



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG

CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN

UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL - UAEC

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E
SANITÁRIA**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA DRENAGEM URBANA EM CAMPINA
GRANDE – PB**

ALZIANE DE SOUZA ARAÚJO

Campina Grande - PB

Agosto de 2018

ALZIANE DE SOUZA ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA DRENAGEM URBANA EM CAMPINA
GRANDE – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento do componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª Dra. Andréa Carla Lima
Rodrigues

Campina Grande – PB

Agosto de 2018

A663a Araújo, Alziane de Souza.
Avaliação do desempenho da drenagem urbana em Campina Grande -
PB / Alziane de Souza Araújo. – Campina Grande, 2018.
60 f.: il. color.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof. Dr. Andréa Carla Lima Rodrigues".

1. Drenagem. 2. Águas Pluviais. 3. Índice de Desempenho.
4. Indicadores. I. Rodrigues, Andréa Carla Lima. II. Título.

CDU 626.86(813.3)(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA KILVYA BRAGA - CRB-15/691

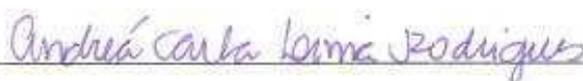
ALZIANE DE SOUZA ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA DRENAGEM URBANA EM CAMPINA
GRANDE – PB**

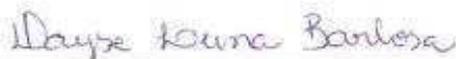
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento do componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 03 de agosto de 2018.

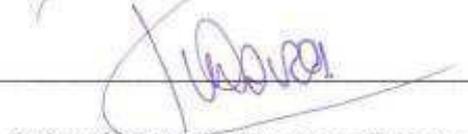
BANCA EXAMINADORA



Profª Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues
(Presidente – Orientadora)



Profª Dra. Dayse Luna Barbosa
(Examinadora Interna)



Ruitter Sansão de Nazareno Tavares
(Examinador Externo)

RESUMO

O aumento descontrolado de áreas impermeáveis nos centros urbanos, além de acarretar impactos negativos ao meio ambiente, pode provocar grandes transtornos à população, causados por alagamentos e inundações, caso não seja acompanhado de um processo de planejamento urbano que contemple fundamentos interdisciplinares, dentre eles a drenagem urbana. À medida que a cidade se urbaniza, há o crescimento da vazão máxima (devido ao aumento da capacidade de escoamento pelas superfícies impermeáveis), além do aumento da produção de resíduos sólidos e da geração de sedimentos, o que ocasiona a deterioração da qualidade da água em virtude da lavagem das ruas, transporte de materiais sólidos e ligações clandestinas de esgoto na rede, sobrecarregando o funcionamento do sistema de drenagem. Neste contexto, com o intuito de avaliar e colaborar para a melhoria do serviço de drenagem urbana oferecido na cidade de Campina Grande - PB, o presente trabalho propôs o desenvolvimento de um índice de desempenho (IDSDU-CG) que analise este sistema através de um conjunto de indicadores. Os indicadores são ferramentas fundamentais para a avaliação dos serviços de saneamento básico, considerando não só a cobertura dos serviços, como também a qualidade destes, além de proporcionarem uma análise integrada dos vários constituintes que fazem parte da prestação do serviço. Para atingir o objetivo supracitado, foram selecionados 11 indicadores relacionados ao monitoramento, elementos da rede existente, urbanização e manutenção dos serviços relacionados à drenagem urbana, cuja escolha foi baseada na acessibilidade dos dados, confiabilidade da fonte e na capacidade de adequação com a realidade local. Os indicadores foram calculados, normalizados, ponderados e agregados a fim de se obter uma classificação para o IDSDU-CG a partir de uma escala nominal. Para a ponderação dos indicadores, especialistas no tema foram consultados através de um questionário, avaliando a importância e a praticidade de cada indicador. Por fim, obteve-se o resultado de 4,90 para o desempenho do sistema de drenagem urbana da cidade, classificado como REGULAR, sendo os indicadores que mais colaboraram negativamente para este resultado a quantidade de lixo acumulada nos logradouros, a contribuição de esgotos domésticos na rede de águas pluviais e a pequena quantidade de bocas de lobo nas ruas.

Palavras-chave: Águas pluviais; Índice de desempenho; Indicadores.

ABSTRACT

The uncontrolled increase of impermeable areas in urban centers, in addition to result in negative impacts to the environment, can cause great inconvenience to the population, caused by flooding and flood, if it is not accompanied by a process of urban planning that includes interdisciplinary foundations, among them the urban drainage. As the city is increasingly urban, there is the growth of maximum flow (due to increased flow capacity by impermeable surfaces), in addition to increased production of solid waste and sludge generation, leading to deterioration in the quality of the water due to the washing of streets, transportation of solid materials and illegal connections of sewer network, overloading the functioning of the drainage system. In this context, in order to assess and collaborate for the improvement of urban drainage service offered in the city of Campina Grande-PB, this paper proposed the development of a performance index (IDSDU-CG) to review this system through a set of indicators. The indicators are fundamental tools for the evaluation of basic sanitation services, considering not only the coverage of services, as well as the quality of these, in addition to providing an integrated analysis of the various components that are part of provision of the service. To achieve the aforementioned goal, 11 were selected indicators related to monitoring, elements of the existing network, urbanization and the maintenance of services related to urban drainage, whose choice was based on the accessibility of data, reliability of the fonts and the ability to adapt with the local reality. The indicators were calculated, normalized, weighted and aggregated in order to obtain a rating for the IDSDU-CG from a nominal scale. For the weighting of indicators, experts on the subject have been consulted through a questionnaire, evaluating the importance and practicality of each indicator. Finally, the result of 4.90 for the performance of the urban drainage system of the city, classified as a REGULAR, and the indicators that more negatively to cooperate this result the amount of accumulated garbage in public parks, the contribution domestic sewage stormwater network and the small amount of mouths of Wolf in the streets.

Keywords: Stormwater; Performance index; Indicators.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais deficiências do funcionamento dos sistemas de drenagem urbana	19
Quadro 2 - Indicadores de desempenho para a drenagem urbana proposta por Silva et al. (2013)	24
Quadro 3 - Lista de indicadores propostos	30
Quadro 4 - Indicadores de monitoramento	31
Quadro 5 - Indicadores da rede existente	32
Quadro 6 - Indicadores de urbanização e infiltração	33
Quadro 7 - Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados ao sistema de drenagem	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de Campina Grande	26
Figura 2 - Mapa dos bairros de Campina Grande.....	27
Figura 3 - Climograma da cidade de Campina Grande	28
Figura 4 - Alagamento em frente ao maior Shopping Center da cidade	29
Figura 5 - Chuva inunda rua no bairro Santo Antônio e arrasta carros estacionados	29
Figura 6 - Etapas constituintes da criação de um índice de desempenho.....	35
Figura 7 - Comparação entre os percentuais de presença de meio-fio nas regiões brasileiras e na cidade de Campina Grande	43
Figura 8 – Comparação do percentual de pavimentação das ruas de Campina Grande frente à média nacional.....	44
Figura 9 - Comparação do percentual de arborização de vias públicas de Campina Grande frente à média nacional.....	45
Figura 10 - Comparação do percentual de lixo acumulado nos logradouros de Campina Grande frente à média nacional	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites superior e inferior dos indicadores propostos	37
Tabela 2 - Pontuação dos critérios de avaliação dos especialistas	39
Tabela 3 - Categorias de classificação nominal do Índice de Desempenho do Sistema de Drenagem Urbana – IDSDU.....	41
Tabela 4 - Valores obtidos dos indicadores selecionados	41
Tabela 5 – Indicadores normalizados	47
Tabela 6 - Coeficientes de ponderação	48
Tabela 7 - Resultado do IDSDU-CG	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. <i>Objetivo geral</i>	12
1.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	13
2.2. IMPACTOS DO CRESCIMENTO URBANO E A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE DRENAGEM	14
2.3. LEGISLAÇÕES ASSOCIADAS À DRENAGEM URBANA NOS MUNICÍPIOS	16
2.4. DEFICIÊNCIAS NOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA	18
2.5. SISTEMAS DE INDICADORES	20
2.5.1. <i>Indicadores utilizados na drenagem urbana</i>	21
2.6. ÍNDICE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS	24
3. METODOLOGIA	26
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.2. SELEÇÃO DOS INDICADORES	30
3.2.1. <i>Indicadores de monitoramento</i>	30
3.2.2. <i>Indicadores da rede existente</i>	31
3.2.3. <i>Indicadores de urbanização e infiltração</i>	32
3.2.4. <i>Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados ao sistema de drenagem</i>	34
3.3. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA (IDSDU-CG)	35
3.3.1. <i>Etapa de Normalização</i>	36
3.3.2. <i>Etapa de Ponderação</i>	39
3.3.3. <i>Etapa de Agregação</i>	40

3.3.4. <i>Etapa de Classificação nominal</i>	40
4.1. RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES	41
4.2.1. <i>Normalização</i>	47
4.2.2. <i>Ponderação</i>	48
4.2.3. <i>Agregação e classificação nominal</i>	48
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	50
5.1. CONCLUSÕES	50
5.2. RECOMENDAÇÕES	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

O processo de crescimento das cidades brasileiras não tem cumprido o uso de instrumentos reguladores de uso e ocupação do solo, o que resulta na impermeabilização desordenada de terrenos urbanos, originando, assim, o aumento de volumes escoados, que são responsáveis por gerarem frequentes inundações e alagamentos. Aliado a este fator, o saneamento e a infraestrutura oferecidos aos usuários são precários ou não atendem à população em sua totalidade, gerando um cenário de insegurança, fragilidade e vulnerabilidade aos afetados.

O crescimento dos centros urbanos precisa ser acompanhado de técnicas de planejamento que minimizem os efeitos maléficos causados por este processo.

Os estudos sobre o tema vêm se aprimorando porque as perdas geradas e os investimentos necessários para combater suas consequências passaram a ter proporções insustentáveis quando se consideram soluções apenas sob o ponto de vista de intervenções físicas. Os debates no âmbito da drenagem urbana já apresentam uma abordagem multidisciplinar, associando ações integradas com conceitos voltados para a sustentabilidade, planejando o desenvolvimento e a ocupação com a finalidade de tornar as cidades mais resilientes.

No entanto, as discussões a respeito do processo de urbanização não conseguem abranger em plenitude os problemas causados pelo desenvolvimento na bacia, sobretudo quando se refere aos serviços de saneamento e, mais precariamente, de drenagem.

Para a avaliação e diagnóstico dos serviços de saneamento no Brasil é comum que sejam empregados indicadores (BRASIL, 2010), enquadrando algumas atividades do prestador de serviço com medições sistemáticas e periódicas. O conjunto de indicadores compõe uma ferramenta para diagnóstico e avaliação dos problemas, contribuindo com as entidades na gestão dos serviços, no estabelecimento de prioridades e no direcionamento de investimentos.

Assim como a maioria das cidades brasileiras, Campina Grande, segunda maior cidade do estado da Paraíba, não teve seu crescimento acompanhado por um planejamento adequado do sistema de drenagem, que é agravado pela topografia acidentada de algumas áreas da cidade, acentuando falhas na rede e provocando pontos de alagamentos bem

definidos. O estudo de indicadores de eficiência do sistema de drenagem urbana pode auxiliar a gestão e contribuir com o planejamento de ações que visem a melhoria do serviço oferecido.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como proposta avaliar o desempenho do sistema de drenagem urbana em Campina Grande-PB, através de um conjunto de indicadores que podem ser usados como ferramenta de gestão deste serviço, possibilitando observações que auxiliem no processo de tomada de decisões.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Propor um índice de desempenho do serviço de drenagem urbana na cidade de Campina Grande – PB que auxilie o processo de gestão e o direcionamento de investimentos por parte do poder público.

1.1.2. Objetivos específicos

- Selecionar indicadores estruturais e não estruturais para avaliação do serviço de drenagem urbana na cidade estudada;
- Identificar, a partir da análise dos indicadores selecionados, problemas associados ao sistema de drenagem e os impactos na população atendida;
- Estabelecer uma classificação nominal para o índice de desempenho do serviço de drenagem na cidade com base em metodologia consagrada;
- Realizar uma análise crítica do resultado do índice de desempenho apontando os pontos mais vulneráveis do sistema contribuindo para o suporte ao processo de gestão da área.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

A Revolução Industrial, sucedida no século XVIII, foi o grande marco propulsor da urbanização na Europa. Surgindo na Inglaterra, provocou em todo o mundo um processo de reorganização jamais visto em toda a história. A ascensão e o crescimento da indústria moderna, no século XIX, trouxeram um grande deslocamento da população rural para o meio urbano e uma expansão das grandes cidades, primeiramente na Europa, e, mais tarde, em outras localidades (NÓBREGA, 2012).

A partir de então, a preocupação com as águas pluviais e os malefícios que estas podiam causar à população se tornaram significativos. Os aglomerados urbanos e, conseqüentemente, a impermeabilização do solo, somada à falta de infraestrutura e saneamento para a população residente nas cidades favoreceram o aparecimento de pontos de alagamentos que trouxeram consigo a disseminação de doenças de veiculação hídrica.

No Brasil, o marco inicial da urbanização foi verificado com a chegada da corte portuguesa, em 1808. Este acontecimento, além de proporcionar o crescimento demográfico das cidades existentes, também permitiu uma transformação urbanística. As principais cidades, a partir da segunda metade do século XIX, passaram a receber significantes melhorias técnicas, desde a implantação de sistema hidráulico, de iluminação, de transportes coletivos com tração animal e redes de esgoto, a até planos urbanísticos de logradouros públicos, praças e vias arborizadas (GOMES, 2007).

Para Graham e Holanda Filho (1980) a migração interna no Brasil pode ser dividida em três períodos distintos: um momento de crescimento constante dos fluxos nas últimas décadas do século XIX até 1920; um crescimento vertiginoso dos movimentos até 1950; e um pequeno arrefecimento das taxas a partir de 1960.

É possível observar que estes períodos aparecem alinhados com as principais mudanças na estrutura urbana e produtiva do país durante o século XX, que consiste na transição de uma economia agroexportadora para a industrialização, com a consolidação da infraestrutura de produção e do parque tecnológico nacional.

O início do século XXI é marcado pela expansão desordenada das cidades e o aumento do contingente populacional resultando em diversos problemas estruturais e sociais.

2.2. IMPACTOS DO CRESCIMENTO URBANO E A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE DRENAGEM

Nas últimas décadas, a tendência ao crescimento urbano descontrolado resultou em um avanço das alterações antrópicas no meio ambiente, provocando destruição dos recursos naturais disponíveis e reduzindo a qualidade de vida.

Visivelmente, a ocupação das bacias hidrográficas, tornando-as bacias urbanas, se dá, na maioria das vezes, de forma desordenada, gerando desmatamentos, aterros e erosões que irão aumentar o grau de impermeabilização do solo e, conseqüentemente, reduzir a infiltração das águas pluviais para o abastecimento de aquíferos subterrâneos e aumentar, assim, o escoamento superficial que ampliará o risco de inundações e alagamentos.

Para Tucci (2005) a concentração populacional em pequenas áreas, as ocupações irregulares, geradas pela falta de planejamento, e o aumento sem controle da periferia das cidades são as principais conseqüências do processo de urbanização. Em meio aos resultados decorrentes, a impermeabilização de áreas, antes permeáveis, merece destaque.

A alteração das características de volume nas diversas fases do ciclo hidrológico, aumentando a ocorrência de enchentes urbanas acarretando, para a população, perdas materiais e humanas, interrupção da atividade econômica das áreas inundadas, contaminação por doença de veiculação hídrica e contaminação da água através do contato com substâncias poluentes.

Visando minimizar e/ou evitar que estas conseqüências drásticas e indesejáveis aconteçam, são realizadas diversas ações no intuito de remover o excesso de águas pluviais que não conseguem infiltrar no solo de forma mais eficiente possível. Esse conjunto de ações compõe a drenagem urbana.

O sistema de drenagem urbana tradicional é limitado pela realização de medidas estruturais. Tucci (2002) classifica tal sistema em dois níveis:

- i. A Microdrenagem – que é determinada pela ocupação urbana através do traçado das ruas tendo como principais elementos o meio fio, a sarjeta, a boca-de-lobo (bueiro),

condutos e caixas de ligação, poços de visita e as galerias de pequenos diâmetros (diâmetros inferiores a 1,5 m).

- ii. A Macrodrenagem – que é o conjunto formado pela microdrenagem e pelas obras concebidas para receber grandes volumes escoados. As galerias de grande porte, os reservatórios de detenção, os canais e os rios são exemplos de elementos que recebem grandes volumes.

Segundo Cruz e Tucci (2008), a maioria dos municípios brasileiros deveria ter investido de forma preventiva no sistema de drenagem no início do processo de urbanização, com áreas de amortecimento e medidas estruturais e não estruturais, tornando o sistema de drenagem urbana mais barato e eficiente. Porém, seria necessário que as cidades tivessem um planejamento urbano que visasse à manutenção do ciclo-hidrológico de pré-urbanização.

Pompêo (2000) ressalta que na abordagem tradicional da drenagem urbana o conceito de drenar o ambiente tem sido entendido como criar estruturas para conduzir a água pluvial para pontos o mais distante possível. Esta forma de pensar, isoladamente, induziu a criação de problemas posteriores.

A partir da década de 1970 outras abordagens passaram a ser fortemente consideradas no que concerne à drenagem urbana, tendo em vista que os sistemas tradicionais já não estavam mais sendo suficientes para resolver os problemas crescentes oriundos da urbanização sem planejamento adequado e a consequente impermeabilização do solo sem qualquer preocupação com as alterações que este poderia gerar no ciclo hidrológico. Além disso, passou-se a entender e trabalhar vários pontos de forma integrada e sustentável (POMPÊO, 2000).

As estratégias para composição de um sistema de drenagem urbana sustentável incluem as ações estruturais, que consistem nas alterações físicas como parte integrante da infraestrutura, e, principalmente, ações não estruturais, que incluem todas as formas de atividades que envolvem as práticas de gerenciamento, mudanças de comportamento e participação direta do cidadão (PARKINSON et al., 2003; POMPÊO, 2000).

Algumas técnicas de controle de vazões escoadas foram adicionadas aos conceitos tradicionais, objetivando diminuir as vazões de pico, transformando, assim, os hidrogramas de eventos semelhantes aos de pré-urbanização.

Os conceitos de cidades sensíveis à água e infraestrutura verde respeitam às questões ambientais e tem foco no tratamento do escoamento pluvial desde a pequena escala. Além de se preocupar com o controle de vazões, têm o intuito de conservar a qualidade e disponibilidade dos corpos hídricos. Conhecidos como LID, SuDS e WSUD (respectivamente: *Low Impact Development*, *Sustainable Drainage Systems* e *Water Sensitive Urban Design*) abordam conceitos integradores dos serviços urbanos buscando o equilíbrio do desenvolvimento com a manutenção da conservação da biodiversidade e meio ambiente. Apesar de terminologias distintas, trata-se de conceitos semelhantes (FLETCHER et al., 2015).

2.3. LEGISLAÇÕES ASSOCIADAS À DRENAGEM URBANA NOS MUNICÍPIOS

As ferramentas legais que tratam do planejamento e gestão das cidades existem para impulsionar o poder público a atuar em defesa do interesse coletivo, assegurando que todos os cidadãos possam ter acesso aos serviços, aos equipamentos urbanos e a toda e qualquer melhoria exercida pela administração pública. Dessa forma, o Estado pode desempenhar o seu papel de fornecedor do bem estar social e mediador dos conflitos urbanos. Quanto às normas de planejamento e gestão das cidades, possui papel de destaque o Estatuto da Cidade, que regulamenta os artigos 182 e 183 da Magna Carta, tratando da política urbana no Brasil.

De acordo com Oliveira (2001), o Estatuto da Cidade surgiu para diminuir as distorções de investimentos públicos em determinadas áreas da cidade, em contraposição a outras que, em geral, já não se realizavam investimentos e coincidem com os setores urbanos ocupados pela população pobre, que permanecem, muitas vezes, “abandonadas” pelo poder público. E ainda aponta que o Estatuto da Cidade confere aos municípios novas possibilidades e oportunidades de gestão e financiamento de seu desenvolvimento.

Portanto, o Estatuto da Cidade existe no intuito de ajudar a direcionar os investimentos públicos para que sejam aplicados nas áreas que mais necessitam, e não em áreas que, por algum motivo político, tragam mais visibilidade para o Estado. Como consequência, os municípios se desenvolvem de forma mais equilibrada, sem privilégio de classes ou áreas específicas, diminuindo, assim, a desigualdade econômica e social como um todo.

Com isso, o Estatuto da Cidade reúne importantes instrumentos urbanísticos, tributários e jurídicos que podem garantir efetividade de outro instrumento legal que, por sua

vez, é responsável pelo estabelecimento da política urbana na esfera municipal e pelo pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, o chamado Plano Diretor. Este se constitui em instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana (OLIVEIRA, 2001).

De posse dos instrumentos normativos de planejamento urbano, e em virtude do crescimento desordenado das cidades de grande e médio porte se dar de forma acelerada trazendo adversidades de ordem social, econômica e de infraestrutura; os problemas urbanos devem ser encarados de maneira ampla, cujas soluções não devem ser pontuais. E, portanto, cabe aos gestores planejarem a cidade de forma integrada, considerando cada um dos seus elementos (TUCCI, 2008).

Portanto, as principais leis que regem o uso e ordenamento do solo, estão expressas na forma de Plano Diretor, Leis de Uso e Ocupação do Solo e Códigos de Obras. Estas são compostas, dentre outros princípios, de prescrições urbanísticas (BONATES, 2010).

Segundo Tucci (1997), um Plano Diretor de Drenagem Urbana deve buscar:

- Planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e;
- Convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Os condicionamentos urbanos são resultados de vários fatores que são definidos dentro do âmbito do Plano Diretor Urbano. No entanto, devido à interferência que a ocupação do solo tem sobre a drenagem, existem elementos do Plano de Drenagem que são introduzidos no Plano Diretor Urbano ou na legislação de ocupação do solo. Portanto, o Plano de Drenagem Urbana (PDU) deve ser um componente do Plano Diretor de Planejamento Urbano de uma cidade (TUCCI, 1997).

A Lei 11.445/2007 (BRASIL 2007a) estabelece, ainda, que a prestação do serviço de saneamento observe o Plano de Saneamento do município, que deve apresentar o diagnóstico da situação, metas e objetivos, programas e projetos para atingir as metas, ações emergenciais e os mecanismos de avaliação do plano. Os planos diretores de saneamento são importantes

ferramentas de planejamento em que podem ser avaliados e priorizados problemas e necessidades específicas para cada localidade.

No município de Campina Grande - PB, a elaboração do Plano de Saneamento foi finalizada no ano de 2015. Entre outras vertentes, o plano busca um planejamento de curto, médio e longo prazo do serviço de drenagem das águas pluviais urbanas e aponta os mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência, eficácia e efetividade das ações propostas sugerido os indicadores de desempenho como instrumentos de avaliação dos serviços.

2.4. DEFICIÊNCIAS NOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Os sistemas de drenagem são planejados e dimensionados para determinadas condições de funcionamento, equivalentes à situação de projeto. Entretanto, pode acontecer de o planejamento dos sistemas nem sempre ser desenvolvido e integrado da melhor forma, numa situação já existente. Isso se deve, de forma geral, ao fato de informações de baixa qualidade (desatualizadas) serem utilizadas, com considerável relevância, para diagnosticar a situação e, a partir disso, serem traçadas as metas, programas e projetos para se atingir tais objetivos.

Um bom sistema de drenagem urbana deve estar de acordo com o que foi previsto na fase de concepção do projeto. Entretanto, durante a construção destes sistemas é comum a incorporação de alterações que podem comprometer a qualidade de seu funcionamento.

Outra questão relevante é o processo de degradação que vai se intensificando com a idade e o uso do sistema, mas que pode ser retardado se existirem boas práticas de operação, manutenção e restauração.

De acordo com Cardoso (2008), ao longo da vida útil dos sistemas também surgem alterações das condições do seu funcionamento devidas, por exemplo, à evolução da ocupação da bacia de drenagem ou expansão da rede. Em síntese, os sistemas de drenagem apresentam deficiências de operação, que podem resultar: de um projeto inadequado, da fraca qualidade de construção, da degradação do material e de seus componentes, da insuficiente manutenção e de alterações das condições de funcionamento.

As deficiências de funcionamento dos sistemas de drenagem urbana estão relacionadas com aspectos hidráulicos, ambientais, de qualidade da água e estruturais.

Geralmente estes aspectos estão inter-relacionados, e provocam consequências socioeconômicas relevantes (WRc, 2001).

O Quadro 1, abaixo, resume as principais deficiências do funcionamento dos sistemas de drenagem urbana correspondentes aos diferentes domínios considerados e descreve, com maior detalhe, aquelas pertencentes aos domínios hidráulico, ambiental e de qualidade da água.

Quadro 1 - Principais deficiências do funcionamento dos sistemas de drenagem urbana

DOMÍNIO	DEFICIÊNCIA	
Hidráulico	- Falta de capacidade hidráulica	- Entrada em carga de coletores; - Inundação; - Descarga para o meio receptor.
	- Acumulação de sedimentos	- Redução da área útil do sistema
	- Afluências indevidas	- Infiltração; - Ligações indevidas de origem pluvial à rede doméstica.
Ambiental e de qualidade da água	- Descargas para o meio receptor	- Descargas diretas para o meio receptor provenientes de excedentes de sistemas unitários por ocorrência de precipitação; - Descargas diretas para o meio receptor provenientes de sistemas separativos pluviais com impacto negativo no meio receptor (escorrências pluviais com cargas poluentes e ligações indevidas de origem doméstica à rede pluvial); - Descargas de águas residuais brutas ou não convenientemente tratadas para os meios receptores (ETAR e ligações indevidas de origem pluvial à rede doméstica).
	- Fugas de água residual para o solo; - Septicidade.	
Estrutural	- Assentamento dos coletores, deformação, abatimento de soleira; - Perda de material, fissuras, fendas, brechas, fraturas; - Ligações indevidas ou defeituosas; - Material defeituoso, superfície danificada; - Colapso; - Corrosão.	

Fonte: (CARDOSO, 2008).

O controle das deficiências existentes nos sistemas de drenagem urbana não é algo tão simples de ser feito e necessita de alguns mecanismos para auxiliar no processo de tomada de decisões por parte dos gestores. Dentre as ferramentas utilizadas no intuito de identificar as áreas prioritárias para o direcionamento de investimentos na rede, está o sistema de indicadores. Ele pode servir, ainda, para a avaliação da satisfação dos usuários quanto às soluções já implantadas.

2.5. SISTEMAS DE INDICADORES

A *International Standart Organization* (ISO) estabelece que indicadores são: “Expressão (numérica, simbólica ou verbal) empregada para caracterizar as atividades (eventos, objetos, pessoas), em termos quantitativos e qualitativos, com o objetivo de determinar o valor” (ISO, 1998).

Para Bellen (2004) os indicadores têm o objetivo de reunir e quantificar dados evidenciando e sintetizando informações de eventos com a finalidade de simplificar o processo de comunicação. Pode-se dizer que os indicadores devem possuir uma capacidade de síntese, usando os parâmetros mais representativos para facilitar a compreensão e a interpretação de algum evento (FERREIRA, 2011).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2011), os indicadores:

[...] são informações quantificadas, de cunho científico, de fácil compreensão, usadas nos processos de decisão em todos os níveis da sociedade. São úteis como ferramentas de avaliação de determinados fenômenos, apresentando suas tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo. Permitem a simplificação do número de informações para se lidar com uma dada realidade por representar uma medida que ilustra e comunica um conjunto de fenômenos que levem à redução de investimentos em tempo e recursos financeiros.

Nota-se que as ideias: qualitativo e quantitativo são frequentes nos conceitos apresentados, o que leva a perceber que indicadores nada mais são do que unidades que possibilitam medir – no caso de elementos quantitativos, ou verificar – no caso de elementos qualitativos, se estão sendo atingidos os objetivos ou as modificações previstas. Também permitem conhecer melhor os avanços em termos de resultados ou de impactos.

Logo, um indicador é, a princípio, um instrumento de mensuração utilizado para levantar informações quantitativas e/ou qualitativas de um dado evento, com o objetivo de avaliar e subsidiar a tomada de decisão.

Os valores dos indicadores podem ser observados, calculados ou medidos exatamente na fonte, mas geralmente são decorrentes de dados primários processados e analisados, gerando valores agregados. Lourenço (2008) estabelece que a criação de indicadores deve seguir etapas específicas, sendo elas:

- Seleção de itens;
- Avaliação das relações empíricas;
- Combinação dos itens no indicador; e
- Validação deste indicador.

Dentre as diversas aplicações de indicadores podem ser citadas: tomada de decisão, alocação de recursos, cumprimento de normas ou critérios legais e investigação científica (COSTA, 2003 apud MARQUES, 2006).

2.5.1. Indicadores utilizados na drenagem urbana

Os custos de investimentos em obras para diminuir os problemas de escoamento pluvial são bastante significativos e devem ser efetuados conforme a necessidade de cada localidade. Entretanto, não é fácil definir as áreas prioritárias para designar os investimentos e a melhor solução a ser implantada. A reincidência de ocorrências de inundações e alagamentos pode revelar a existência de falhas, contudo não deve ser considerada como única referência para avaliação do sistema de drenagem local. Neste sentido, os sistemas de indicadores utilizados na drenagem urbana existem tanto para auxiliar as autoridades responsáveis na tomada de decisões em relação ao direcionamento de investimentos, quanto para avaliar a eficiência das medidas tomadas.

Os fatores que interferem na drenagem urbana são muitos, desde o padrão de ocupação dos lotes, a impermeabilização da área, a capacidade de infiltração do solo, a situação dos cursos d'água, a manutenção da rede existente, até as influências de montante e jusante nos hidrogramas que afetam o funcionamento do sistema. A forma como a comunidade enxerga o sistema de drenagem como um todo é fundamental para sua

efetividade, interferindo diretamente na micro e macrodrenagem (CAVALCANTI FILHO, 2017).

Kolsky e Butler (2002) ressaltam que, no caso da drenagem, não é simples a definição de desempenho e que essa depende, inclusive, de quais são os objetivos do sistema de drenagem (funções paisagísticas, manutenção de processos hidrológicos, além da drenagem) e a forma como a comunidade entende o funcionamento deste sistema. Definem, ainda, que os indicadores de drenagem de águas pluviais devem estar expostos, inicialmente, ao menos em função dos termos de frequência, extensão, profundidade e duração de inundações. Porém, a depender de particularidades do uso do solo, especificidades da bacia, características topográficas e outros parâmetros, muitos outros termos podem ser importantes para representar cada situação.

Na literatura podem ser identificados alguns estudos que apresentam indicadores de drenagem urbana como ferramenta de auxílio à gestão.

Dias (2003) utiliza indicadores de drenagem urbana para a construção do índice de salubridade ambiental. Tais indicadores são obtidos partir de dados de ocorrência de inundações ou alagamentos e dados de pavimentação da área de estudo. Já Batista (2005) usou indicador de problemas nas vias, além dos outros dois indicadores usados por Dias, para composição de um indicador de drenagem urbana, e por fim o índice de salubridade em diferentes bairros na cidade de João Pessoa-PB.

Eckart et al. (2011) examinam a flexibilidade do sistema de drenagem, visto que a tendência é de aumento da quantidade de água escoada em virtude das alterações climáticas e da crescente impermeabilização do solo. Foram analisados critérios para a medição da flexibilidade dos sistemas projetados, resultando na criação de um indicador de estática para avaliação das soluções, com a finalidade de que a alternativa escolhida tenha a melhor condição para ampliação.

Rotava (2014) sugeriu dois índices objetivando auxiliar a gestão do risco de inundação:

- Índice de resiliência hídrica (PWRI), com o intuito de fazer uma avaliação sobre a resiliência de um lugar em casos de eventos extremos, analisando qualitativamente a região a partir de seis fatores: exposição, ameaça, vulnerabilidade, medidas de

prevenção (antes), medidas de combate direto (durante) e medidas de reconstrução (depois); e

- Índice de perigo (IP), tratando da vulnerabilidade das pessoas expostas à corrente de águas no caso de inundações. Este índice é produto de um desenvolvimento teórico em que são comparados e validados com dados experimentais encontrados na literatura.

Silva et al. (2013) apresentaram um estudo efetivo do desempenho do sistema de drenagem urbana através do modelo Pressão – Estado – Resposta (PER), elaborado em 1998 pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos - OECD para avaliação de indicadores ambientais globais. Esse modelo fundamenta-se no conceito de causalidade: as atividades humanas geram pressão no ambiente, o qual sofre variações em sua qualidade e na quantidade de recursos naturais disponíveis, ou seja, o ambiente passa por alterações em seu estado. Por sua vez, a sociedade responde a essas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas ou setoriais. São três os grupos ambientais caracterizados com base nesse modelo:

- Indicadores de pressão ambiental: representam as pressões provenientes das atividades humanas sobre o ambiente. A quantidade e a qualidade dos recursos naturais são incluídas nestes;
- Indicadores de condições ambientais ou de estado: aborda a qualidade do ambiente, bem como, a qualidade e a quantidade dos recursos naturais. Estes devem gerar uma visão do estado do ambiente e sua evolução no tempo;
- Indicadores de resposta: são medidas que exprimem a resposta da sociedade resultante das modificações ambientais, podendo ser associada à mitigação ou prevenção dos efeitos nocivos provocados pelas ações do homem sobre o ambiente, à paralisação ou reversão dos danos causados ao meio, e à preservação e conservação da natureza e dos recursos naturais.

O Quadro 2, a seguir, descreve os indicadores utilizados por Silva et al. (2013) e os devidos grupos ambientais. Alguns indicadores listados pelos autores fazem parte dos grupos de indicadores de pressão ambiental e de resposta ao mesmo tempo, sendo esses apresentados como um grupo a parte denominado indicadores de pressão/resposta.

Quadro 2 - Indicadores de desempenho para a drenagem urbana proposta por Silva et al. (2013)

GRUPO	INDICADORES
Indicadores de pressão ambiental	Favorecimento da produção de sedimentos (locais onde o solo não está protegido superficialmente)
	Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas.
Indicadores de resposta	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial (valas de infiltração ou similares).
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de captação e reuso de água pluvial.
Indicadores de pressão / Indicadores de resposta	Manutenção do sistema de drenagem urbana.
	Tipos de passeios.
	Frequência da varrição dos passeios públicos.
	Frequência da coleta de lixo.
Indicadores de condições ambientais ou de estado	Possível erosão na pavimentação e nos acessos ocasionada por escoamento pluvial.
	Existência de diretrizes para a execução do sistema de drenagem urbana.
	Condições físicas dos equipamentos de drenagem.
	Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos.
	Ocorrência de alagamentos.
	Compatibilização das curvas verticais nos cruzamentos
	Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres.

Fonte: Silva et al. (2013)

Nota-se que os sistemas de indicadores utilizados na drenagem urbana funcionam como um aparato de identificação de problemas existentes na rede. Tais ferramentas visam, portanto, não apenas o esclarecimento da situação em que estão inseridos os verdadeiros afetados com as falhas no funcionamento do sistema, como também são fontes para suas soluções.

2.6. ÍNDICE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS

Pereira et al. (2015) revelam que os índices são valores atribuídos por um grupo de indicadores considerados importantes no processo de interação homem-meio ambiente,

homem-economia e economia-meio ambiente. Para conseguir esses índices, se faz necessário criar indicadores, que por sua vez são desenvolvidos com base em dados analisados a partir de um conjunto de dados primários coletados com observações em campo, dados pré-existentes e entrevistas com usuários.

Para Cavalcanti Filho (2017), dados primários são os dados brutos, sem nenhum tipo de triagem ou seleção. Os dados analisados provêm de uma triagem e análise dos dados primários, que serão agrupados e a eles atribuídos os valores para confecção dos indicadores. Por fim os índices são calculados a partir de ponderações dos indicadores agrupados.

Quanto maior o número de indicadores utilizados para se construir um índice, mais fiel é a representação da realidade de determinado estudo de caso. Isso porque nem sempre um indicador pode expressar o resultado geral de um sistema, já o índice permite analisar vários elementos do sistema de forma integrada, possibilitando a interpretação e a tomada de decisão mais rápida e precisa.

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos no Brasil como referência sobre o desenvolvimento e aplicação de índices com o objetivo de avaliar o desempenho de alguns dos serviços constituintes do saneamento básico, principalmente no que diz respeito ao abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Ogata (2014) produziu um Índice de Pobreza Hídrica (IPH) considerando cinco componentes (recurso, acesso, capacidade, uso e meio ambiente) no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. O resultado da pesquisa culminou em uma pobreza hídrica classificada como moderada para toda a extensão da Bacia.

Lopes (2015) determinou um índice avaliativo do esgotamento sanitário para a cidade de Campina Grande - PB (IDSE-CG) a partir da seleção de nove indicadores e obteve uma classificação final regular para o serviço. Já Medeiros (2017), desenvolveu um índice para avaliar o serviço de abastecimento de água na mesma cidade, levando em consideração um conjunto formado por 22 indicadores, dentre eles um indicador de satisfação dos usuários, obtendo um resultado final classificado como regular para o serviço.

No entanto, ainda são poucos os trabalhos encontrados na literatura que abordam o desenvolvimento de índices de desempenho no setor de saneamento, principalmente em relação ao serviço de drenagem urbana. Geralmente, os indicadores são empregados

separadamente e não há a elaboração um índice que agregue um grupo de indicadores e permita encontrar respostas que reflitam a real situação do conjunto avaliativo. Portanto, além da relevância do tema proposto neste trabalho, sua escolha também é justificada pela carência de pesquisas nesta área.

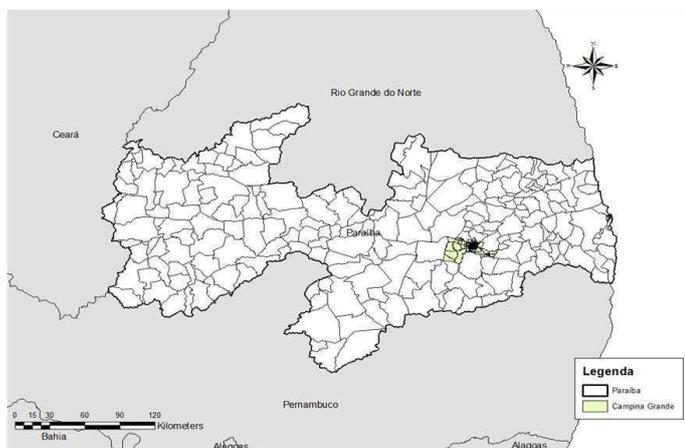
3. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste na elaboração de um índice que represente o desempenho da drenagem urbana de águas pluviais em Campina Grande – PB. Para tanto, foi utilizado um conjunto de indicadores escolhidos a partir de um levantamento de dados e que representassem e as informações da atual situação do sistema de drenagem da cidade. A construção do conjunto de indicadores proposto se deu por meio de formulações já usadas em planos diretores, instituições consagradas e em outro trabalhos científicos levando-se em conta, sempre, a disponibilidade de dados.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Campina Grande é o maior município do interior da Paraíba, estando localizado a uma distância de 120 km da capital do Estado, João Pessoa (Figura 1). Situa-se a 7° 13'11" de latitude Sul e a 35° 52'31" de longitude Oeste, possuindo uma área territorial de aproximadamente 621 km², onde apenas 96 km² correspondem a zona urbana (MENESES, 2011) e 525 km² a zona rural do município.

Figura 1 - Localização do Município de Campina Grande



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande (2014)

O município de Campina Grande está localizado na Região Geográfica da Borborema, na Mesorregião do Agreste Paraibano e na Microrregião de Campina Grande (PEREIRA E MELO, 2008). Possui uma altitude média de 560 m, com uma população de 410.332 habitantes, segundo estimativa para o ano de 2017 do IBGE.

O município é composto pela cidade de Campina Grande (sede) e pelos distritos de Catolé de Boa Vista, Catolé de Zé Ferreira, São José da Mata, Santa Terezinha e Galante, além da área rural no entorno da cidade e dos distritos (NÓBREGA, 2012). Limita-se ao norte com os municípios de Pocinhos, Puxinanã, Lagoa Seca e Massaranduba, ao sul com os municípios de Caturité, Queimadas e Fagundes, a leste com o município de Riachão do Bacamarte e a oeste com o município de Boa Vista.

A cidade de Campina Grande possui um total de 50 bairros (Figura 2) contendo uma grande diversidade com relação à densidade populacional, relevo, área de extensão e ao nível socioeconômico.

Figura 2 - Mapa dos bairros de Campina Grande

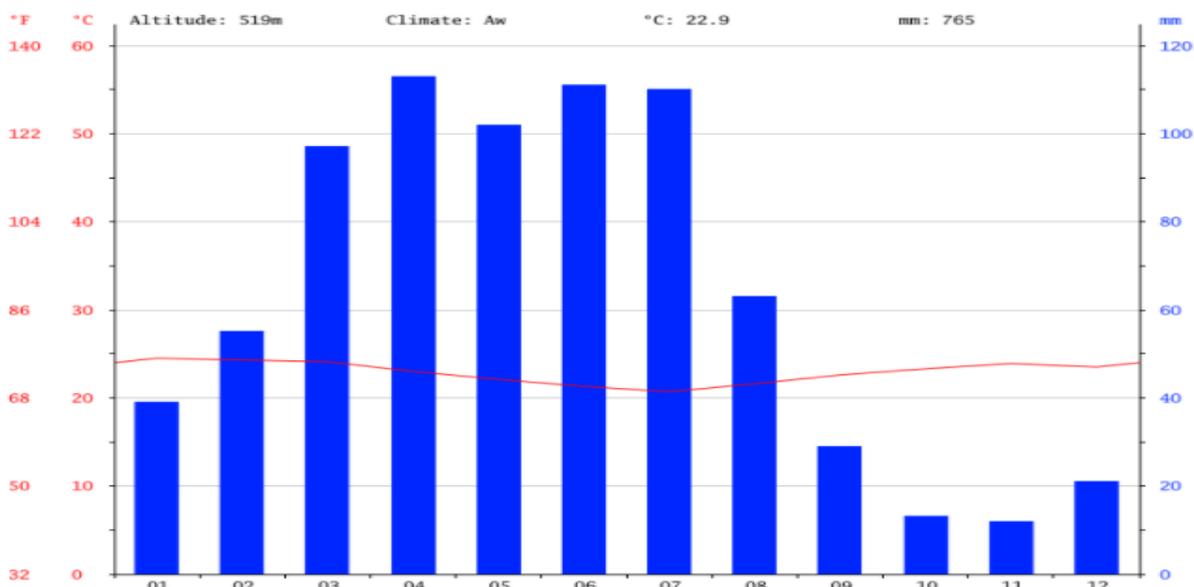


Fonte: NÓBREGA (2012)

Campina Grande encontra-se na fronteira entre microrregiões de clima e vegetação diferentes. A cidade está situada no agreste paraibano, entre o litoral e o sertão, usufruindo assim, de um clima menos árido do que o que predomina no interior do Estado, beneficiando-se com temperaturas mais amenas (PMSB, 2014).

Segundo a classificação de Köppen, seu clima é do tipo Aw, ou seja, tropical e possui precipitação média anual variando entre 700 mm e 800 mm, sendo os meses de abril, maio, junho e julho os mais chuvosos e os meses de outubro e novembro os mais secos, como demonstra a Figura 3. A temperatura média anual é de 22,9 °C, sendo o mês de janeiro o mais quente, com temperatura média de 24,5 °C e o mês de julho o mais frio, com temperatura média de 20,7 °C (CLIMATE-DATA, 2017).

Figura 3 - Climograma da cidade de Campina Grande



Fonte: CLIMATE-DATA.ORG (2017)

A cidade de Campina Grande é a segunda área urbana mais importante economicamente para o estado da Paraíba. Favorecida pela sua posição privilegiada, é um centro distribuidor e receptor de matéria-prima e mão-de-obra para vários Estados. Devido a sua localização, economia, densidade demográfica e a grande oferta no ensino superior, se tornou uma das cidades de maior importância entre as interioranas do Nordeste do Brasil.

Nos últimos anos, foi observado um crescente processo de urbanização na cidade, que fez com que novas áreas fossem ocupadas, contribuindo para o aumento do escoamento superficial causado por obras de pavimentação e, além disso, a falta de investimentos do poder público na expansão do sistema de drenagem urbana. Como resultado, a cidade tem manifestado graves problemas nos períodos de chuva, a exemplo da noite de 10 de fevereiro de 2018 quando aconteceu um evento extremo de chuva na cidade que provocou muitos danos materiais aos moradores, como pode se observar nas Figuras 4 e 5. As falhas dos sistemas de drenagem urbana podem implicar em danos às propriedades, à saúde das populações atingidas

e perdas de vida, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica.

Figura 4 - Alagamento em frente ao maior Shopping Center da cidade



Fonte: Folha Patoense, 2018.

Figura 5 - Chuva inunda rua no bairro Santo Antônio e arrasta carros estacionados



Fonte: PB Hoje, 2018.

3.2. SELEÇÃO DOS INDICADORES

Foram escolhidos indicadores propostos por entidades consagradas (SNIS, IBGE) e também pelo Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade, além de trabalhos anteriores relacionados ao tema. A escolha foi realizada baseada na disposição de informações oficiais que contribuíssem com a composição dos indicadores e na viabilidade de sua utilização para avaliação do serviço de drenagem na realidade da cidade de Campina Grande. O Quadro 3 apresenta os indicadores utilizados nesta pesquisa, agrupados em quatro categorias.

Quadro 3 - Lista de indicadores propostos

CATEGORIA	SIGLA	INDICADORES
Indicadores de monitoramento	(IM ₁)	Precipitação anual média;
	(IM ₂)	Precipitação diária máxima;
Indicadores da rede existente	(IR ₁)	Indicador de presença de boca de lobo;
	(IR ₂)	Indicador de presença de meio-fio;
	(IR ₃)	Indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem.
Indicadores de urbanização e infiltração	(IUI ₁)	Indicador de pavimentação de ruas;
	(IUI ₂)	Indicador de impermeabilização do solo;
	(IUI ₃)	Indicador de arborização de vias públicas.
Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados à drenagem urbana	(IML ₁)	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos;
	(IML ₂)	Lixo acumulado nos logradouros;
	(IML ₃)	Frequência de limpeza e desobstrução de canais de águas pluviais.

Fonte: Autoria própria

3.2.1. Indicadores de monitoramento

Os indicadores de monitoramento relacionam os dados que estão ligados aos índices pluviométricos e ao monitoramento das características locais de precipitação e escoamento. A análise desse grupo de indicadores tem como finalidade apresentar as características chuvosas da região, que servem de base para a produção de informações que alicerçam o acompanhamento climatológico. Estes dados são, portanto, essenciais no que diz respeito à execução de projetos relacionados à drenagem de águas pluviais.

O indicador de precipitação anual média deve ser calculado a partir da média dos valores de precipitação anual da região, coletadas nas estações pluviométricas existentes na bacia, ou sub-bacia. Para este cálculo de precipitação anual, podem ser usados os métodos hidrológicos frequentemente empregados. Tucci (2002) recomenda os métodos Aritmético, do Polígono de Thiessen ou das Isoietas para a obtenção da precipitação média.

Para a precipitação diária máxima, deve ser encontrado o maior valor de precipitação ocorrida em um dia, através da análise de dados de precipitações diárias em uma série histórica. Este indicador deve revelar o dia em que aconteceram os maiores problemas para o sistema de drenagem. Segundo documento da prefeitura do município de São Paulo que estabelece as Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana (1999), os sistemas de microdrenagem devem ser calculados e projetados para chuvas de período de retorno de 2 a 10 anos, enquanto que nos sistemas de macrodrenagem o período de retorno varia de 25 a 100 anos.

No Quadro 4, a seguir, são apresentados os indicadores de monitoramento escolhidos para este estudo, suas respectivas formulações e suas unidades de medida.

Quadro 4 - Indicadores de monitoramento

CATEGORIA	INDICADOR	FORMULAÇÃO	UNIDADE
Indicadores de monitoramento	Precipitação anual	<i>Precipitação anual média</i>	<i>mm</i>
	Precipitação diária máxima	<i>Maior valor da lâmina de água precipitada em um dia da série histórica de referência</i>	<i>mm</i>

Fonte: Autoria própria

3.2.2. Indicadores da rede existente

Os indicadores da rede existente devem apresentar quantificações do sistema de drenagem da cidade. Os indicadores de domicílios urbanos em face de quadra com a presença de boca de lobo, com a presença de meio-fio e o percentual de canais de drenagem que atendem a padrões de qualidade da água foram os indicadores escolhidos para esta categoria neste estudo (Quadro 5).

Quadro 5 - Indicadores da rede existente

CATEGORIA	INDICADOR	FORMULAÇÃO	UNID
Indicadores da rede existente	Indicador de presença de boca de lobo	$\frac{\text{Domicílios urbanos em face de quadra com boca de lobo}}{\text{Domicílios urbanos totais}} \times 100$	%
	Indicador de presença de meio-fio	$\frac{\text{Domicílios urbanos em face de quadra com meio – fio}}{\text{Domicílios urbanos totais}} \times 100$	%
	Indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem	$\frac{\text{Número de canais que atendem a padrões de qualidade da água}}{\text{Número total de canais}} \times 100$	%

Fonte: Autoria própria

Os indicadores de domicílios urbanos em face de quadra com a presença de boca de lobo e com a presença de meio-fio são propostos pelo IBGE em um estudo feito no censo 2010 com as características urbanísticas do entorno dos domicílios. Estes indicadores expressam a porcentagem de domicílios urbanos que são atendidos com elementos da microdrenagem que servem para escoar e encaminhar a água da chuva para os canais e assim, evitarem os problemas com alagamentos.

O indicador de qualidade da água no sistema de drenagem compreende a relação entre a quantidade de canais que atendem a padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para classe II, e o número total de canais pluviais. Este indicador é proposto pelo PMSB e é um dos parâmetros que revelará a eficiência do sistema separador absoluto, bem como a execução de ações como programas de educação ambiental; fiscalização, melhoria e manutenção permanente das margens dos canais (áreas mais vulneráveis a ações externas) e dos elementos do sistema de microdrenagem das vias; limpeza e desobstrução permanentes da macro e microdrenagem: sistema de prevenção, identificação e controle de interferências.

3.2.3. Indicadores de urbanização e infiltração

O agrupamento de indicadores de urbanização e infiltração tratam das modificações antrópicas ocorridas, apresentando o grau de modificação da bacia. No Quadro 6, a seguir, são exibidos os indicadores de urbanização e infiltração utilizados para este estudo, as respectivas formulações e as unidades de medida.

Quadro 6 - Indicadores de urbanização e infiltração

CATEGORIA	INDICADOR	FORMULAÇÃO	UNID
Indicadores de urbanização e infiltração	Indicador de pavimentação de ruas	$\frac{\text{Domicílios urbanos em face de quadra com rua pavimentada}}{\text{Domicílios urbanos totais}} \times 100$	%
	Indicador de impermeabilização do solo	$\frac{\text{Área impermeabilizada}}{\text{Área total}} \times 100$	%
	Arborização de vias públicas	$\frac{\text{Domicílios urbanos em face de quadra com arborização}}{\text{Domicílios urbanos totais}} \times 100$	%

Fonte: Autoria própria

O indicador de domicílios urbanos em face de quadra com rua pavimentada também fez parte do estudo das características urbanísticas do entorno dos domicílios do IBGE. Este indicador, além de ser um expressivo indicativo da urbanização das cidades, também é um importante elemento que representa o grau de impermeabilização do solo.

O indicador de impermeabilidade do solo retrata o modelo de urbanização ocorrido na cidade, refletindo diretamente na alteração do balanço hídrico da bacia. Os processos de infiltração e de retenção de água para evaporação e evapotranspiração diminuem, aumentando, assim, o escoamento superficial e a vazão de pico. Quanto maior este indicador, mais alteradas são as condições do solo da bacia em comparação à condição natural de pré-urbanização e maior o escoamento superficial. Ele é calculado dividindo-se a área impermeável pela área total da bacia. Com o geoprocessamento de imagens de satélites é possível identificar as áreas pavimentadas, cobertas, telhados e outras que são consideradas área impermeáveis.

Já o indicador de arborização de vias públicas identifica os domicílios urbanos em face de quadra com arborização. Este indicador é importante por que evidencia a presença de áreas permeáveis mesmo em zonas urbanizadas. O Código de Obras do município de Campina Grande determina o mínimo de 20% de área descoberta e permeável do terreno em relação a sua área total, dotada de vegetação que contribua para o equilíbrio climático e propicie alívio para o sistema público de drenagem urbana. Este indicador pode ser encontrado no site do IBGE, na subdivisão “Território e Ambiente” da área das cidades.

3.2.4. Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados ao sistema de drenagem

O sistema de drenagem dos municípios é diretamente influenciado pelos sistemas urbanos como um todo. O lixo acumulado nas vias sem uma destinação final adequada é um dos grandes agentes responsáveis por causar problemas na rede de drenagem. Os indicadores deste agrupamento são vinculados aos sistemas de limpeza urbana e podem ser encontrados no site do SNIS na área de coleta de dados de resíduos sólidos.

Para uma gestão mais eficiente e eficaz dos serviços de limpeza urbana, o indicador de cobertura da coleta de resíduos domésticos se apresenta com a finalidade de avaliar a abrangência deste sistema, e é medido a partir do percentual da população do município que é atendido por este serviço. Quanto maior este indicador, menor a chance de os resíduos domésticos atrapalharem o sistema de drenagem, interrompendo a passagem da água em dias de chuva.

O lixo acumulado nos logradouros segue uma linha de raciocínio semelhante. O mesmo aferirá a execução das seguintes ações: cronograma de serviços de limpeza urbana, ampliação das ações de fiscalização do descarte inadequado dos resíduos sólidos, educação ambiental, disque limpeza urbana, calendário para a coleta dos resíduos pesados ou volumosos e fiscalização dos geradores de resíduos específicos.

Já a frequência de limpeza e desobstrução de canais de águas pluviais segue a mesma ideia, só que voltada ao perfeito funcionamento do sistema de macrodrenagem, evitando bloqueios causados pelo acúmulo de resíduos nos canais. Este indicador envolve também questões sociais, como, por exemplo, a educação e a conscientização das pessoas para que elas entendam que os canais não são “lixões” a céu aberto e que ações como essa podem ter graves consequências em dias de grandes precipitações. Este indicador deve ser dado em número de *dias de limpeza/semana*.

No Quadro 7 são expostos os indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados ao sistema de drenagem utilizados neste trabalho, as respectivas formulações e as unidades de medida.

Quadro 7 - Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados ao sistema de drenagem

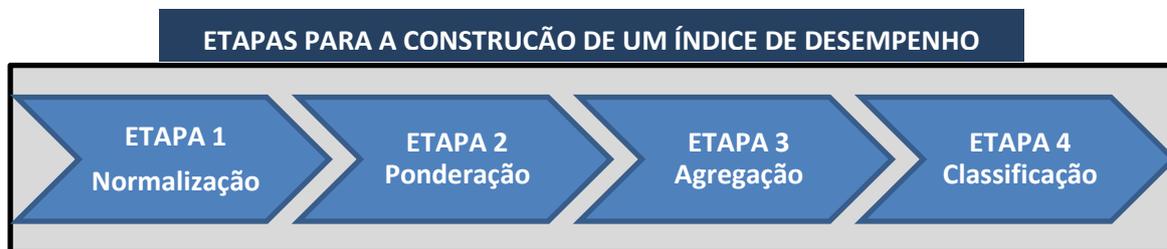
CATEGORIA	INDICADOR	FORMULAÇÃO	UNID
Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados ao sistema de drenagem	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos	$\frac{\text{População urbana atendida pelo serviço de coleta domiciliar direta}}{\text{População urbana total}} \times 100$	%
	Lixo acumulado nos logradouros	$\frac{\text{Domicílios urbanos em face de quadra com acúmulo de lixo}}{\text{Domicílios urbanos totais}} \times 100$	%
	Frequência de limpeza e desobstrução de canais de águas pluviais	$\frac{\text{Dias de limpeza}}{\text{Semana}}$	$\frac{\text{Dias}}{\text{Semana}}$

Fonte: Autoria própria

3.3. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA (IDSDU-CG)

Com base nos indicadores escolhidos, foi desenvolvido um índice para avaliar o serviço de drenagem urbana na cidade de Campina Grande (IDSDU-CG). Para a elaboração desse índice foram sucedidas as etapas de normalização, ponderação, agregação e classificação (Figura 6) detalhadas a seguir e estabelecidas pela metodologia descrita por Juwana, Muttill e Perera (2012).

Figura 6 - Etapas constituintes da criação de um índice de desempenho



Fonte: Autoria própria

3.3.1. Etapa de Normalização

A normalização é considerada um passo essencial no processo de determinação do índice de desempenho. Esta etapa serve para tornar adimensionais os indicadores propostos, uma vez que estes se encontram em diferentes unidades, para que possam ser posteriormente agregados.

É importante fazer a seleção do método de normalização mais adequado, de forma que os indicadores normalizados possam ser comparáveis. Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizada a metodologia de redimensionamento contínuo. Esse método baseia-se na classificação dos valores entre 0 e 1 ou 0 e 100, ou seja, no estabelecimento de limites superiores e inferiores, para cada um dos indicadores a serem normalizados com base nas Equações 1 e 2, a seguir. Estes limites podem ser definidos por valores de referências presentes na literatura, por metas a serem alcançadas ou por valores extremos do conjunto de dados (FARIA, 2013).

$$S_i = \frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \quad (1)$$

$$S_i = 1 - \frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \quad (2)$$

Onde:

S_i – Valor normalizado;

X_i – Valor a ser normalizado;

X_{inf} – Limite inferior;

X_{sup} – Limite superior.

Os limites superior e inferior utilizados neste estudo foram determinados a partir da literatura (considerando valores já consagrados), por meio de metas propostas pelas companhias de saneamentos ou ainda a partir de relatórios de indicadores de desempenho do serviço de drenagem urbana. A Tabela 1 apresenta a descrição dos indicadores, os valores dos limites inferior e superior atribuídos a cada indicador e a fonte de pesquisa utilizada para compor esses valores.

Tabela 1 - Limites superior e inferior dos indicadores propostos

INDICADORES	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	FONTE
Precipitação anual média	239,6 mm	1332,4 mm	AESA ⁽¹⁾
Precipitação diária máxima	6,7 mm	110,1 mm	AESA ⁽¹⁾
Indicador de presença de boca de lobo	49,2%	4,3%	IBGE (2012)
Indicador de presença de meio-fio	86,1%	14,1%	IBGE (2012)
Indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem	100%	0%	CONAMA ⁽²⁾ (2005)
Indicador de pavimentação de ruas	90%	21%	IBGE (2012)
Indicador de impermeabilidade do solo	35%	75%	Tucci (2006)
Indicador de arborização de vias públicas	71,5%	45,1%	IBGE (2012)
Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos	100%	80%	SNIS (2016)
Lixo acumulado nos logradouros	4,1%	12,2%	IBGE (2012)
Frequência de limpeza e desobstrução de canais de águas pluviais	6 dias/semana	0 dias/semana	SESUMA ⁽¹⁾ (2018)

Nota: (1)Limites baseados na observação da série histórica de precipitação do ano 1997 até o ano de 2017.

(2)Limites baseados na referência citada.

Fonte: Autoria própria

No indicador de precipitação anual média os limites foram definidos através da análise de uma série histórica de 20 anos da precipitação média anual, correspondente ao intervalo que vai do ano de 1997 ao ano de 2017, disponível no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. No intervalo desta série histórica foi observado o valor máximo de 1332,4 mm no ano de 2011 e o valor mínimo de 239,6 mm, referente ao ano de 1998.

Para o indicador de precipitação diária máxima, os limites foram obtidos com base na mesma série histórica mencionada acima. Foi selecionado o período chuvoso que conteve o dia de maior precipitação no intervalo avaliado, que começou no dia 16 e terminou no dia 18 de julho de 2011. Dentro deste intervalo foi observado o registro máximo de 110,1 mm, referente ao dia 17 de julho (dia da maior precipitação) e o valor mínimo de 6,7 mm, relativo ao dia 18 de julho.

No indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem é preciso comparar a qualidade da água dos canais da cidade com padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para classe II, como sugere o PMSB da cidade. Pela dificuldade encontrada de se dispor de dados para todos os parâmetros prescritos pela Resolução em questão, o presente trabalho se propõe a analisar a qualidade da água apenas pelo limite de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) estabelecido para a classe II (5 mg/L 5 dias a 20°C), tendo em vista que este parâmetro é representativo para revelar a contribuição de esgotos domésticos nos canais de águas pluviais. Com base neste limite determinado pelo CONAMA, entende-se que a melhor situação possível para o sistema de drenagem seria se a qualidade da água de todos os canais da cidade estivesse dentro deste parâmetro (100%) e a pior situação seria se nenhum canal assim o fizesse (0%).

Para os indicadores de presença de boca de lobo, presença de meio-fio, pavimentação de ruas, arborização de vias públicas e lixo acumulado nos logradouros, os limites foram estabelecidos de acordo com um estudo feito pelo IBGE para as características urbanísticas no entorno dos domicílios com os dados adquiridos no censo 2010. O resultado do estudo foi divulgado no ano de 2012 e levou em consideração a média dos melhores e dos piores resultados de cada um desses indicadores para as cidades brasileiras, sugerindo intervalos em que tais indicadores se enquadrassem em uma situação inadequada, semiadequada ou adequada. A partir desses resultados foram determinados os limites para serem utilizados no presente trabalho.

Os limites do indicador de impermeabilidade do solo foram norteados com base em Tucci (2006). Ele considera o valor de 35% de solo impermeável como o valor mínimo que caracteriza um ambiente urbano, no entanto, para o presente estudo esse valor é atribuído como limite máximo considerando que para o sistema de drenagem quanto menos impermeabilização melhor. Já para o valor máximo de impermeabilização do solo, Tucci propõe um intervalo que vai de 75 até 100%. Aplicando-se para o perfil de Campina Grande, cidade interiorana de médio porte, que possui no código de obras do município a exigência de 20% do total do terreno de cada lote com solo permeável, seria inalcançável se chegar aos 100% de impermeabilização do solo. Considerando estas questões, optou-se por utilizar o limite inferior de 75% (uma vez que essa é a situação mais desfavorável por aumentar a lâmina de escoamento superficial em um evento de chuva podendo sobrecarregar o sistema de drenagem urbana).

No indicador de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos da população urbana, os limites foram determinados levando-se em consideração o valor deste indicador, disponível no site do SNIS, em outras cidades do Nordeste que têm, em média, o mesmo porte da cidade de Campina Grande (com população variando de 250 a 650 mil habitantes), no intuito de equiparar a realidade dos municípios, resultando em uma comparação mais igualitária e representativa. Após a avaliação dos dados deste indicador nessas cidades, observou-se um limite inferior de 80% de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos, relativo à cidade de Caucaia – CE e um limite superior de 100% em algumas cidades como Olinda – PE, Aracaju – SE, Vitória da Conquista – BA, Parnamirim – RN, entre outras.

3.3.2. Etapa de Ponderação

A etapa da ponderação tem o objetivo de atribuir pesos para cada um dos indicadores selecionados, levando em consideração a opinião e a experiência de especialistas no processo de determinação dos mesmos. Com a finalidade de retratar, o mais fielmente possível, o serviço de drenagem urbana da cidade, os especialistas consultados foram gestores, professores e engenheiros das áreas de saneamento e de drenagem urbana, conhecedores da realidade local, que trabalham direta ou indiretamente com a drenagem, formando, assim, um índice multidisciplinar e mais representativo.

Todos os 11 indicadores selecionados para este estudo e divididos em quatro categorias diferentes: de monitoramento, da rede existente, de urbanização e infiltração e de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados ao sistema de drenagem foram avaliados pelos especialistas quanto à importância e praticidade com pontuações de 1 a 5 (Tabela 2), segundo a metodologia proposta por Von Sperling (2010).

Tabela 2 - Pontuação dos critérios de avaliação dos especialistas

PONTUAÇÃO	IMPORTÂNCIA	PRATICIDADE
5	Muito importante	Muito prático
4	Importante	Prático
3	Importância moderada	Praticidade moderada
2	Pouco importante	Pouco prático
1	Irrelevante	Impraticável

Fonte: Autoria própria

O questionário utilizado para avaliação dos especialistas (APÊNDICE A) levou em consideração os dois critérios acima mencionados, importância e praticidade, visto que muitas vezes o indicador selecionado possui grande importância para o bom funcionamento de um sistema de drenagem urbana, entretanto não é prático o suficiente para compor o índice. A praticidade está relacionada à viabilidade de se usar este indicador, garantindo que ele realmente funcione na prática para permitir a tomada de decisões no âmbito da gestão.

Após a avaliação dos especialistas, os resultados foram computados e o peso de cada indicador foi obtido a partir da soma das médias das respostas quanto aos dois critérios analisados no questionário.

3.3.3. Etapa de Agregação

Finalizada a etapa de ponderação, os indicadores foram agregados para a posterior geração do índice de desempenho, proposto para avaliar a qualidade do serviço de drenagem urbana oferecido aos usuários da cidade de Campina Grande-PB. O método escolhido para a agregação foi o aritmético, definido pela Equação 3.

$$I = \sum_{i=0}^n W_i \times S_i \quad (3)$$

Onde:

I – Índice de avaliação do serviço de drenagem urbana de Campina Grande;

W_i – Peso atribuído ao componente, neste caso o peso de cada indicador;

S_i – Valor atribuído ao componente, neste caso o valor de cada indicador após normalização;

n – Número de indicadores utilizados;

3.3.4. Etapa de Classificação nominal

A classificação proposta para avaliar a qualidade do serviço de drenagem urbana a partir do índice gerado foi realizada considerando uma divisão numérica dos valores em cinco intervalos com variação regular e para cada intervalo foi atribuída uma escala nominal, a fim de minimizar erros de interpretação.

A escolha pela classificação do índice em categorias teve como base estudos anteriores desenvolvidos na área de saneamento, tais como Medeiros (2017) e Lopes (2015)

que utilizaram classificações semelhantes. A Tabela 3 mostra os intervalos de classificação utilizados na pesquisa.

Tabela 3 - Categorias de classificação nominal do Índice de Desempenho do Sistema de Drenagem Urbana – IDSDU

INTERVALO	CLASSIFICAÇÃO
0 – 2	Péssimo
2 – 4	Ruim
4 – 6	Regular
6 – 8	Bom
8 – 10	Ótimo

Fonte: Adaptado Lopes (2015) e Medeiros (2017)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES

A Tabela 4 apresenta os valores médios de cada um dos indicadores calculados individualmente, a fim de serem identificados os maiores déficits e os melhores parâmetros no serviço de drenagem urbana da cidade de Campina Grande.

Tabela 4 - Valores obtidos dos indicadores selecionados

INDICADOR		VALOR OBTIDO
IM ₁	Precipitação anual média	764,3 mm (AESA)
IM ₂	Precipitação diária máxima	110,1 mm (AESA)
IR ₁	Indicador de presença de boca de lobo	21,6 % (IBGE, 2010)
IR ₂	Indicador de presença de meio-fio	79,70 % (IBGE, 2010)
IR ₃	Indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem	0 % ⁽¹⁾
IUI ₁	Indicador de pavimentação de ruas	77,40 % (IBGE, 2010)
IUI ₂	Indicador de impermeabilidade do solo	40,97 % (Rufino, 2014)
IUI ₃	Indicador de arborização de vias públicas	82,50 % (IBGE, 2010)
IML ₁	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos	98,00 % (SNIS, 2016)
IML ₂	Lixo acumulado nos logradouros	10,50 % (IBGE, 2010)
IML ₃	Frequência de limpeza e desobstrução de canais de águas pluviais	6 dias/semana (SESUMA, 2018)

(1) Nota: valor obtido com base em estudos realizados nos canais pluviais da cidade de Campina Grande.

Fonte: Autoria própria

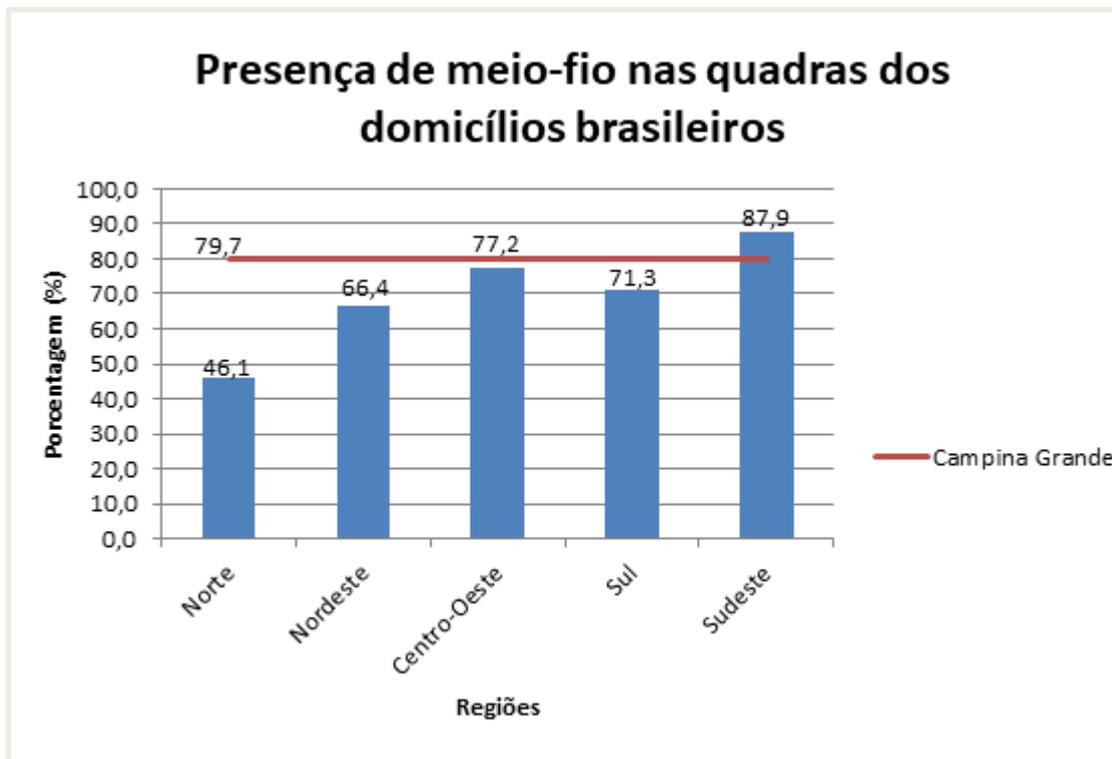
Os indicadores de precipitação anual média e precipitação diária máxima são indicadores que representam o regime de chuvas na região. É importante ressaltar que Campina Grande vinha passando, desde o ano de 2012 até o ano de 2017, por um período de estiagem prolongada, com registros de precipitações médias anuais abaixo da média da cidade e, por este motivo, vinha registrando, desde então, poucos incidentes relacionados a problemas com a drenagem urbana da cidade, o que não implica dizer que o sistema é eficaz.

Os sistemas de drenagem devem ser dimensionados para suportar a eventos chuvosos com elevados períodos de retorno, por isso só mostram realmente sua segurança e eficácia na ocorrência destes eventos. Neste sentido, o indicador de precipitação diária máxima utilizado neste estudo foi selecionado dentro da série histórica dos últimos 20 anos, a fim de avaliar o desempenho do sistema de drenagem da cidade em face de um evento extremo de chuva, gerando um resultado mais representativo e fidedigno à realidade.

O indicador de presença de boca de lobo apresentou um resultado que se encaixa na situação semiadequada, sugerida pelo IBGE (2012), quando comparado ao resultado das outras cidades do Brasil. A boca de lobo ou bueiro é um importante elemento do sistema de microdrenagem que evita o acúmulo do volume de água nas ruas, responsáveis por provocar os temíveis alagamentos. Campina Grande é uma cidade que sofre bastante com problemas pontuais de alagamentos em dias de chuvas mais intensas (conforme apresentado anteriormente nas Figuras 4 e 5), a ponto de os moradores de algumas áreas terem que traçar rotas alternativas para se locomoverem.

O indicador da presença de meio-fio nas quadras dos domicílios urbanos no município de Campina Grande se encaixa na situação considerada adequada, sugerida pelo estudo do IBGE (2012) em relação aos outros municípios brasileiros. A cidade apresentou um resultado acima da média das cidades do Nordeste e acima também das médias das regiões Norte, Sul e Centro-Oeste, ficando abaixo apenas da média das cidades da região Sudeste, conforme apresentado no Gráfico da Figura 7. A presença deste elemento do sistema de microdrenagem é importante porque eleva o nível das residências em relação ao nível da rua, dificultando a entrada do volume de água nas casas, além de servir como a “parede” de um canal triangular longitudinal chamado sarjeta, entre a rua e a calçada, que conduzirá a água escoada até uma boca de lobo.

Figura 7 - Comparação entre os percentuais de presença de meio-fio nas regiões brasileiras e na cidade de Campina Grande



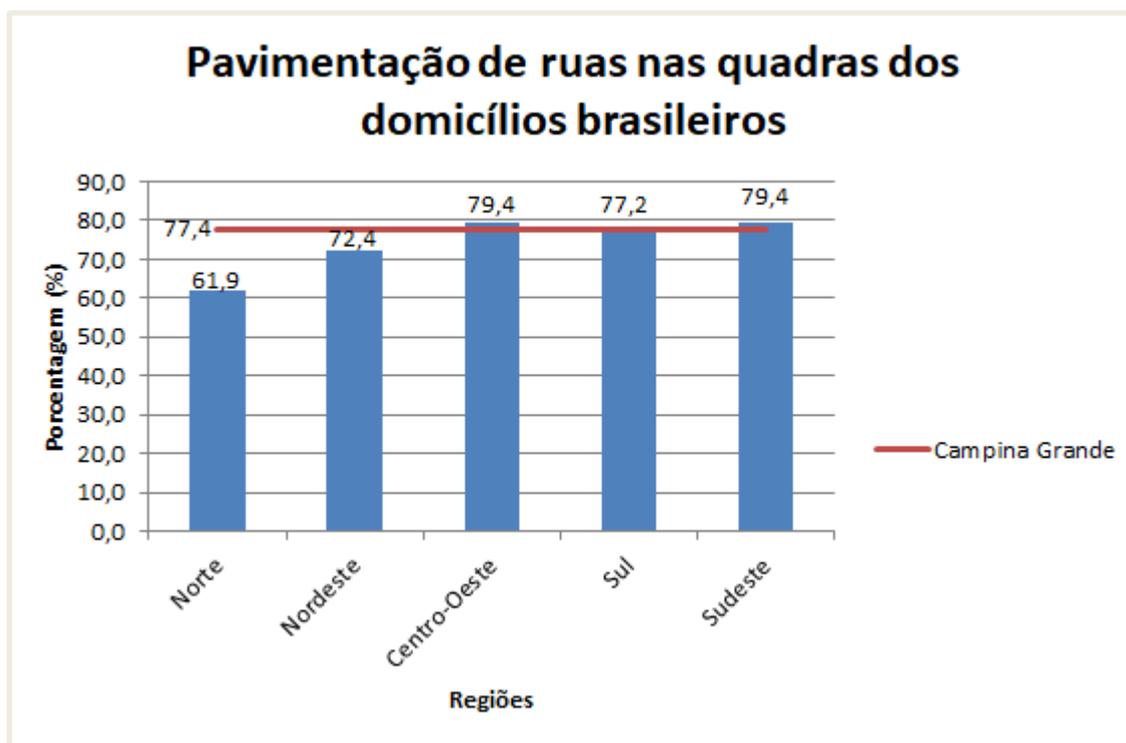
Fonte: Adaptado IBGE (2012)

A qualidade da água no sistema de macrodrenagem exibiu um resultado muito ruim, demonstrando que nenhum canal da cidade obedece aos padrões de qualidade da água estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para o parâmetro de DBO, que é capaz de evidenciar a contribuição de esgotos domésticos nos canais, desmistificando a ideia de um sistema separador absoluto. O resultado deste indicador foi obtido com base em estudos realizados por Caminha (2014), Freire (2014) e Henriques (2014) nos principais canais da cidade. Foram encontrados sempre valores de DBO acima de 120 mg/l, bem acima do que é recomendado pela resolução supracitada (5mg/l).

O valor obtido para o indicador de pavimentação de ruas de Campina Grande (77,4%) também se encaixa em uma situação apontada como adequada quando comparado às cidades brasileiras, segundo o mesmo estudo do IBGE (2012). A cidade apresentou um resultado acima da média das cidades das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul, ficando abaixo apenas da média das cidades da região Sudeste. A pavimentação de vias está associada à impermeabilização do solo, que diminui a infiltração, aumentando, assim, o escoamento superficial. Caso a pavimentação de ruas no Brasil contemplasse um planejamento prévio tecnicamente consistente, abarcando, principalmente, a implantação de

sistemas de drenagem, os graves problemas na infraestrutura viária urbana em épocas de chuva não ocorreriam, ou pelo menos seriam, em grande parte, amenizados.

Figura 8 – Comparação do percentual de pavimentação das ruas de Campina Grande frente à média nacional



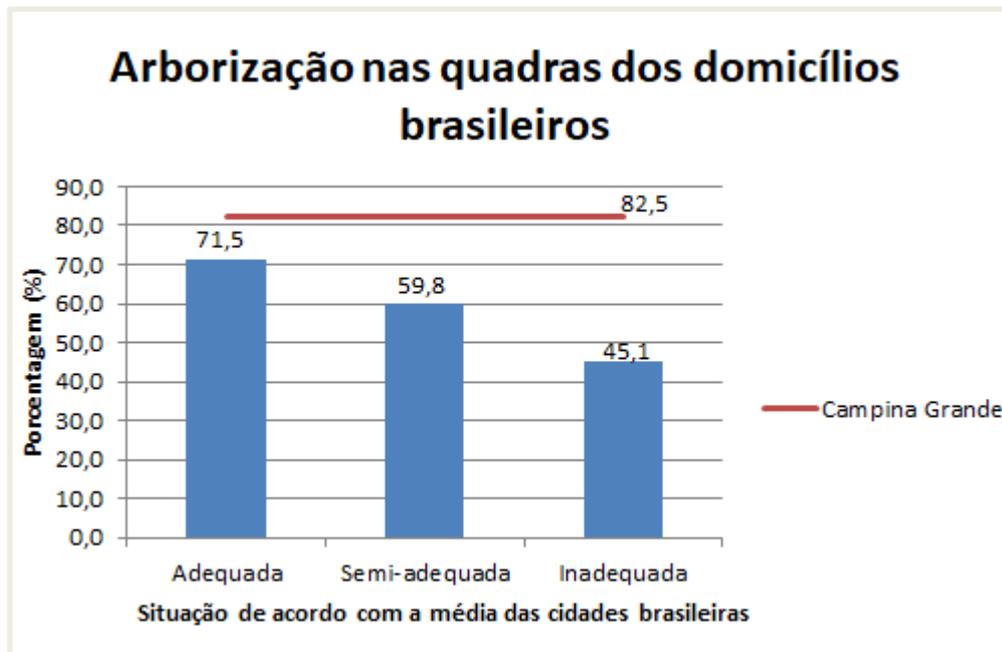
Fonte: adaptado IBGE (2012)

Quanto ao indicador de impermeabilização do solo, a cidade apresenta um resultado típico de cidades de médio porte que sofreram um acelerado processo de urbanização, apesar de ainda possuir um elevado potencial de crescimento da área urbana. Porém, pouca atenção é dada às estruturas de drenagem urbana na fase de planejamento de expansão das cidades, culminando em um aumento significativo da velocidade de escoamento através das superfícies impermeáveis. No caso de Campina Grande, que tem o agravante de ser uma cidade com declividade acentuada, a falta de um sistema de drenagem eficaz provoca zonas de acúmulo de água nos pontos mais baixos, já que a declividade de uma bacia é o principal fator que determina o curso natural que a água percorre.

Já para o indicador de arborização de vias públicas, o município apresentou um resultado excelente (82,5%), acima do que é considerado um cenário adequado pelo estudo do IBGE (2012) frente a outras cidades brasileiras, como mostra a Figura 9. Este indicador, além de revelar a presença de áreas permeáveis, o que é importante para um sistema de drenagem

no intuito de aliviar vazões de pico e frear escoamentos superficiais, também é fundamental na contribuição para o equilíbrio climático da região.

Figura 9 - Comparação do percentual de arborização de vias públicas de Campina Grande frente à média nacional

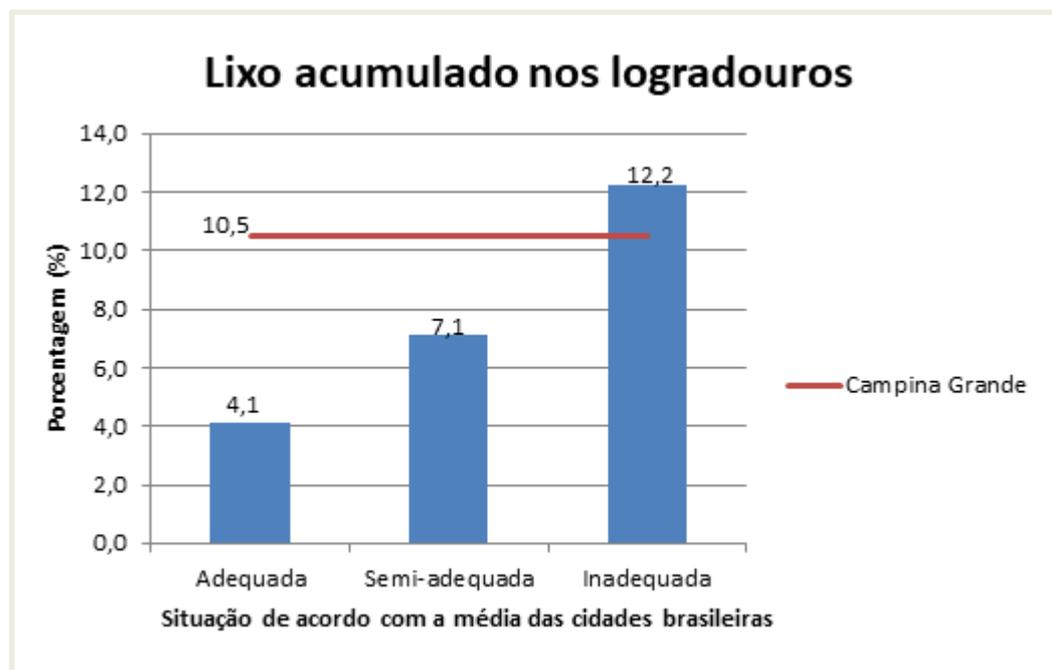


Fonte: adaptado IBGE (2012)

A taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos da cidade também retratou um resultado bastante positivo, com quase que a totalidade da população urbana (98%) sendo atendida por este serviço. Os sistemas de drenagem e de gestão de resíduos são interligados, uma vez que a destinação incorreta do lixo é responsável pela obstrução das galerias do sistema coletor de águas pluviais durante os eventos hidrológicos, potencializando os efeitos das inundações e alagamentos localizados, além de ampliar a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, causar poluição do solo e da água.

O indicador de lixo acumulado nos logradouros, entretanto, mostrou um resultado que se enquadra em uma situação classificada como inadequada, em comparação com as outras cidades brasileiras, com base no estudo do IBGE (2012), como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Comparação do percentual de lixo acumulado nos logradouros de Campina Grande frente à média nacional



Fonte: adaptado IBGE (2012)

A presença de lixo acumulado em locais inadequados, no caso de Campina Grande, compreende uma análise mais aprofundada, principalmente de fatores sociais. Se a cidade possui uma taxa de cobertura de coleta de resíduos tão alta, por que o indicador do acúmulo de lixo em logradouros está tão acima do que é considerado como adequado? A população costumeiramente rotula alguns locais específicos como de destinação do lixo produzido e, em virtude disto, acabam se tornando vítimas de seus próprios (maus) hábitos, sofrendo com consequências como a perda de bens materiais provocadas por inundações e alagamentos em dias de eventos chuvosos, além de criarem um ambiente bastante propício para a proliferação de vetores causadores de doenças que colocam em risco a vida de toda comunidade ao redor.

A frequência de limpeza e desobstrução de canais de águas pluviais segue a mesma linha de raciocínio dos dois últimos indicadores discutidos acima, sendo este um importante serviço oferecido pela prefeitura para tentar corrigir algumas práticas cometidas pela população que atrapalham o desempenho do sistema de drenagem. Em tese, os canais de águas pluviais devem estar sempre desobstruídos para conduzirem apenas o volume de água proveniente dos eventos chuvosos, o que não acontece muito bem na prática. A Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente – SESUMA, que é responsável pela manutenção e desobstrução dos canais e galerias, oferece um ótimo suporte fazendo manutenções diárias

nos principais canais da cidade (canal do Prado, das Piabas, da Cachoeira e de Bodocongó), além de executar programações semanais nos demais canais, de acordo com a necessidade repassada pela equipe de fiscalização.

4.2. RESULTADO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DO SERVIÇO DE DRENAGEM URBANA (IDSDU-CG)

Um bom índice de desempenho deve englobar diferentes pontos referentes ao serviço prestado de modo que possa retratar, verdadeiramente, a realidade. Com o intuito de garantir uma abrangência satisfatória, foram considerados, para a formulação do IDSDU-CG, todos os indicadores pré-selecionados anteriormente nesta pesquisa.

Tais indicadores, escolhidos entre as diversas categorias de avaliação – de monitoramento, da rede existente, de urbanização e infiltração e de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados à drenagem urbana, devem ser tratados e, para cada um deles, atribuído um peso (importância) antes de serem agregados. A seguir serão apresentadas separadamente as etapas efetuadas para a obtenção do IDSDU-CG.

4.2.1. Normalização

Com a finalidade de uniformizar as variáveis que compõem o índice de forma que apresentem ao final do processo a mesma unidade, foi realizada a etapa da normalização utilizando-se os limites superior e inferior já apresentados anteriormente. Os resultados obtidos para os indicadores selecionados na pesquisa após a normalização a partir da Equação 1 estão expostos na Tabela 5, abaixo.

Tabela 5 – Indicadores normalizados

INDICADORES		VALOR	UNIDADE	NORMALIZAÇÃO
IM ₁	Precipitação anual média	764,3	mm	0,52
IM ₂	Precipitação diária máxima	110,1	mm	0,00
IR ₁	Indicador de presença de boca de lobo	21,6	%	0,39
IR ₂	Indicador de presença de meio-fio	79,70	%	0,91
IR ₃	Indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem	0,00	%	0,00
IUI ₁	Indicador de pavimentação de ruas	77,40	%	0,18
IUI ₂	Indicador de impermeabilidade do solo	40,97	%	0,85
IUI ₃	Indicador de arborização de vias públicas	82,50	%	1,41
IML ₁	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos	98,00	%	0,90
IML ₂	Lixo acumulado nos logradouros	10,50	%	0,21
IML ₃	Frequência de limpeza de canais pluviais	6,00	dia/semana	1,00

4.2.2. Ponderação

Depois de finalizar o processo de normalização foi atribuído um peso (grau de importância e praticidade) a cada um dos indicadores, levando em consideração a opinião de especialistas a partir da consulta realizada. Os resultados encontrados para a etapa de ponderação estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficientes de ponderação

INDICADORES		PESO
IM ₁	Precipitação anual média	9,1
IM ₂	Precipitação diária máxima	9,1
IR ₁	Indicador de presença de boca de lobo	8,8
IR ₂	Indicador de presença de meio-fio	8,0
IR ₃	Indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem	7,2
IUI ₁	Indicador de pavimentação de ruas	9,0
IUI ₂	Indicador de impermeabilidade do solo	8,6
IUI ₃	Indicador de arborização de vias públicas	7,6
IML ₁	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos	9,3
IML ₂	Lixo acumulado nos logradouros	8,6
IML ₃	Frequência de limpeza e desobstrução de canais de águas pluviais	8,6

Fonte: Autoria própria

A atribuição dos pesos para a pesquisa foi desempenhada a partir de uma avaliação detalhada da resposta dos especialistas para cada indicador que levaram em consideração as deficiências já conhecidas no serviço de drenagem urbana de Campina Grande, assim como também os problemas vivenciados nos dias de chuvas mais intensas na cidade.

A partir da análise da Tabela 6, percebe-se que os maiores pesos foram atribuídos aos indicadores de precipitação média anual, precipitação diária máxima e de cobertura do serviço de coleta domiciliar indicando que, na opinião dos especialistas, os eventos de chuva tem grande influência sobre a eficiência do sistema de drenagem existente e que uma cobertura de coleta de lixo inadequada pode agravar os problemas de alagamentos e inundações na cidade uma vez que os resíduos sólidos estão entre os principais responsáveis pela redução das seções dos canais, bocas-de-lobo e galerias.

4.2.3. Agregação e classificação nominal

A agregação dos indicadores foi feita conforme indicado na Equação 3 e tendo em vista os valores obtidos nas etapas de normalização e ponderação. Após a agregação dos

indicadores foi possível calcular o índice final do desempenho do serviço de drenagem urbana da cidade e realizar a classificação nominal, considerando o enquadramento dos pesos estabelecidos na Tabela 6. O resultado encontrado para o IDSDU-CG é mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultado do IDSDU-CG

ÍNDICE FINAL	RESULTADO	CLASSIFICAÇÃO
IDSDU-CG	4,90	Regular

Fonte: Autoria própria

O valor obtido para o IDSDU-CG foi de 4,90, sendo assim classificado, de acordo com a escala nominal observada na Tabela 3, como um serviço de qualidade REGULAR.

Este valor indica que, apesar de alguns indicadores apresentarem ótimos resultados quando analisados isoladamente, de forma geral, o índice diminui por levar em consideração outros indicadores que apresentam respostas menos satisfatórias e cujos especialistas atribuíram elevado peso devido a sua importância e praticidade. Portanto, as conclusões sobre o índice devem ser feitas a partir das respostas dos indicadores, no entanto, de forma conjunta e integrada.

O resultado REGULAR para o IDSDU-CG parece apresentar coerência com a realidade presenciada nos dias de eventos chuvosos mais intensos na cidade. A avaliação de um sistema de drenagem urbana é mais complexa do que se parece, pois o simples fato de existir não significa que seja eficaz ou que seu alcance tenha acompanhado o grau de urbanização do município.

É possível observar, no entanto, que o desempenho do serviço poderia ser mais bem conceituado, não fosse a quantidade de lixo acumulada nos logradouros e a qualidade da água dos canais da cidade, que está longe de alcançar o padrão estabelecido pela Resolução nº 357/05 do CONAMA. A contribuição de esgotos domésticos em canais de águas pluviais, além de afetar o meio ambiente, pode sobrecarregar o sistema de drenagem, atrapalhando seu desempenho e gerando um risco a saúde da população.

É importante ressaltar que a análise do desempenho do sistema de drenagem de Campina Grande realizada neste trabalho está levando em consideração uma precipitação diária máxima de 110,1 mm, a maior ocorrida nos últimos 20 anos. Para validar o resultado, foi testado o cálculo do IDSDU-CG considerando uma média dos dias das maiores

precipitações (acima de 70 mm) ocorridas na cidade nos últimos 20 anos. A média encontrada, tendo em vista os únicos 8 dias com lâmina de água precipitada acima de 70 mm, foi de 85,59 mm. Após normalização e agregação junto com os demais indicadores, o valor do índice passou de 4,90 para 5,16, sendo ainda classificado como regular, de acordo com a escala nominal da Tabela 3. Conclui-se, portanto, que a deficiência do sistema de drenagem urbana do município não está condicionada a um evento de chuva tão extraordinário, e sim a um conjunto de fatores discutidos nesta pesquisa.

É pertinente destacar também que a aquisição de dados foi uma grande limitação encontrada para o desenvolvimento deste trabalho e acabou restringindo a escolha de mais indicadores. Se outros indicadores fossem acrescentados à Equação 3 para a determinação do IDSDU-CG, mais fiel seria a representação da realidade do sistema de drenagem urbana da cidade. Além disso, seria possível identificar mais pontos de déficit na infraestrutura do sistema e no serviço, auxiliando ainda mais no direcionamento da tomada de decisões.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

Os indicadores são ferramentas fundamentais para a avaliação de um sistema urbano, componente essencial da tomada de decisão, análise e controle da evolução do desempenho dos sistemas urbanos ao longo do tempo. Neste sentido o presente trabalho buscou mostrar, além da importância dos indicadores, uma análise integrada dos mesmos para a avaliação do desempenho do sistema de drenagem urbana da cidade de Campina Grande – PB.

Os dados utilizados na formação dos indicadores desta pesquisa foram selecionados em bancos de dados consolidados, possuindo uma confiabilidade que permite a utilização de seus indicadores como referência para comparação e como guia para medição do desempenho da prestação de serviços. Na esfera federal, esses dados buscam a orientação da aplicação de investimentos e são designados ao planejamento e realização de políticas públicas e à elaboração de estratégias de ação. No âmbito estadual e municipal, esses dados vêm colaborar para regulação e fiscalização da prestação dos serviços, além de aumentar o grau de competência e eficácia na gestão das companhias prestadoras de tais serviços.

A avaliação do desempenho do serviço de drenagem urbana de Campina Grande como REGULAR está bastante de acordo com a realidade observada na cidade, principalmente com os relatos da equipe da Defesa Civil, que sempre trabalha muito para amparar as vítimas dos alagamentos nos dias de chuvas mais intensas. A cidade possui uma topografia bem acidentada e isso acaba por potencializar as consequências de um sistema de drenagem ineficiente.

Outro fator que agrava negativamente o desempenho do sistema na cidade, segundo perspectiva ainda da Defesa Civil, é a falta de fiscalização em relação a construções de moradias em locais do percurso natural da água, aliada a falta de implantação de um sistema de drenagem, o que provoca consequências drásticas para as famílias que ali habitam, aumentando o índice de domicílios acometidos por inundações. Além disso, é observado, em alguns casos pontuais na cidade, que a capacidade de transporte de água dos canais é comprometida por existirem, dentro da área molhada, grandes tubulações do sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, prejudicando o seu funcionamento.

Ao analisar detalhadamente a composição dos valores que formam o IDSDU-CG, percebe-se que as contribuições mais positivas vêm, respectivamente, dos indicadores de arborização de vias públicas, limpeza e desobstrução dos canais da cidade, taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar e taxa de impermeabilização do solo, considerando os valores dos indicadores normalizados e o peso a eles atribuídos pelos especialistas consultados. De fato, Campina Grande é uma cidade bem arborizada, com uma taxa relativamente pequena de solo impermeável (comparado aos grandes centros urbanos), possui uma ótima cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos e uma perceptível preocupação, por parte da prefeitura, de tentar manter os canais da cidade sempre desobstruídos para que possam exercer, integralmente, sua função quando e se necessário. Porém, nota-se que o bom desempenho destes indicadores não é suficiente para suprir a deficiência de outros, como a contribuição de esgotos nos canais de águas pluviais, a quantidade de lixo acumulada nos logradouros e a pequena quantidade de boca de lobo nas ruas.

Sendo assim, espera-se que o presente trabalho seja um ponto de partida que possa contribuir como instrumento de direcionamento de políticas e investimentos públicos, visando estratégias de desenvolvimento sustentável e elaboração de metas para a evolução do sistema de drenagem urbana da cidade, melhorando, assim, a mobilidade urbana, bem como a qualidade de vida da população.

5.2. RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo é possível constatar a necessidade de ações emergenciais que visem à melhoria no processo de manutenção do sistema de drenagem urbana de Campina Grande, principalmente no que se refere ao acúmulo de lixo nos logradouros, ao sistema de captação de água nas ruas através de bocas de lobo e à efetivação do sistema separador absoluto. Diante desse contexto, recomenda-se que medidas corretivas e preventivas sejam consideradas prioritárias, no intuito de melhorar a qualidade do serviço.

É recomendado, ainda, que seja realizado um programa de educação e conscientização de algumas comunidades específicas, uma vez que a cidade possui uma ótima cobertura de coleta domiciliar e, ainda assim, apresenta um alto índice de lixo acumulado em locais pontuais.

Por fim, sugere-se que em pesquisas futuras sejam incorporados ao índice mais indicadores, com a finalidade de retratar mais fielmente o sistema de drenagem da cidade. Além disso, considerando que neste trabalho foram utilizados dados do censo de 2010, por serem os disponíveis, sugere-se também que, em 2020, ano do novo censo, e sempre que possível, sejam atualizados os indicadores já existentes para a obtenção do índice.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA – Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba. **Precipitação máxima dos municípios**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2011-07-01&produto=municipio&periodo=anual>> . Acesso em julho de 2018.

BATISTA, M. E. M. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para gestão urbana baseado em indicadores ambientais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba. 2005.

BELLEN, H. M. V. **Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação**. Revista Ambiente & Sociedade. v. II, n. 1, 2004.

BONATES, M. F. **Leis que (des)orientam o processo de verticalização**. Transformações urbanas em Campina Grande à revelia da legislação urbanística. La planificación territorial y el urbanismo desde el diálogo y la participación. Actas del XI Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Buenos Aires, 2-7 de mayo de 2010.

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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 05. jan. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. – In: Resoluções, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em junho de 2018.

BRASIL. Portal do MMA - Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente. **Indicadores ambientais**. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informacoes-ambientais/indicadores-ambientais>>. Acesso em: jan. 2018.

CAMINHA, M. J. **Degradação da qualidade da água do sistema de drenagem de sub-bacias urbanas de Campina Grande – Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. 2014.

CARDOSO, M. A. **Avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana.** 450 fls. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

CAVALCANTI FILHO, M. J. L. **Desenvolvimento e avaliação de um conjunto de indicadores para representação do sistema de drenagem urbana.** 146 fls. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, 2017.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/4449/>> . Acesso em maio de 2018.

CRUZ, M. S. A.; TUCCI C. E. M. **Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 13, n.3, p. 59-71, 2008.

DIAS, M. C. **Índice de salubridade ambiental em áreas de ocupação espontânea: estudo em Salvador, Bahia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. 2003.

ECKART, J.; TSEGAYE, S.; VAIRAVAMOORTHY, K. **Measuring flexibility of urban drainage systems.** Switch Managing Water for the City of the Future. 2011.

FARIA, A. C. N. **Sustentabilidade na agricultura: desenvolvimento de um indicador de avaliação.** Dissertação (Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente) - Faculdade de Economia do Porto, 2013.

FERREIRA, F. L. **Análise dos indicadores municipais de sustentabilidade ambiental utilizados no grande ABC-SP.** Dissertação (Mestrado em administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, 2011.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENNAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – **The evolution and application of terminology surrounding urban drainage.** Urban Water Journal, v. 12, n.7, p. 525-542, 2015.

FREIRE, J. R. P. **Análise do Sistema Separador Absoluto no Âmbito da Drenagem Pluvial da Cidade de Campina Grande – Estudo de Caso do Canal das Piabas.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. 2014.

GOMES, L. **1808: como uma rainha louca, um príncipe medroso e uma corte corrupta enganaram Napoleão e mudaram a história de Portugal e do Brasil**. São Paulo: Editora Planeta do Brasil, 2007.

GRAHAM, D. H. e HOLANDA FILHO, S. B. de. **As migrações inter-regionais e urbanas e o crescimento econômico do Brasil**. In: MOURA, H. (org.). Migração Interna: Textos Seleccionados. Volume 2, p 733-778. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 1980.

HENRIQUES, J. A. **Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do Prado, Campina Grande – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Características urbanísticas do entorno dos domicílios**. Rio de Janeiro, maio de 2012. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000009003605192012363128342378.pdf>. Acesso em junho de 2018.

INTERNATIONAL FOR ORGANIZATION STANDARDIZATION - ISO. ISO 11620:1998(F); Information et Documentation - **Indicateurs de performance des bibliothèques**. Genebra: ISO, 1998.

JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. **Indicator-based water sustainability – A review**. Science of the Total Environment, v. 438, p. 357-371, Set. 2012.

KOLSKY, P.; BUTLER, D. **Performance indicators for urban storm drainage in developing countries**. Urban Water v. 4, p. 137-144, 2002.

LOPES, W. S. **Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário para a cidade de Campina Grande - PB**. Dissertação (Mestrado em Eng. Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2015.

LOURENÇO, M. S. **Questões técnicas na elaboração de indicadores de sustentabilidade**. Sustentabilidade e Responsabilidade Social, 2008.

MARQUES, C. E. B. **Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MEDEIROS, L. E. L. **Utilização dos indicadores convencionais e de satisfação dos usuários para avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água na cidade de Campina Grande/PB.** Dissertação (Mestrado em Eng. Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2017.

MENESES, R. A.. **Diagnóstico Operacional de Sistemas de Abastecimento de Água: o caso de Campina Grande.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. 2011.

NÓBREGA, P. V. M. **Análise do sistema de drenagem de campina grande/pb para proteção de áreas de risco de inundação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. 2012.

OGATA, I. S. **Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba.** Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2014.

OLIVEIRA, I. C. E. **Estatuto da cidade; para compreender...** / Isabel Cristina Eiras de Oliveira. - Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 2001. 64p.

PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L. C.; CAMPOS, R. **Drenagem urbana sustentável no Brasil.** Relatório de Workshop na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, 2003.

PEREIRA, M. T.; SILVA, F. F.; GIMENES, M. L.; ZANATTA, O. A. **Desenvolvimento de indicador de qualidade de saneamento básico urbano (IQSBU) e aplicação em cidades paranaenses.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.8, n.1, p. 135-164, 2015.

PMSB - **Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande/PB: Diagnóstico de Saneamento,** 2014.

POMPÊO, C. A.; **Drenagem urbana sustentável.** Revista brasileira de recursos hídricos. v. 5, n.1, p. 15-24, 2000.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo.** 1999. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf>.

Acesso em julho de 2018.

ROTAVA, J. **Índices de resiliência hídrica e de perigo para gestão do risco de inundações urbanas.** Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2014.

RUFINO, I. A. A; SANTOS, R. C; TSUYUGUCHI, B. **Estimativas de taxas de impermeabilização do solo nas bacias urbanas do município de Campina Grande-PB utilizando sensoriamento remoto.** Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. João Pessoa, SBSR: 2015

SILVA, B. R.; PINHEIRO, H.; LOPES, D. D. **Seleção de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de drenagem urbana.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 01, n. 01, p. 30-44, 2013.

SNIS – **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em 2018.

TUCCI, C.E.M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos - volume 2, n°2, p 5-12, Jul/Dez. Porto Alegre –RS, 1997.

TUCCI, C.E.M. **Gerenciamento da drenagem urbana.** In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH - volume 7, n° 1, p 5-27. Porto Alegre-RS, 2002.

TUCCI, C.E.M. **Gestão de águas pluviais urbanas.** Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank - Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas.** Estud. av. São Paulo, v 22, n. 63, de 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142008000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 19 de novembro de 2017.

VON SPERLING, T. L. **Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

WRc. Sewerage Rehabilitation Manual. Fourth Edition, Volume 1, Water Research Center, Water Authorities Association, Swindon, Reino Unido, ISBN 1-898920-39-7, 2001.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS

QUESTIONÁRIO: INDICADORES DE DESEMPENHO DO SERVIÇO DE DRENAGEM URBANA NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB			
NOME:			
INSTITUIÇÃO:			
MONITORAMENTO	DESCRIÇÃO	IMP.	PRAT.
IM₁ - Precipitação anual	Precipitação média anual		
IM₂ - Precipitação diária máxima	Precipitação diária máxima		
REDE EXISTENTE	DESCRIÇÃO	IMP.	PRAT.
IR₁ - Indicador de presença de boca de lobo	Domicílios urbanos em face de quadra com boca de lobo em relação aos domicílios urbanos totais		
IR₂ - Indicador da qualidade da água no sistema de macrodrenagem	Número de canais pluviais que atendem a padrões de qualidade da água em relação ao número total de canais		
IR₃ - Indicador de presença de meio-fio	Domicílios urbanos em face de quadra com meio-fio em relação aos domicílios urbanos totais		
URBANIZAÇÃO E INFILTRAÇÃO	DESCRIÇÃO	IMP.	PRAT.
IUI₁ - Indicador de pavimentação de ruas	Domicílios urbanos localizados em ruas pavimentadas em relação aos domicílios urbanos totais		
IUI₂ - Indicador de impermeabilidade do solo	Área impermeabilizada da bacia em relação a área total		
IUI₃ - Indicador de arborização de vias públicas	Domicílios urbanos em face de quadra com arborização em relação aos domicílios urbanos totais		
MANUTENÇÃO E LIMPEZA DOS SISTEMAS URBANOS VINCULADOS À DRENAGEM URBANA	DESCRIÇÃO	IMP.	PRAT.
IML₁ - Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos domésticos	População urbana atendida pelo serviço de coleta domiciliar direta em relação a população urbana total		
IML₂ - Lixo acumulado nos logradouros	Domicílios urbanos em face de quadra com depósito ou acúmulo de lixo em relação aos domicílios urbanos totais		
IML₃ - Frequência de limpeza de canais	Dias de limpeza de canais de águas pluviais em relação aos dias da semana		
OBS: As colunas Importância (IMP.) e Praticidade (PRAT.) devem ser preenchidas com valores de 1 a 5, a depender do grau de importância e de praticidade dos indicadores.			
Importância		Praticidade	
5	Muito importante	5	Muito prático
4	Importante	4	Prático
3	Importância moderada	3	Praticidade moderada
2	Pouco importante	2	Pouco prático
1	Irrelevante	1	Impraticável