de explorar cada vez mais os recursos naturais disponíveis, principalmente a água, sem se preocupar com as consequências dos atos e transtornos provocados pelo avanço da urbanização. Atualmente existe a preocupação com a elaboração de um novo modelo de desenvolvimento, o sustentável, que visa um crescimento com troca mútua entre o homem e o ambiente, gerando qualidade de vida e harmonia com o meio ambiente.

De acordo com OLIVEIRA (2004), nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, a expansão urbana é um dos fatores que mais acarreta modificações no meio ambiente, provocando impactos tanto sociais quanto ambientais.

Segundo TUCCI (2005), um dos fatores que influenciam o crescimento populacional em áreas urbanas, é a migração da população rural para as cidades, geralmente pessoas de baixa renda que não possuem condições de investirem em locais próprios para habitação e migram para locais precários e com risco de inundações e deslizamentos.

Existe uma visão limitada, no que diz respeito a gestão da ocupação do solo urbano e da sua infraestrutura, onde grande parte dos problemas destacados acima foram gerados por um ou mais dos aspectos citados a seguir: falta de conhecimento da população e dos responsáveis, concepção inadequada dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle dos sistemas, visão setorializada do planejamento urbano, falta de capacidade gerencial (TUCCI, 2005).

3.2. BACIA HIDROGRÁFICA

Antes de conceituar bacia hidrográfica, deve-se entender o ciclo hidrológico representado na figura 1.

Figura 1- Ciclo Hidrológico.

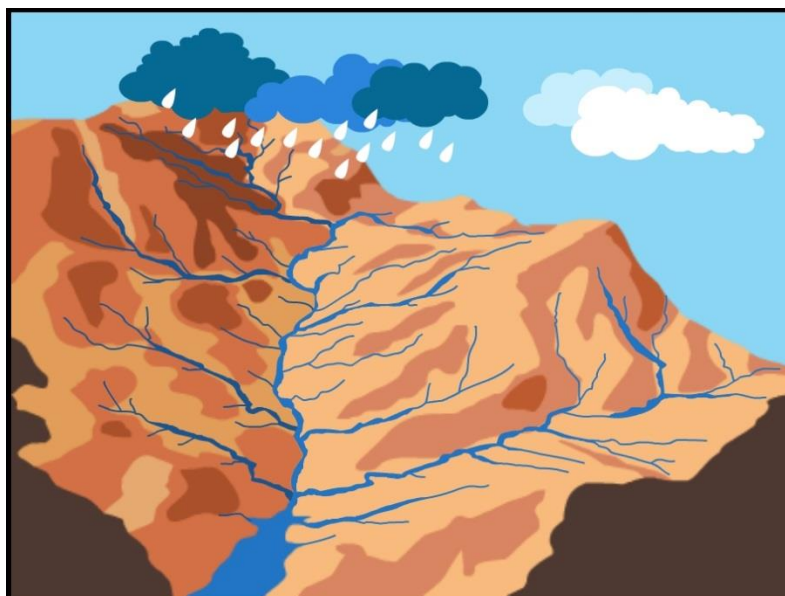


Fonte: USGS (2017).

Sabe-se que a água é o elemento mais abundante da terra, por tanto está em vários locais, seja na superfície ou na atmosfera e em diferentes estados: sólido, líquido e gasoso. Desse modo o ciclo hidrológico constitui a transformação da água de um estado para outro e o movimento contínuo de um para outro local.

Para CARVALHO E SILVA (2006), bacia hidrográfica é uma superfície de captação das precipitações atmosféricas, drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, de tal forma que a vazão seja convergida por uma única saída, seu exutório, conforme pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Esquema da bacia hidrográfica.

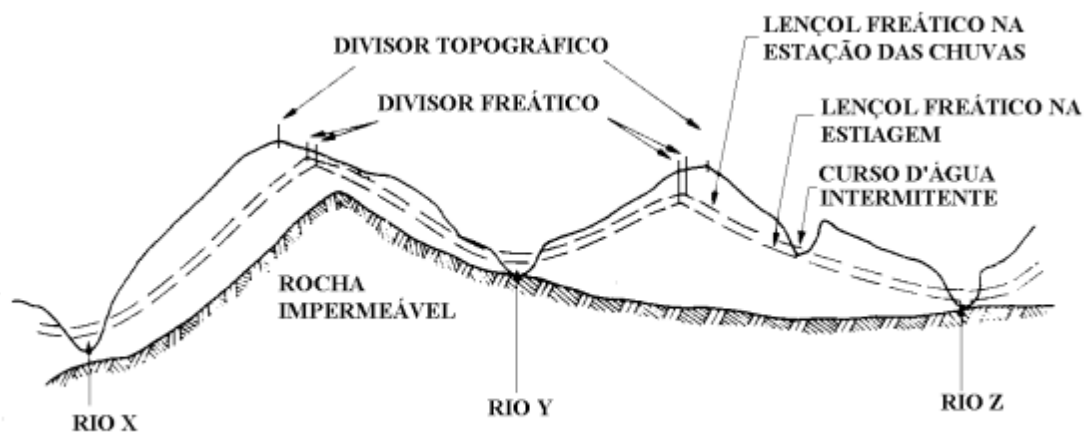


Fonte: Google (2017).

Para o SHIAVETTI (2002), no estudo hidrológico, a bacia hidrográfica é composta por superfícies drenantes, por um curso d'água principal e seus afluentes e que representa o aspecto apropriado para o estudo tanto qualitativo quanto quantitativo do recurso água.

Segundo Carvalho e Silva (2006), a área da bacia é a projeção horizontal de uma superfície delimitada por divisor de águas, e o divisor de águas é uma linha imaginária que vai até o maior nível topográfico, e separa a bacia hidrográfica das bacias vizinhas. Esses divisores podem ser tanto superficial (topográfico) quanto freático (subterrâneo) conforme pode ser visto na figura 3.

Figura 3 – Corte transversal de bacias hidrográficas.



Fonte: Carvalho e Silva (2006).

3.3. ESCOAMENTO SUPERFICIAL

De forma geral o ciclo hidrológico pode ser dividido em quatro fases que são: precipitações atmosféricas, escoamento subterrâneo, escoamento superficial e a evapotranspiração. Então pode-se dizer que o escoamento superficial tem origem nas precipitações, à medida que as precipitações ocorrem parte da água pode ser interceptada, infiltrada, evaporada, retida ou escoada, o escoamento só ocorre após a água conseguir ultrapassar a capacidade de infiltração do solo. Dessa maneira, o escoamento começa a ocorrer a medida que a água se acumula e esta começa a transpor os obstáculos iniciando-se o fluxo, formando assim as enxurradas, córregos e rios..

Então para a engenharia e demais ramos relacionados à hidrologia é de extrema importância o estudo aprofundado do escoamento superficial pois, é nessa fase do ciclo hidrológico que ocorrem as formações de reserva de água, controle do fluxo d'água e fenômenos decorrentes do escoamento.

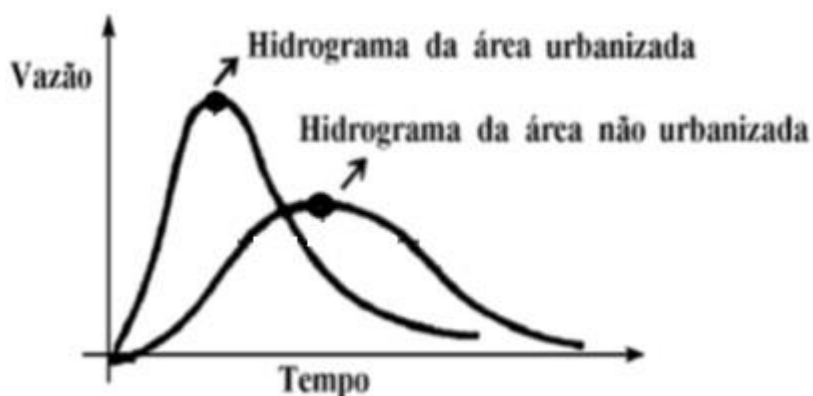
Há diversos fatores que influenciam o escoamento, e um dos fatores mais influentes é a ação decorrente do homem que modifica os cursos d'água, o solo, a vegetação, tudo isso contribui para a alteração comportamental do escoamento.

3.4. TIPOS DE ENCHENTES

Existem basicamente dois tipos de enchentes, são elas: enchentes em áreas ribeirinhas e enchentes devido á urbanização. As duas se diferem pelo fato de que a primeira é de razão natural, ou seja, em períodos que as precipitações são extremas o rio ocupa seu leito maior, de modo a atingir a população ribeirinha presente nas margens. Já as enchentes devido á urbanização se dão exclusivamente pelo fato de o solo estar totalmente impermeabilizado, sem que haja a infiltração da água após as precipitações.

Expor estes dois tipos de enchentes nos faz pensar como comparar as vazões em uma área urbanizada com as de uma área não urbanizada. Analisando o hidrograma da área urbanizada e da não urbanizada apresentados na figura 4, percebe-se que a vazão de pico na área urbanizada é maior em um intervalo de tempo mais curto, isso se dá pelo fato de que a enchente na área urbanizada não tem infiltração devido a impermeabilização do solo.

Figura 4 – Hidrogramas de área urbanizada e de área não urbanizada.



Fonte: Tucci (2005).

3.5. SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM

A Drenagem urbana define-se como um conjunto de ferramentas ou medidas, para que em períodos chuvosos seja sanado o problema de inundações e prejuízos decorrentes da mesma, fazendo o escoamento de forma adequada até seu destino final.

CARDOSO NETO (2005) define a drenagem urbana como todo o conjunto de instalações para captação e escoamento da água pluvial, em qualquer caminho em que haja fluxo de pessoas ou algum espaço seja ele rural ou urbano.

Então os sistemas de drenagem são classificados de acordo com sua abrangência em relação aos mecanismos de captação e escoamento de água pluvial. Pode-se classificá-los como sistema de microdrenagem ou sistema de macrodrenagem. A escolha do sistema a ser utilizado depende da situação e análise do engenheiro.

3.5.1. Sistemas de microdrenagem e macrodrenagem

De acordo com a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo, a estruturação de um plano de drenagem urbana e manejo de águas pluviais devem levar em consideração quatro pontos importantes, são eles: o sistema de microdrenagem, o sistema de macrodrenagem, as medidas estruturais e as não estruturais.

3.5.1.1. Sistema de microdrenagem

O sistema de drenagem inicial ou de microdrenagem, que compreende o pavimento das ruas, guias e sarjetas e galerias de águas pluviais de menor porte, deve ser dimensionado para as chuvas que ocorram em média uma única vez a cada 10 anos. Todavia, durante a ocorrência de chuvas mais críticas esse sistema deve comportar parte do escoamento superficial, de forma que os riscos de prejuízos materiais ou de perdas de vidas humanas

sejam pequenos. O alagamento do pavimento de ruas, e, mesmo de passeios, pode ser admissível desde que não seja frequente. Os níveis d'água que resultem na inundação de vias de intenso fluxo de veículos e pedestres, de residências e de estabelecimentos comerciais ou industriais, devem ser ainda mais raros (SMDU-SP, 2012).

3.5.1.2. Elementos de microdrenagem

De acordo com MONTES E LEITE (2010) os principais dispositivos de microdrenagem são: galerias, bocas de lobo, sarjetas, poços de visitas, estações de bombeamento e sarjetões.

3.5.1.3. Sistema de macrodrenagem

A macrodrenagem engloba a rede de drenagem natural, ou seja, os corpos receptores sejam rios ou córregos.

As redes de macrodrenagem formam-se por um conjunto de canais e rios, onde se deposita o conteúdo transportado pela microdrenagem. O maior problema da macrodrenagem decorre da falta de manutenção e da má utilização de seus mecanismos. A deposição de sedimentos, lixo e esgotos provoca em pouco tempo a impermeabilização e o assoreamento do solo do espaço utilizado, favorecendo com isso o transbordamento da água dos locais destinados à captação e, conseqüentemente, a inundação da área circunvizinha (SOUZA, 2010).

3.6. PLANEJAMENTO E GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Quando se fala em gestão de águas pluviais é imprescindível a elaboração de planos para o manejo das águas pluviais. A lei federal nº. 11.445/2007 descreve que o manejo das águas pluviais engloba o conjunto de diversos fatores junto com medidas e dispositivos de drenagem para minimizar ou até cessar as vazões de cheias, ou seja, inundações em áreas urbanas. De tal maneira que possibilite o manejo em conjunto com ações de planejamento e gestão, tanto da ocupação do solo quanto das águas pluviais, sejam feito de forma correta para a disposição final das águas pluviais drenadas.

Segundo a secretária municipal de drenagem urbana de São Paulo (SMDU-SP 2012) em toda e qualquer cidade, há a necessidade de se fazer um planejamento, englobando todos os planos, seja de esfera estadual ou municipal. Para que em longo prazo o sistema se comporte de maneira harmônica sem quaisquer transtornos à sociedade.

Para a SMDU-SP (2012) o projeto de drenagem urbana é um documento que deve orientar o gestor, engenheiro e demais responsáveis pelo manejo de águas pluviais, propondo soluções e ações a serem tomadas em decorrência das inundações em meio urbano de tal maneira a utilizar os recursos disponíveis e fatos consideráveis e coerentes a favor de um bom planejamento dessas águas pluviais.

A Gestão de águas pluviais é o conjunto de gerenciamento, planejamento e criação de políticas e legislação, baseadas em princípios, estratégias e diretrizes de ações e procedimentos (VIOLA, 2008).

De acordo com VIOLA (2008), deve-se realizar um planejamento com foco não nas chuvas intensas e sim no uso do solo, por que é nele que se dá o escoamento, procurando manter o funcionamento normal do ciclo hidrológico minimizando assim os problemas. A questão não é escoar tudo o mais rápido possível e sim infiltrar ou reter a água, sendo assim as estruturas terão que ser construídas levando em conta não a vazão de pico e sim no volume de chuva.

GONÇALVES (2006) explica que pensar a gestão das águas pluviais é fazer com que os escoamentos no meio urbano pela ação do homem sejam moldados ou ajustados ao novo meio, de tal forma a ter o mínimo de interferência dessas águas no meio urbano.

Portanto se procura um bom sistema de drenagem urbano aplicando-se a metodologia adequada para determinado meio, adaptando os métodos e aplicando-os nos obstáculos existentes, reduzindo assim os prejuízos decorrentes das inundações, ou seja, um sistema de drenagem eficaz.

3.7. CONTROLE DE ENCHENTES

Segundo SMDU-SP (2012) o planejamento dos sistemas de macrodrenagem e microdrenagem, e as medidas estruturais e não estruturais englobam determinados fatores e parâmetros que influenciam o arranjo sistemático do plano de drenagem evidenciando certa complexidade em termos de eficiência.

Geralmente medidas estruturais têm elevado custo, o que não significa que este tipo de medida seja descartável ou que seja evitada. Na verdade, o controle de enchentes deve envolver a integração entre medidas estruturais e não estruturais. Para algumas situações, certamente soluções estruturais serão necessárias, mas elas devem ser implantadas levando em conta o contexto da bacia, sendo racionalmente planejadas.

3.7.1. Medidas Estruturais

De acordo com BARBOSA (2006) as medidas estruturais englobam as ações e dispositivos construtivos da engenharia são eles: boca de lobo, sarjetas, meio fio, galerias e entre outros, que são elaborados por profissionais qualificados para minimizar os riscos de enchentes nas cidades. Pode-se classifica-lo essas medidas como extensivas e intensiva.

As medidas extensivas agem diretamente na bacia hidrográfica, de modo a mudar as relações entre precipitação e vazão e as intensivas agem nos rios, modificando aspectos de características hidráulicas, podendo acelerar, retardar ou

derivar o escoamento, como exemplo a construção de diques e reservatórios que são ideais em planícies de inundação.

3.7.2. Medidas não Estruturais

Conforme SMDU-SP (2012) as medidas não estruturais são medidas de cunho legal, regulamentar e institucional e que visam organizar a urbanização de tal forma a minimizar os seus efeitos no comportamento hídrico das bacias. Estas procuram, sem alterar a morfologia, reduzir os impactos com a aplicação de medidas e princípios que visam reduzir o risco hidrológico e a interferência causada por ações antrópicas às condições naturais, tem-se como exemplo a, preservação da cobertura vegetação, regulamentação do uso do solo, construções a prova de inundações.

3.8. INDICADORES URBANOS

Conforme o desenvolvimento urbano vai avançando, problemas e questões relacionadas ao meio em que se vive vão surgindo, nos dias de hoje cresce a ideia da sustentabilidade, que é a utilização de recursos naturais e exploração do meio de forma a suprir as necessidades humanas, sem comprometer no futuro as gerações que estão por vir e nem o meio ambiente. Dessa forma procuram-se métodos, ações, ideias adequadas que têm como destaque o uso de indicadores que são uma espécie de ferramenta de monitoramento para as diversas abordagens.

Segundo FIORI (2006) no decorrer dos anos há um crescente destaque do uso de metodologias ligadas à aplicabilidade de indicadores em diversos estudos, seja acadêmico ou em planos de governos, gerando discussões acerca do assunto. Ainda conforme a autora para determinada situação, há vários métodos que agregam os indicadores adequando para a situação ou sistema em questão.

Para tanto, criou-se a lei federal n.10.257/2001 originando o Estatuto da cidade incentivando a aplicação de indicadores para o monitoramento das diversas abordagens de esfera pública e social.

Para MERICO (1997), os indicadores são a base para o surgimento dos índices, esses que conjugam diversos indicadores de uma determinada área em análise, modificando as informações contidas de forma mais simples, de fácil compreensão, assim facilitando a interpretação dos dados obtidos.

Índice é um valor agregado que resulta de cálculos envolvendo uma série de indicadores, representativos de diversas dimensões ou características de um fenômeno ou sistema (MONTIBELLER-FILHO 2010).

Então o indicador obtém dados sobre uma dada realidade, com capacidade de captar e resumir os complexos dados que a compõem convergindo em direção a dados essenciais dos aspectos analisados, gerando dados simples e compreensíveis em uma realidade complexa.

SILVA (2004) baseia-se em uma metodologia em indicadores de fragilidade do sistema, para a elaboração de um componente de drenagem urbana de águas pluviais. Ainda conforme o autor a metodologia apresenta princípios básicos essenciais, como:

- Todo e qualquer dispositivo para redes de drenagem das águas precisa contemplar aspectos hidráulicos e urbanos.
- A responsabilidade por características ambientais é toda do sistema de drenagem urbana.
- Tem que haver a interligação do sistema de drenagem urbano com os demais serviços e planos direcionados ao saneamento ambiental, para atingir medidas eficazes e resultados coerentes.

4. METODOLOGIA

Neste estudo foi aplicada a metodologia baseada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS), a fim de avaliar o sistema de drenagem pluvial urbano do centro de Mossoró. Adotou-se o trabalho realizado por SILVA (2004) na Elaboração do Componente de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Ambiental do Município de Alagoinhas-BA e por VARGAS (2012).

A metodologia já foi utilizada, adaptada e aplicada por STEINER (2011) e SANTOS JÚNIOR (2013) em avaliação de outras bacias hidrográficas urbanas, indicando ótimos resultados.

Conforme SILVA (2004) a metodologia proposta é fundamentada em seus princípios básicos que permitem uma abordagem ambiental adequada para o estudo, os princípios básicos principais ponderados que deve nortear as fases do processo são:

- todos dispositivos que compõem as redes de drenagem das águas pluviais devem possuir funções hidráulicas e urbanas bem definidas;
- os dispositivos de drenagem urbana são parte de um complexo sistema integrado também por um conjunto de fatores, de naturezas diversas, que interferem no comportamento e no desempenho destes dispositivos e um terceiro conjunto de componentes que são afetados pelos mesmos dispositivos, em face de como estes vem representando seus papéis;
- cabe ao Poder Público a iniciativa de promover uma série de ações que resultem na melhoria do desempenho dos sistemas de drenagem, envolvendo diversos setores;
- o sistema de Drenagem Urbana, com todos os seus componentes possuem uma responsabilidade relevante na qualidade ambiental das áreas onde estão situados;
- o sistema de Drenagem Urbana deve possuir ampla integração com os demais serviços e sistemas relacionados com o saneamento ambiental, objetivando a otimização das ações e a excelência dos resultados ambientais.

Portanto considerados o princípios básicos, o método baseia-se a partir da definição de fatores intervenientes e de IFS, é realizado um tratamento mais superficial e a o aprofundamento é feito a partir da análise das áreas problemas (AP), sendo estes os locais onde se manifesta as fragilidades do sistema.

O método resumir-se na identificação de áreas problemas (AP) do centro de Mossoró, na avaliação dos indicadores de fragilidade do sistema e propicia medidas e soluções de drenagem urbana. Dessa forma a metodologia mostra-se adequada para avaliar o sistema de drenagem pluvial urbano do centro de Mossoró, possibilitando a correta abordagem ambiental do tema.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Cidade de Mossoró está localizada no estado do Rio Grande do Norte e entre duas grandes capitais do nordeste de acordo com a figura 5, Natal - RN, a 275 km e Fortaleza- CE a 260 km o mesmo pertence á mesorregião potiguar e o acesso é pelas rodovias federais 110, 304 e 405, apresenta uma área de 2099,33 km² e população estimada em 291.937 habitantes.

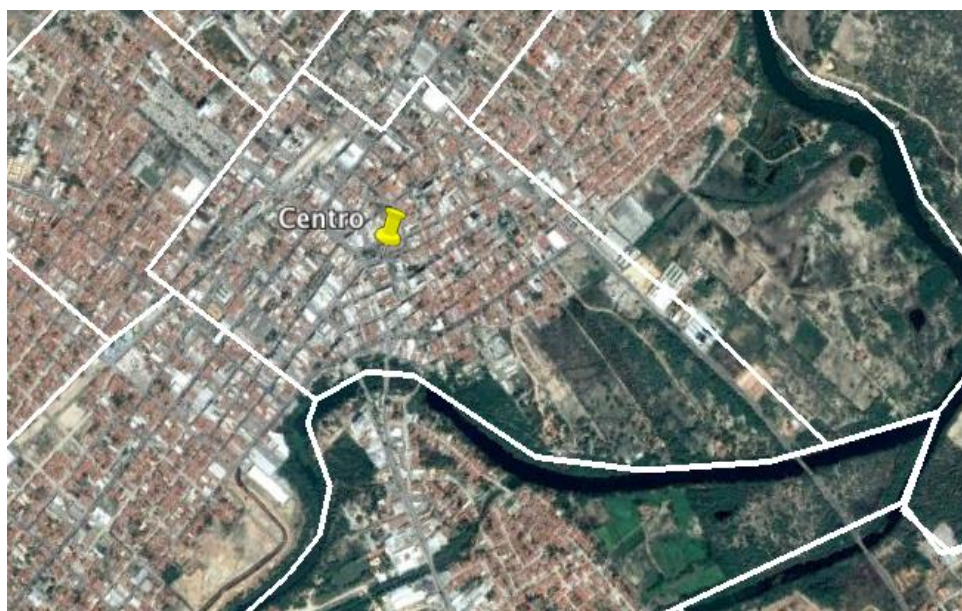
Figura 5 – Localização da cidade de Mossoró.



Fonte: IBGE (2017).

O Centro de Mossoró de acordo com ALVES (2016) apresenta uma área de 919.513,14 m² e uma área verde de 39.023,86 m², a figura 6 mostra a divisão territorial do centro de Mossoró e bairros vizinhos. De acordo com o IDEMA (2008) a precipitação pluviométrica anual normal do município é de 703,7 mm e a observada de 765,7 mm, que indica um desvio de 62 mm. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) apresenta dados de 1980 a 2015 que indicam que a maior intensidade das precipitações durante o ano ocorre dos meses de fevereiro a abril e os meses de setembro, outubro e dezembro os mais secos.

Figura 6 - Divisão territorial do centro de Mossoró.



Fonte: Google Earth (2017).

4.2. TÉCNICA DE COLETA DE DADOS

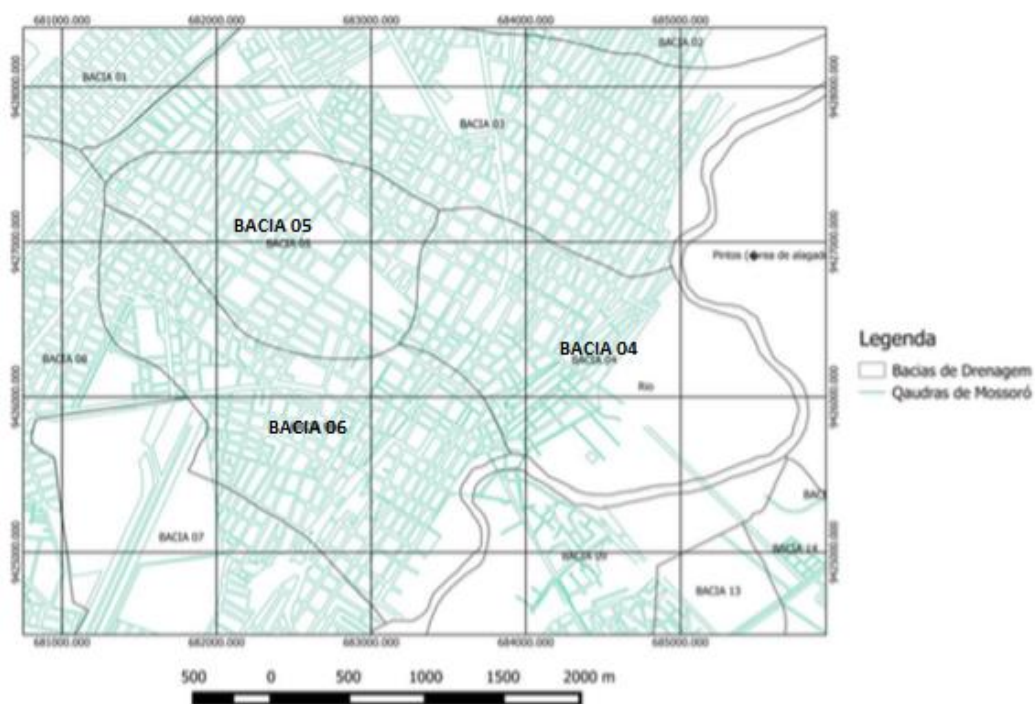
Para a técnica e coleta de dados adotou-se como base o estudo realizado por ALVES (2016), na Identificação das Áreas Críticas de Drenagem Urbana do centro de Mossoró.

Segundo ALVES (2016) as informações foram obtidos através da pesquisa de campo realizado no centro de Mossoró através da análise e consulta a órgãos públicos, população, registros de imagens, softwares para a identificação das bacias de drenagem e o reconhecimento das áreas problemas.

4.3. UNIVERSO E AMOSTRA

ALVES (2016) utilizou-se de informações geográficas, geoprocessamento e ferramentas computacionais para a identificação das bacias de drenagem que englobam o centro de Mossoró, após o processamento dos dados verificou que existem duas bacias de drenagem que englobam o centro de Mossoró, bacia 04 e bacia 06, como é visto na figura 7. O centro localiza-se em um das áreas mais baixa da cidade.

Figura 7 – Bacias de drenagem do centro de Mossoró.



Fonte: Alves (2016).

4.3.1. Áreas problemas

No período chuvoso o centro de Mossoró apresenta áreas com incidência de alagamento, denominadas áreas problemas. Tais áreas foram identificadas, visitadas e avaliadas, o estudo de ALVES (2016) aponta quatro AP e nove pontos críticos para o centro.

4.3.1.1. Área problema 1

Abrange Avenida Jerônimo Dix-Neuf Rosado que cruza as seguintes ruas Dr. Mario Negócio, Francisco Peregrino e a Avenida Dix-Sept Rosado conforme a área de alagamento na figura 8, identificou-se quatro pontos críticos, tais pontos que se encontram os alagamentos decorrentes dos problemas como: bocas de lobos em esquina, falta de sarjetas, obstrução das caixas com grelhas, vegetação nas sarjetas, resíduos sólidos nos dispositivos, além disso encontra-se em uma zona baixa, intensificando o problema de inundação.

Figura 8 – Área problema 01.



Fonte: Adaptado (ALVES 2016).

4.3.1.2. Área problema 2.

Localiza-se no cruzamento entre as ruas Jerônimo Rosado e José Negreiro, visto na figura, apresenta apenas um ponto crítico, região plana que não favorece o escoamento tornando-se uma região crítica.

Figura 9 – Área problema 02.



Fonte: Adaptado (ALVES 2016).

4.3.1.3. Área problema 3.

Encontra-se na Avenida Cunha da Mota com apenas um ponto crítico. Avenida praticamente plana sem nenhum abaulamento da pista, sem presença de sarjetas apenas caixas com grelhas, ocasionando alagamento sobrepondo o nível da calçada.

Figura 10 - Área problema 03.



Fonte: Adaptado (ALVES 2016).

4.3.1.4. Área problema 4

Parte central da cidade, área comercial com intenso fluxo de pessoas e veículos, abrange as seguintes ruas: Alfredo Fernandes, Antônio de Souza, Rodolfo Fernandes, Coronel Gurgel e Coronel Vicente Sabóia, são identificados três pontos críticos conforme a figura 11. Também apresenta os mesmo problemas da área problema 3, não existe abaulamento na via, sem sarjetas, nível baixo da calçada, grelhas obstruídas por lixo e falta de manutenção das grelhas.

Figura 11 – Área problema 04



Fonte: Adaptado (ALVES 2016).

4.4. INDICADORES DE FRAGILIDADE DO SISTEMA

As metodologias que baseiam os planos diretores de drenagem urbana e demais planos relacionados à questão da drenagem, geralmente não consideram os fatos sócio-ambiental e institucional local, ou seja, o sistema de drenagem como parte complexa ambiente urbano não se comunica com outros sistemas. Portanto carecem de metodologia adequada às realidades sócio ambiental e institucional.

No desenvolvimento do Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas – BA foi utilizada a metodologia baseada em indicadores de fragilidade do sistema para o componente de drenagem pluvial urbano. Conforme SILVA (2004), o sistema de drenagem é constituído por grupo de dispositivos de tal forma que o comportamento desses é influenciado por fatores intervenientes com caráter Ambiental, Tecnológico e Institucional, tais fatores são comprometidos pelo desempenho dos dispositivos, provocando uma reação em cadeia no sistema.

Avaliação geral inicia-se por meio da abordagem dos fatores intervenientes de natureza Climatológica, Ambiental, Tecnológico e Institucional em concordância com a área avaliada segundo a tabela 1, dessa forma diagnosticando o sistema em questão. O diagnóstico se aprofunda com a delimitação das áreas problemas, dispondo a fragilidade do sistema.

Tabela 1 - Fatores que afetam o sistema de drenagem.

Natureza	Fatores	Abordagem
Climatológico	Regime de chuvas intensas	- representatividade da equação intensidade x duração x frequência
Ambiental	Arranjo do traçado urbano	- interação com a topografia - respeito ao sistema natural de drenagem
	Usos do solo	- nível de impermeabilização dos terrenos - erodibilidade dos terrenos - ocupação marginal dos corpos receptores
	Padrões de conforto das vias	- de pedestres - de grande fluxo de veículos e de pedestres - de grande fluxo de veículos e baixo fluxo de pedestres - de médio movimento - de acesso local
	Interação com demais equipamentos de saneamento urbano	- lançamento de efluentes domésticos na rede - lançamento de outros efluentes na rede - deposição de lixo nas galerias e canais - dispersão de sedimentos nas vias
Tecnológico	Estruturas de micro drenagem	- dimensão dos dispositivos hidráulicos - padrão construtivo - adequação do conjunto de dispositivos - manutenção e conservação dos dispositivos
	Estruturas de macro drenagem	- dimensão dos dispositivos hidráulicos - padrão construtivo - adequação do conjunto de dispositivos - manutenção e conservação dos dispositivos
Institucional	Aspectos gerenciais	- interatividade dos componentes - aporte financeiro no orçamento - recursos humanos - planejamento das ações e estudos existentes
	Aspectos legais	- existência de normas e outros instrumentos - aplicação dos dispositivos

Fonte: Silva (2004).

Definido as áreas problemas, avalia para todas, as manifestações dos Indicadores de Fragilidade do Sistema, sendo estabelecido um sistema de pontuação de acordo com a relevância das mesmas como indicado na tabela 2, tais

indicadores são de natureza Tecnológica, Ambiental e Institucional, conforme a tabela 3.

Tabela 2 - Valores da Manifestação dos Indicadores.

Valores (Pesos)	Intervalos
0	Indicador Inexistência na AP
1	Presente, sem agravante (100%)
2	Pouco agravante (75%)
3	Média (50%)
4	Moderada (25%)
5	Ausente, muito agravante (0%)

Fonte: Santos Júnior (2013).

Tabela 3 - Indicadores de Fragilidade do Sistema.

Natureza	Indicadores
Tecnológico	• ineficiência do escoamento nas vias • ineficiência dos dispositivos de coleta • ineficiência da capacidade de transporte dos condutos • demanda de soluções de maior custo • redução da vida útil dos equipamentos • redução da vida útil dos pavimentos
Ambiental	• degradação física dos terrenos • instabilidade estrutural dos terrenos adjacentes às galerias • favorecimento da produção de sedimentos • diminuição da recorrência das cheias mais significativas • restrição à implantação de áreas de inundação • interferência inadequada no trânsito de veículos • interferência inadequada no movimento de pedestres • ocorrência de alagamentos • contaminação do corpo receptor • potencialização do aumento dos índices de insalubridade da população marginal ao corpo receptor • deposição de sedimentos nas vias públicas • assoreamento do corpo receptor
Institucional	• elevação dos gastos com manutenção dos equipamentos • elevação dos gastos com conservação • aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras • perda de credibilidade da administração pública • desgaste das relações inter-institucionais • ineficiência operacional • perda de oportunidade de arrecadação financeira • deterioração da possibilidade de aplicação de recursos legais e normativos

Fonte: Silva (2004).

Cada área problema recebe um indicador que caracteriza o somatório das relevâncias dos IFS. Por fim multiplica-se o somatório das relevâncias dos IFS por diferentes pesos conforme a natureza: tecnológico, ambiental e institucional de cada IFS sendo atribuído os valores 2,3,1 respectivamente, Após a obtenção desse arranjo de informações, obtém para cada natureza o índice de fragilidade e consequentemente o somatório dos índices, que nos fornece o Índice Geral de Fragilidade do sistema permanecendo ou ultrapassando o intervalo de 0 a 130, dessa forma indicando o grau de fragilidade da área variando de muito baixa a muito forte, de acordo com a tabela 4, de tal maneira quanto mais crescente o valor do intervalo mais agravante é o problema, esse sistema de pontuação para as manifestações estabelece a ordem dos principais problemas a serem solucionados, conforme o somatório dos índices.

Como os IFS são separados em classes de acordo com a natureza das falhas, possibilita a abordagem adequada de políticas que destaca questões ambientais, tecnológicas ou institucionais.

Tabela 4 - Graus e Intervalos de Fragilidade.

Graus de Fragilidade	Intervalos
Muito Baixa	0 a 26
Baixa	26 a 52
Média	52 a 78
Forte	78 a 104
Muito Forte	104 a 130

Fonte: Santos e Junior (2013).

Então verificado a hierarquização dos problemas identificados por meio do IGF, partiu-se para a proposição dos diversos tipos de serviços e ações seja estruturais ou não.

Os serviços destacados são os seguintes conforme a tabela abaixo.

Tabela 5 – Ações.

AÇÕES
Elaboração de projetos básicos ou estudos preliminares
Elaboração de Projetos Executivo
Implantação de obras de micro - drenagem
Implantação de obras de macro - drenagem
Cadastro de dispositivos existentes
Desobstrução de dispositivos hidráulicos
Recuperação física dos dispositivos existentes
Adequação ou melhoramento de dispositivos existentes
Recuperação de pavimentos
Implantação de pavimentos
Controle de processos erosivos
Campanhas de educação ambiental
Serviços de comunicação social
Fiscalização
Recrutamento de mão de obra
Treinamento de mão de obra
Criação de dispositivos legais
Ação conjunta com os outros componentes do saneamento ambiental
Monitoramento
Campanhas de educação pública ambiental
Definição de referenciais técnicos
Reordenação institucional
Ação conjunta com outros segmentos do saneamento ambiental

Fonte: Autoria própria (2017).

Para uma melhor compreensão deste conjunto de recomendações foi elaborado a tabela 5, com a identificação das medidas por área problema.

Tabela 6 – Identificação de Ações por Área Problema.

IDENTIFICAÇÃO DE AÇÕES POR ÁREA - PROBLEMA				
ÁREAS PROBLEMAS				
AP 01: AP 02: AP 03: AP 04: ...				
AÇÕES	ÁREAS PROBLEMAS			
	AP 01	AP 02	AP 03	AP 04
Elaboração de projetos básicos ou estudos preliminares				
Elaboração de Projetos Executivo				
Implantação de obras de micro - drenagem				
Implantação de obras de micra - drenagem				
Cadastro de dispositivos existentes				
Desobstrução de dispositivos hidráulicos				
Recuperação física dos dispositivos exixtentes				
Adequação ou melhoramento de dispositivos existentes				
Recuperação de pavimentos				
Implantação de pavimentos				
Controle de processos erosivos				
Campanhas de educação ambiental				
Serviços de comunicação social				
Fiscalização				
Recrutamento de mão de obra				
Treinamento de mão de obra				
Criação de dispositivos legais				
Ação conjunta com os outros componentes do saneamento ambiental				
Monitoramento				
Campanhas de educação pública ambiental				
Definição de referenciais técnicos				
Reordenação institucional				
ação conjunta com outros segmentos do saneamento ambiental				

Fonte: Silva (2004).

Por fim se faz necessário estabelecer as proposta de estruturação das ações vistas a serem implementadas e uma síntese das medidas demandadas por área, quantificando-as, propondo a melhor maneira de estrutura-las em diversas atividades, conforme a tabela 6.

Tabela 7 – Proposta de ações a serem implementadas.

Tipo de Ação	Demanda total	Proposta de Estruturação
Elaboração de projetos executivos		Deverão ser contratados 4 serviços independentes de consultoria
Elaboração de projetos Básicos ou estudos preliminares		Para as áreas deverão ser elaborados projetos executivos pela própria equipe de técnicos da Prefeitura (preferencialmente). Deverão ser contratados estudos de macrodrenagem fazendo uso de terrenos para alagamento (e amortecimento de vazão) em áreas atualmente não ocupadas situadas em fundo de vale cujos talvegues foram interceptados por vias. Para a área AP7 deverá ser contratado um estudo que envolve inclusive um plano ambiental para a bacia de contribuição.
Implantação de obras de microdrenagem		Deverão ser contratados, individualmente, cada uma das intervenções
Implantação de obras de macrodrenagem		As obras das áreas deverão ser contratadas conjuntamente com a micro-drenagem das mesmas áreas.
Cadastro de dispositivos existentes		Deverá ser contratado o cadastro do conjunto integral dos dispositivos existentes na cidade
Desobstrução de dispositivos hidráulicos		A prefeitura deverá optar por contratar e/ou programar equipes compostas por seus quadros. Recomenda-se um certo sincronismo entre estes serviços e o cadastramento. Junto com os dois itens seguintes deverá compor o programa de recuperação das estruturas de drenagem existentes.
Recuperação física de dispositivos existentes		Ver item anterior.
Adequação ou melhoramento e dispositivos existentes		Ver item anterior.
Recuperação de pavimentos		Junto com os dois itens seguintes deverá compor o programa de controle da produção de sedimentos na Área Pública.
Implantação de pavimentos		Ver item anterior.
Controle de processos erosivos		Ver item anterior.
Campanhas de educação pública ambiental		Junto com o item seguinte deverá formar o programa de comunicação social
Serviços de comunicação social		Ver item anterior.
Fiscalização		junto com o Monitoramento formará a Atividade Monitoramento do sistema
Recrutamento de mão de obra		Junto com os dois itens seguintes e propostas de outros segmentos, comporá o programa de Reestruturação Institucional.
Treinamento de mão de obra		Ver item anterior.
Reordenação institucional		Ver item anterior.
Monitoramento		Ver item Fiscalização.
Definição de referenciais técnicos		Deverão ser recomendados temas para criação padrões executivos de dispositivos de drenagem e outros que interfiram na qualidade do sistema.
Criação de dispositivos legais		Deverão ser recomendados temas para criação de normas e outros dispositivos.
Ação conjunta com outros segmentos do saneamento ambiental		Serão sugeridos temas de integração entre os diversos segmentos do saneamento Ambiental.

Fonte: Silva (2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme ALVES (2016) foram identificadas e avaliadas as áreas problemas por diversos artifícios descritos anteriormente que resultou na escolha das quatro AP, também identificou-se os dispositivos para cada área e as fragilidades no sistema de drenagem urbana. Então pôde diagnosticar as áreas pela análise dos fatores intervenientes, fatores esses que afetam o sistema e pelos Indicadores de Fragilidade do Sistema. Nas figuras 11, 12 e 13 nos fornece a realidade da fragilidade do sistema de drenagem pluvial urbano, alagamento e dispositivos ineficientes em algumas áreas.

Portanto, cada área analisada tem certas características, atributos que favorecem as inundações, a AP 1 é situado em zona baixa, com dispositivos insuficientes, falta de elementos de microdrenagem, dispositivos em local indevidos, AP 2, área totalmente plana, AP 3 E AP 4 apresenta basicamente as mesmas falhas, pista totalmente plana sem nenhuma inclinação, sem sarjeta. Conforme ALVES (2016) são basicamente três fatores que em conjunto com as características de cada área do centro de Mossoró intensificam os alagamentos no centro que são:

- a Urbanização não planejada, o centro de Mossoró foi um dos primeiro bairros a desenvolver-se, contudo o sistema de drenagem não se atentou ao horizonte de projeto;
- a interferência de outras bacias, o sistema recebe águas das bacias vizinhas.
- a topografia, o centro situa-se em umas das zonas mais baixas da cidade.

Figura 12 – Alagamento na avenida próximo a COBAL.



Fonte: Alves (2016).

Figura 13 – Boca de lobo quebrada.



Fonte: Alves (2016).

Figura 14 - Grelha corroída R. Cel. Gurgel com Alfredo Fernandes.



Fonte: Alves (2016)

Foram aplicadas e avaliadas as manifestações dos IFS e atribuídos os valores de cada manifestação para as AP identificada, como visto na tabela 7 a seguir.

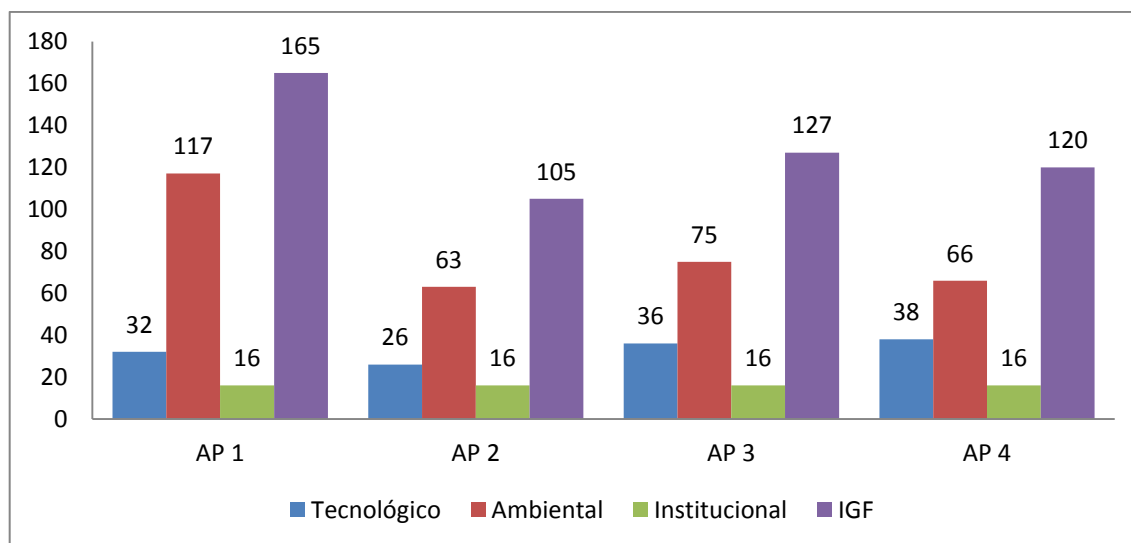
Tabela 8 – Índices de Fragilidade no Sistema para as AP do Centro de Mossoró.

Natureza dos indicadores	Indicadores	Valores pesos			
		AP 1	AP 2	AP 3	AP 4
Tecnológico	ineficiência do escoamento na via.	4	3	5	5
	ineficiência do dispositivos de coletas.	4	4	5	5
	ineficiência da capacidade de transporte de condutos	5	4	4	4
	redução da vida útil dos equipamentos	2	1	3	4
	redução da vida útil dos pavimentos	1	1	1	1
ÍNDICE DE FRAGILIDADE TECNOLÓGICO (PESO 2)		32	26	36	38
Ambiental	Degradação física do terreno	0	0	0	0
	instabilidade estrutural dos terrenos adjacentes as galerias	0	0	0	0
	favorecimento da produção de sedimentos	5	1	3	0
	diminuição das recorrência das cheias mais significativas	5	4	5	4
	restrição a implatação de áreas de inundações	5	5	5	5
	interferência inadequada no trânsito de veículos	4	0	0	0
	interferência inadequada no movimento de pedestres	4	0	0	0
	ocorrência de alagamentos	5	5	5	5
	contaminação do corpo receptor	5	3	4	5
	pontencialização do aumento dos Índices de insalubridade da população marginal ao corpo receptor	0	0	0	0
	Deposição de sedimento nas vias públicas	5	3	3	3
	assoreamento do corpo receptor	1	0	0	0
ÍNDICE DE FRAGILIDADE AMBIENTAL (PESO 3)		117	63	75	66
Institucional	elevação dos gastos com equipamentos	0	0	0	0
	elevação dos gastos com conservação	1	1	1	1
	aumento da demanda de recursos financeiros para implementação de obras	5	5	5	5
	perda de credibilidade da administração pública	5	5	5	5
	desgaste das relações inter-institucionais	0	0	0	0
	ineficiência operacional	5	5	5	5
	perda de oportunidade de arrecadação financeira	0	0	0	0
	deteriorização da possibilidade de aplicação de recursos legais e normativos	0	0	0	0
ÍNDICE DE FRAGILIDADE INSTITUCIONAL (PESO 1)		16	16	16	16
ÍNDICE GERAL DE FRAGILIDADE (IGF)		165	105	127	120

Fonte: Autoria própria (2017).

Dessa forma obteve os resultados do Índice Geral de Fragilidade considerados pelo somatório dos pesos atribuídos aos Indicadores de fragilidade Tecnológico, Ambiental e Institucional para as áreas problemas. A figura 15 abaixo sintetiza melhor os resultados obtidos.

Figura 15 – Manifestação dos indicadores.



Fonte: Autoria Própria (2017).

Conforme visto na figura 15 o IGF classifica o atual sistema de drenagem urbano do centro de Mossoró com um alto grau de fragilidade indicando que as quatro áreas problemas se enquadra no intervalo de 104 a 130 classificadas como grau de fragilidade muito forte, mostrando que a AP 1 é a única que ultrapassa o intervalo, atingindo o valor de 165, tais índices demonstram claramente que o sistema apresenta falhas, pois foram atribuídos as manifestações pesos em relevância da situação do indicador no sistema, que na sua maioria recebeu peso 5, ou seja, os indicadores se encontram ausentes ou se tornam agravantes para a questão de drenagem urbana, possibilitando os alagamentos e mau funcionamento dos dispositivos.

Portanto diante do resultado percebe-se o quanto o sistema está precário, é notório a falta de investimentos dos órgãos públicos, conscientização da população, manutenção dos dispositivos e planejamento. Então se faz necessário de acordo com a metodologia a proposição de soluções de drenagem urbana pluvial com base na análise dos índices.

Neste contexto, a tabela 8 apresenta as ações identificadas e propostas para que o IFS e IGF possam ser diminuídos a patamares aceitáveis.

Tabela 9 – Ações Propostas por Área Problema do Centro de Mossoró.

IDENTIFICAÇÃO DE AÇÕES POR ÁREA - PROBLEMA				
ÁREAS PROBLEMAS				
AP 01: Av Jerônimo dix - Neuf Rosado c/ Av dix sept rosado, Francisco peregrino e Dr. Mario negocio AP 02: Rua José negreiro c/ Jerônimo Rosado AP 03: Av. cunha da Mota AP 04: Rua Cel. Gurgel c/Alfredo fernandes, Rodolfo fernandes, Antônio de souza				
AÇÕES	ÁREAS PROBLEMAS			
	AP 01	AP 02	AP 03	AP 04
Elaboração de projetos básicos ou estudos preliminares	x	x	x	x
Elaboração de Projetos Executivo	x		x	
Implantação de obras de micro - drenagem	x	x	x	x
Implantação de obras de macro - drenagem	x			
Cadastro de dispositivos existentes	x	x	x	x
Desobstrução de dispositivos hidráulicos	x	x	x	x
Recuperação física dos dispositivos existentes	x	x	x	x
Adequação ou melhoramento de dispositivos existentes	x	x	x	x
Recuperação de pavimentos	x			x
Implantação de pavimentos				
Controle de processos erosivos				
Campanhas de educação ambiental	x		x	x
Serviços de comunicação social	x		x	x
Fiscalização	x	x	x	x
Recrutamento de mão de obra	x			
Treinamento de mão de obra	x			
Criação de dispositivos legais	x		x	x
Ação conjunta com os outros componentes do saneamento ambiental	x	x	x	x
Monitoramento	x	x	x	x
Campanhas de educação pública ambiental	x	x	x	x
Definição de referenciais técnicos	x	x		
Reordenação institucional	x			
Ação conjunta com outros segmentos do saneamento ambiental	x	x		

Fonte: Autoria Própria (2017).

Como é visto na tabela 8 acima, a AP 1 requer uma quantidade maior de medidas para diminuir a níveis aceitável o índice de fragilidade do sistema, devido a grande variedade dos problemas observados no local.

Após a identificação e seleção das ações por área, estrutura-se as propostas das ações a serem implementadas e a demanda por área, como resultado obteve o total de demanda por ação, conforme na tabela 9.

Tabela 10 – Proposta a serem implementadas no Centro de Mossoró.

Tipo de Ação	Demanda total	Proposta de Estruturação
Elaboração de projetos executivos	2	Deverão ser contratados 4 serviços independentes de consultoria
Elaboração de projetos Básicos ou estudos preliminares	4	Para as áreas deverão ser elaborados projetos executivos pela própria equipe de técnicos da Prefeitura (preferencialmente). Deverão ser contratados estudos de macrodrenagem fazendo uso de terrenos para alagamento (e amortecimento de vazão) em áreas atualmente não ocupadas situadas em fundo de vale cujos talwegues foram interceptados por vias. Para a área AP7 deverá ser contratado um estudo que envolve inclusive um plano ambiental para a bacia de contribuição.
Implantação de obras de microdrenagem	4	Deverão ser contratados, individualmente, cada uma das intervenções
Implantação de obras de macrodrenagem	1	As obras das áreas deverão ser contratadas conjuntamente com a micro-drenagem das mesmas áreas.
Cadastro de dispositivos existentes	4	Deverá ser contratado o cadastro do conjunto integral dos dispositivos existentes na cidade
Desobstrução de dispositivos hidráulicos	4	A prefeitura deverá optar por contratar e/ou programar equipes compostas por seus quadros. Recomenda-se um certo sincronismo entre estes serviços e o cadastramento. Junto com os dois itens seguintes deverá compor o programa de recuperação das estruturas de drenagem existentes.
Recuperação física de dispositivos existentes	4	Ver item anterior.
Adequação ou melhoramento e dispositivos existentes	4	Ver item anterior.
Recuperação de pavimentos	2	Junto com os dois itens seguintes deverá compor o programa de controle da produção de sedimentos na Área Pública.
Implantação de pavimentos		Ver item anterior.
Controle de processos erosivos		Ver item anterior.
Campanhas de educação pública ambiental	4	Junto com o item seguinte deverá formar o programa de comunicação social
Serviços de comunicação social	3	Ver item anterior.
Fiscalização	1	junto com o Monitoramento formará a Atividade Monitoramento do sistema
Recrutamento de mão de obra	1	Junto com os dois itens seguintes e propostas de outros segmentos, comporá o programa de Reestruturação Institucional.
Treinamento de mão de obra	1	Ver item anterior.
Reordenação institucional	1	Ver item anterior.
Monitoramento	4	Ver item Fiscalização.
Definição de referenciais técnicos	2	Deverão ser recomendados temas para criação padrões executivos de dispositivos de drenagem e outros que interfiram na qualidade do sistema.
Criação de dispositivos legais	3	Deverão ser recomendados temas para criação de normas e outros dispositivos.
Ação conjunta com outros segmentos do saneamento ambiental	2	Serão sugeridos temas de integração entre os diversos segmentos do saneamento Ambiental.

Fonte: Autoria própria (2017).

Com isto, os órgãos responsáveis pelo sistema poderá com tal resultado e propostas captar recursos com vista na elaboração de projeto Executivo e a implementações de programas como, recuperação das estruturas de drenagem existentes, controle da produção de sedimentos, reestruturação institucional dos setores que engloba o saneamento ambiental e demais programas necessários para solução dos problemas.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A utilização da metodologia baseada em indicadores de fragilidade de sistema demonstra uma ferramenta eficaz na identificação das falhas do sistema de drenagem pluvial e comprova ou não a eficiência da mesma para determinada zona crítica por meio de índices que facilitam a compreensão do sistema de drenagem pluvial em estudo, desse modo é um artifício de grande importância que auxilia no planejamento de planos diretores, em instrumentos de gestão pública e projetos de drenagem pluvial urbano.

Portanto a obtenção dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) por meio da metodologia elaborada por SILVA (2004) permitiu a avaliação dos índices de fragilidade do sistema de drenagem pluvial urbano do centro de Mossoró que expressam de maneira sucinta as falhas encontradas no centro de Mossoró, sendo todas classificadas como grau muito forte, de acordo com a figura 15.

Todas as áreas analisadas indicam a falta de planejamento e investimento na área de drenagem pluvial urbano, dessa maneira é evidente a busca de soluções, ações que tentem reduzir ou solucionar as falhas decorrentes da fragilidade do sistema. Partindo desses fatos destacam-se a contratação de projeto básico e executivo, assim como a implantação dos sistemas de macrodrenagem e microdrenagem em todas as áreas problemas como medidas para solucionar os problemas do sistema de drenagem pluvial atual.

Como recomendações para futuros trabalhos são sugeridos: avaliação de outras áreas da cidade de Mossoró, avaliação do impacto no escoamento superficial com o aumento da urbanização, avaliação periódica dos valores IGF buscando medir a eficácia das medidas propostas e implantadas, e a evolução dos indicadores quando as medidas proposta não forem efetivadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Enio Berttony Pereira. **Identificação da áreas críticas de drenagem urbana do centro de Mossoró**. 2016. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi - Árido, Mossoró, 2016.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Bacia Hidrográfica**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006

CARDOSO NETO, A. **Sistemas urbanos de drenagem**. São Paulo: s.d., Disponível em:

http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf Acesso em: 20 de abril 2017.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB/Francisco de Assis dos Reis Barbosa**. João Pessoa, 2006.

BERTONI, J. C. (2003). Inundações urbanas na América do Sul. **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre - RS, 150 p.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445/07**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado, 2007.

BRASIL, **Lei Federal n. 10.257/01**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado, 2001.

FIORI, S. **Indicadores Urbanos: avaliação, adequação e aplicação em Passo Fundo – RS/Brasil**. Florianópolis 2006. Artigos.

MERICO, L, F, K. Proposta Metodológica de Avaliação do Desenvolvimento Econômico na Região do Vale do Itajaí (SC) Através de Indicadores Ambientais. **Dynamis**, Blumenau, v.5, n.19, p.59-67, abr/jun 1997.

MONTES, R. M. e LEITE, J. F. **Drenagem Urbana De Águas Pluviais E Seus Impactos Cenário Atual Da Bacia Do Córrego Vaca – Brava Goiânia – Go**. Goiânia, 2010.

MORAES, L.R.S. **Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, Brasil: Metodologia e Resultados**. UFBA, 2006. Disponível em: http://www.bvsde.paho.org/bvsaids/uruguay30/BR06462_Moraes.pdf. Acesso em: 31 de março 2017.

PNSB - PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. **Brasil**. 2008. Disponível em:< <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>.> Acesso em: 8 de abril 2017.

SANTOS JÚNIOR, V. J. dos. Avaliação da drenagem pluvial da bacia hidrográfica do córrego Cintra em Montes Claros/MG. 2013. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas Santo Agostinho – FACET, Montes Claros, 2013.

SCHIAVETTI, A. Caracterização Sócio-ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Sul da Bahia, Brasil. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 141-162

SILVA, B. J; ASSIS, W. A. V; MORAES, L. R. S; **O Componente Drenagem Urbana no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, Bahia 2004**. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assemae126.pdf> Acesso em: 06 Abril. 2017

SMDU - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, 2012.

SOUZA, D. L. G. **Drenagem, Comunidade e Saúde: a Má Utilização da Lagoa dos Potiguares em Morro Branco** – NATAL/RN 2010. Natal, 2010, V.1.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Água Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.277-347.

TUCCI, C. E. M. (1997). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Água Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

TUCCI, C. E.M. (2005). **Gestão de Águas Pluviais Urbanas – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco**. UFRGS.

VARGAS, Iza Eduarda Oliveira. **Avaliação do Índice de Fragilidade do Sistema de Drenagem Pluvial Urbano da Sub-Bacia do Ribeirão São João.**: Estudo de caso: Ponte trecho TO-050 KM 63 Porto Nacional - TO. 2015. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Presidente Antnio Carlos, Porto Nacional, 2015.

VIOLA, H. (2008). **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da Cidade do Samba**. Dissertação - UFRJ, COPPE – Rio de Janeiro (2008).