



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL – UAEC**

**USO DE MICROBACIA DE DETENÇÃO EM UM EMPREENDIMENTO NA**  
**CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB**

**PEDRO SERPA DIAS DOS SANTOS**

Orientador: Dr. Ricardo de Aragão

CAMPINA GRANDE – PB

2021

**PEDRO SERPA DIAS DOS SANTOS**

**USO DE MICROBACIA DE DETENÇÃO EM UM EMPREENDIMENTO NA  
CIDADE DE 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.

Orientador: Dr. Ricardo de Aragão

CAMPINA GRANDE – PB

2021

PEDRO SERPA DIAS DOS SANTOS

**USO DE MICROBACIA DE DETENÇÃO EM UM EMPREENDIMENTO NA  
CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande.

Campina Grande, \_\_\_\_ de maio de 2021

Nota: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
Nota: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Ricardo de Aragão  
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Campina Grande  
(Orientador)

\_\_\_\_\_  
Nota: \_\_\_\_\_

Prof. Dra. Dayse Luna Barbosa  
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Campina Grande  
(Coorientadora)

\_\_\_\_\_  
Nota: \_\_\_\_\_

Prof. Dra. Andrea Carla Lima Rodrigues  
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Campina Grande

\_\_\_\_\_  
Nota: \_\_\_\_\_

Eng. Bela. Maria Eduarda Barbosa da Veiga  
Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA)  
Universidade Federal de Campina Grande

Dedico este trabalho a minha família, que não poupou esforços para que essa conquista fosse possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disso seria possível. Ele quem me deu a força e a perseverança necessária para seguir em frente perante os desafios e adversidades;

A minha mãe Moema, meu maior exemplo, por sempre ter estado ao meu lado em todos os momentos e nunca ter deixado de acreditar em mim, por ter me dado apoio toda vez que necessitei, nunca ter deixado me faltar nada e nunca ter me deixado fraquejar diante das dificuldades;

Ao meu pai Flávio e meu irmão João, por todas as vezes que se colocaram em segundo plano para que eu pudesse ter prioridade para realizar aquilo que precisava e por todos os momentos em que me alegraram ao longo dessa caminhada;

A minha namorada Luíza, por todo amor e carinho durante todo esse tempo, por sempre ter me incentivado e sempre acreditar no meu potencial;

A todos os meus amigos que de alguma forma colaboraram para o meu crescimento e desenvolvimento, seja dividindo a caminhada acadêmica ou por se fazerem presentes na minha rotina, sem vocês com certeza teria sido bem mais difícil;

Ao professor Ricardo de Aragão e a professora Dayse Luna, por todo o suporte, paciência e compreensão que tiveram durante o desenvolvimento deste trabalho;

E por fim, a UFCG, que não só contribuiu para que eu adquirisse conhecimento técnico, como também me proporcionou ótimas lembranças e valiosas lições para a vida.

“A persistência é o menor caminho para o  
êxito”

**Charles Chaplin**

## RESUMO

O crescimento da população urbana de um país traz consigo uma série de problemas que são frutos da falta de planejamento durante o crescimento das cidades. Dentre as consequências advindas desse crescimento, pode-se citar o aumento da área impermeabilizada, que aumenta o volume escoado e com ele a chance de alagamentos e inundações. Na tentativa de mitigar esses problemas, foram implantados nas cidades os sistemas de drenagem urbana que, quando não mantidos ou inexistentes, também contribuem para inundações. Campina Grande (PB), cidade de médio porte sofre, frequentemente, com alagamentos devido a problemas nos seus sistemas de drenagem pluvial. Uma das alternativas para mitigar este problema é a construção de micro reservatórios de retenção em grandes edificações. Sendo assim, objetiva-se neste trabalho averiguar a viabilidade do uso desse tipo de estrutura dentro das edificações. Esta abordagem foi testada em um empreendimento vertical, cuja área drenante é de 7760,5 m<sup>2</sup>. Para o dimensionamento do reservatório, dentre os métodos existentes foi utilizado o método de Tsuchiya, que forneceu um volume de retenção de 91 m<sup>3</sup>, volume maior que o disponível para execução. Contudo, com o descarregador de fundo e o vertedor que foram dimensionados trabalhando em conjunto, não haverá sobrecarga das estruturas de drenagem urbana e nem do próprio reservatório. Permitindo que todo o volume de água que escoará pela área drenante seja manejado de modo que os elementos de drenagem operem dentro de seus limites, diminuindo o risco de inundações e alagamentos.

**Palavras-Chave:** Medidas compensatórias. Drenagem urbana. Descarga de fundo.

## ABSTRACT

The growth of a country's urban population brings with it a series of problems that are the result of a lack of planning during the growth of cities. Among the consequences arising from this process, we can mention the increase of the waterproofed area which increases the drained volume and with it the chance of flooding. As an attempt to mitigate these problems, urban drainage systems have been implemented in cities. These systems, when not maintained or non-existent, also contribute to flooding. Campina Grande (PB), a medium-sized city, often suffers with flooding due to problems in its drainage systems. One of the alternatives to mitigate this problem, is the construction of micro detention reservoirs in large buildings. Therefore, the objective of this work is to ascertain the feasibility of use this type of structure within buildings. This approach was tested in a vertical building, whose drainage area is 7760.5 m<sup>2</sup>. For the sizing of the reservoir, among the existing methods, Tsuchiya method was used, which provided a holding volume of 91 m<sup>3</sup>, greater than the available for execution. However, with the bottom discharge and the spillways that were dimensioned working together, there will not be overload on the urban drainage structures or in the reservoir. Allowing that the entire runoff volume that flow through the drainage area be managed in a such way that the drainage elements operate inside their limits, reducing the risk of flooding

**Keywords:** Compensatory measures. Urban drainage. Bottom discharge.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Boca de lobo mista.....	19
Figura 2 - Rio Tietê, São Paulo .....	19
Figura 3 - Esquema de um sistema clássico .....	20
Figura 4 - Bacia de Retenção, Rio de Janeiro.....	22
Figura 5 - Telhado verde em uma residência .....	23
Figura 6 - Esquematização de instalação de um telhado verde .....	24
Figura 7 - Esquematização das camadas de um pavimento permeável típico.....	25
Figura 8 - Alagamento na cidade de Campina Grande.....	35
Figura 9 - Localização do empreendimento .....	36
Figura 10 - Localização do bairro do José Pinheiro .....	36
Figura 11 - Maquete do empreendimento.....	37
Figura 12 - Precipitação média mensal para a série histórica.....	38
Figura 13 - Bacias e sub-bacias de drenagem do município de Campina Grande .....	38
Figura 14 - Boca de lobo entupida em defronte ao empreendimento.....	39
Figura 15 - Organograma do processo metodológico .....	40
Figura 16 - Métodos de cálculo da área de contribuição.....	43
Figura 17 - Boca de lobo vedada em frente ao empreendimento .....	45

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial .....	30
Tabela 2 - Coeficiente de escoamento superficial .....	31
Tabela 3 - Crescimento populacional de Campina Grande .....	34
Tabela 4 - Precipitações médias na cidade de Campina Grande .....	41
Tabela 5 - Coeficientes de rugosidade de Manning .....	46

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGRA - International Green Roof Association

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1. OBJETIVO GERAL .....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
3.1. URBANIZAÇÃO E SEUS EFEITOS .....	16
3.2. SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA .....	16
3.3. DRENAGEM URBANA NO BRASIL .....	17
3.4. TIPOS DE SISTEMA DE DRENAGEM .....	18
3.4.1. Medidas estruturais e não-estruturais .....	18
3.4.2. Microdrenagem e macrodrenagem .....	19
3.4.3. Sistemas clássicos e sistemas compensatórios .....	20
3.5. DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM.....	26
3.5.1. Chuvas intensas e as Curvas IDF .....	27
3.5.2. Vazão de projeto .....	28
3.5.3. Dimensionamento de uma bacia de detenção/retenção .....	31
<b>4. ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>34</b>
4.1. LOCALIZAÇÃO .....	34
4.1.1. Empreendimento.....	35
4.2. CLIMATOLOGIA DA REGIÃO .....	37
4.2.1. Bacias de drenagem .....	38
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
5.1. CÁLCULO DA CONTRIBUIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	40
5.1.1. Precipitação .....	41
5.1.2. Coeficiente de runoff.....	42

5.1.3. Área de contribuição.....	42
5.2. DIMENSIONAMENTO DA MICROBACIA.....	44
5.3. DESCARGA DE FUNDO .....	47
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>49</b>
6.1. VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	49
6.2. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO.....	50
6.3. DETERMINAÇÃO DA DESCARGA DE FUNDO .....	50
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>52</b>
<b>8. SUGESTÕES .....</b>	<b>53</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>54</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No último século, diversas modificações foram observadas nas sociedades do mundo inteiro e, dentre elas, uma muito notória foi a que ocorreu na ocupação do espaço geográfico. A Revolução Industrial do século XX e os avanços tecnológicos que vieram com ela, intensificaram o processo de industrialização das produções, tornando-a uma grande responsável pela alteração do espaço geográfico, uma vez que esse processo interfere diretamente nos fluxos populacionais.

No meio rural, por exemplo, a mão de obra humana foi substituída por maquinários. Dessa maneira, boa parte dessa mão de obra passou a residir em cidades, em busca de novas oportunidades de trabalho, processo denominado de êxodo rural. O êxodo rural foi, e ainda é, um dos fatores principais para essa variação da ocupação do espaço geográfico e que fortalece ainda mais o fenômeno de urbanização.

A urbanização tem uma relação muito direta com a industrialização, pois com o desenvolvimento da tecnologia e conseqüentemente das indústrias, um cenário de oportunidades toma forma. No Brasil, esse fenômeno não foi diferente, visto que segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a população urbana brasileira passou de 31,24% em 1940 para 84,36% em 2010 (IBGE, 2010).

O crescimento da população urbana de um país traz consigo uma série de problemas que, em sua grande maioria, são frutos da falta de planejamento durante o crescimento das cidades. Dentre as conseqüências advindas desse crescimento, pode-se citar a impermeabilização do solo, pois devido ao aumento da área impermeabilizada, quer por construções ou por pavimentação das vias urbanas, a área permeável nas cidades diminui consideravelmente, transformando a contribuição das chuvas em escoamento superficial, aumentando o volume escoado e as vazões de pico (PINTO, 2011), aumentando a chance de alagamentos e inundações.

Na tentativa de mitigar esses problemas, foram sendo implantados nas áreas urbanas os sistemas de drenagem urbana. Canholi (2005) indica que, historicamente, os engenheiros responsáveis optaram pela solução de canalizar as águas. Contudo, essa medida eleva a velocidade de escoamento, diminui o tempo de concentração e potencializa o pico de vazão a jusante, levando as inundações para áreas que anteriormente não sofriam com esse problema.

Com isso, chegou-se à conclusão que essa prática não é sadia pois causa sérios impactos na região para a qual as águas escoam. Sendo assim, as chamadas medidas compensatórias como telhados verdes, pavimentos permeáveis, valetas, e poços de infiltração e bacias de retenção/acumulação acabaram ganhando força como possíveis mitigadores desses efeitos (BAPTISTA *et al.*, 2005).

As bacias de retenção e acumulação têm a finalidade de aproximar a vazão de escoamento superficial à valores próximos aos que podiam ser observados antes da impermeabilização. Essas estruturas não são amplamente utilizadas devido ao espaço demorado que é necessário para executá-las, como também ao custo de execução que é alto.

A cidade de Campina Grande, assim como todas as outras cidades que passam pelo processo de urbanização, sofre com os problemas de diminuição da área permeável disponível e um sistema de drenagem urbana antigo, que se tornou ineficiente ao longo do tempo. Devido a associação desses fatores, pode-se observar que, com frequência, alagamentos ocorrem após os eventos de chuva.

Campina Grande passa por um intenso processo de verticalização das construções e de instalação de grandes empreendimentos, isso implica em um aumento da área impermeabilizada e o conseqüente aumento de vazão escoada para os sistemas de drenagem. Sabendo que esses sistemas presentes na cidade foram projetados para uma realidade diferente da que se tem hoje, na qual, para uma mesma precipitação, o volume de água que escoar para os sistemas atualmente é muito superior ao volume de escoamento décadas atrás, é evidente que haverá uma sobrecarga nas estruturas de drenagem.

Como reestruturar todo o sistema de drenagem da cidade é oneroso, o uso de medidas compensatórias que colaborem para a mitigação da sobrecarga dos sistemas urge. Nesse sentido, visa-se ampliar a estrutura convencional dos sistemas de drenagem, a partir da incorporação de escalas micro na concepção dos projetos, ou seja, dentro das próprias edificações podendo reduzir o custo e a área demandada para a construção e operação e obter resultados satisfatórios na diminuição dos picos de vazão.

Assim, o presente trabalho propõe investigar a possibilidade de aplicação de uma microbacia de retenção/acumulação em um empreendimento privado, na cidade de Campina Grande-PB.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a viabilidade do uso de microbacia de retenção em um empreendimento urbano para a atenuação do pico de vazão nos sistemas de drenagem pluvial na cidade de Campina Grande – PB.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1- Estudar a potencial contribuição em volume ( $m^3$ ) de um determinado empreendimento durante uma chuva de projeto;
- 2- Analisar a capacidade total em volume ( $m^3$ ) da microbacia de retenção de maneira a suportar a contribuição do empreendimento;
- 3- Analisar uma possível vazão de saída da microbacia de retenção tal que não comprometa a eficiência dos sistemas de drenagem.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. URBANIZAÇÃO E SEUS EFEITOS**

A urbanização é um fenômeno geográfico que atinge o planeta inteiro e que, como afirma Castro (2007), desde a segunda metade do século XX, tem se intensificado cada vez mais. Dessa maneira, podem ser notadas diversas mudanças no meio ambiente alterando a dinâmica natural do mesmo.

O aumento das atividades urbanas e a sua conseqüente centralização, têm acarretado, ao longo das últimas décadas, algumas problemáticas desafiadoras para o equilíbrio ambiental desses centros urbanos. Segundo Mascaró (2009), é possível correlacionar a urbanização com a redução das áreas verdes; impermeabilização do solo e o aumento da temperatura. Nesse fenômeno, há a substituição das superfícies naturais por telhados e pavimentos, estruturas que não permitem a infiltração da água no solo e assim alteram o balanço hídrico do espaço em questão (TUCCI, 2007).

De acordo com Silveira (2001), o processo de urbanização, baseado na intervenção antrópica sem planejamento prévio e negligenciando o manejo das águas pluviais, trouxe complicações severas para a questão das águas urbanas, trazendo conseqüências graves à população e ao meio. A questão da drenagem urbana tornou-se importante no atual contexto da política ambiental crescente, porque envolve além de aspectos ambientais, aspectos sanitários, paisagísticos, sociais e técnicos.

#### **3.2. SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA**

O nascimento das cidades e os cursos de água sempre tiveram uma correlação muito forte ao longo da história da humanidade. Castro (2007), confirma que desde as primeiras aglomerações, pôde verificar-se que a localização das cidades se dava, preferencialmente, próxima aos cursos de água. Essa ligação surge, de acordo com Baptista e Nascimento (2002), pelo fato de que a proximidade da água favorecia o abastecimento de água, facilitava o despejo de resíduos, além de que o curso d'água era uma via natural de comunicação e transporte, favorecendo o comércio, uma possível fonte de energia para a indústria e uma eventual defesa

natural contra invasores. Contudo, apesar dos benefícios, inundações eram bastante frequentes e que ocasionavam grandes perdas em vários setores das comunidades.

Com o passar dos anos, a ocupação geográfica das áreas urbanas se fragmentou de maneira que as populações menos favorecidas foram se estabelecendo nas áreas mais baixas e, conseqüentemente, sujeitas aos impactos das inundações que ocorriam. Na Europa, durante a Idade Média, não houve implantação de novos e mais modernos sistemas de descarga e nem a manutenção dos já existentes, tornando as condições de vida nas cidades extremamente insalubres (BAPTISTA *et al.*, 2005).

De acordo com Castro (2007), com a intensificação da urbanização, todos esses problemas foram potencializados. Esse fato se torna mais evidente a partir da década de 1950, com o crescimento da produção industrial. A explosão demográfica urbana nos países industrializados fez surgir uma grande demanda de moradias nesses centros. A necessidade de prover essas moradias rapidamente, acabou por negligenciar as possíveis conseqüências da urbanização no ciclo da água. Tanto é que, cerca de uma década depois, as inundações frequentes, o mau funcionamento dos sistemas coletores e a poluição grave dos meios receptores, aparecem como principais conseqüências desse descaso.

Segundo Tucci (2003), a drenagem urbana é um conjunto de elementos que tem o intuito de diminuir os riscos que as populações estão sujeitas e mitigar os prejuízos causados pelas inundações. Aspectos ambientais têm ganhado força e levado a população a se conscientizar em relação a esses problemas. Partindo desse ponto, fomentou-se um maior interesse na busca de discussões e novas soluções. Nos dias atuais, há o enfoque não apenas na questão funcional dos sistemas, como também no quesito paisagístico do mesmo, visando harmonizar essas estruturas com a paisagem local.

### 3.3. DRENAGEM URBANA NO BRASIL

A história dos sistemas de drenagem urbana no Brasil é ligada ao conceito “higienista” de drenagem. Este conceito consiste em escoar as águas pluviais para jusante, fora da bacia hidrográfica, de maneira rápida (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2005). Contudo, segundo Martins (2017), esse escoamento rápido das águas apenas transfere o problema para outra localidade, o que antes assolava um bairro, por exemplo, pode atingir um outro bairro que fica a jusante.

De acordo com a Lei 11.445/2007, como também a Lei 14.026/2020, que abordam as diretrizes do Marco Regulatório do Saneamento Básico (BRASIL, 2020), a drenagem e o manejo das águas pluviais, a limpeza e a fiscalização preventiva das redes urbanas são enquadrados como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas. Esse marco estabelece algumas diretrizes e norteamentos para uma maior eficiência dos sistemas de drenagem no país.

No entanto a implantação dessas melhorias caminha lentamente e, assim como em outros países subdesenvolvidos, o conceito higienista ainda é predominante nas estruturas de drenagem urbana, o que faz ser comum casos de inundações e alagamentos em regiões para as quais o volume precipitado é direcionado.

#### 3.4. TIPOS DE SISTEMA DE DRENAGEM

Os sistemas de drenagem possuem diferentes parâmetros de análise para que possam ser categorizados.

##### 3.4.1. Medidas estruturais e não-estruturais

Uma primeira maneira de categorizar um sistema de drenagem é de acordo com as medidas que são tomadas, que podem ser estruturais ou não-estruturais. Tucci (2003) pontua que as medidas estruturais são aquelas que vão gerar modificações no sistema fluvial, evitando assim os prejuízos decorrentes das enchentes. Já as medidas não-estruturais, são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes, por meio de normas, sistemas de alerta, conscientização da população e melhor uso e ocupação do solo (MACHADO e POLEZA, 2017).

### 3.4.2. Microdrenagem e macrodrenagem

Dentro das medidas estruturais, pode-se classificar o sistema de drenagem em outras duas grandes categorias que são os sistemas de microdrenagem e os de macrodrenagem.

- Sistema de microdrenagem: engloba as estruturas de drenagem que atuam captando e conduzindo as águas pluviais que alcançam os viários elementos, as edificações e os lotes. Esse sistema tem como alguns de seus componentes: pavimentação das ruas, guias e sarjetas e bocas de lobo (Figura 1). Sua escala de atuação é a nível de loteamento (SÃO PAULO, 2012b e 2012c).

Figura 1 - Boca de lobo mista



Fonte: Portal do Projetista (2021)

- Sistema de macrodrenagem: é o sistema que aglomera todo o volume escoado pelos elementos de microdrenagem. Sendo assim, este é o sistema que conduz as águas pluviais da bacia. Fazem parte desse sistema os rios (Figura 2), córregos e reservatórios. A escala de atuação é a nível de sub-bacias e bacias (SÃO PAULO, 2012b e 2012c).

Figura 2 - Rio Tietê, São Paulo



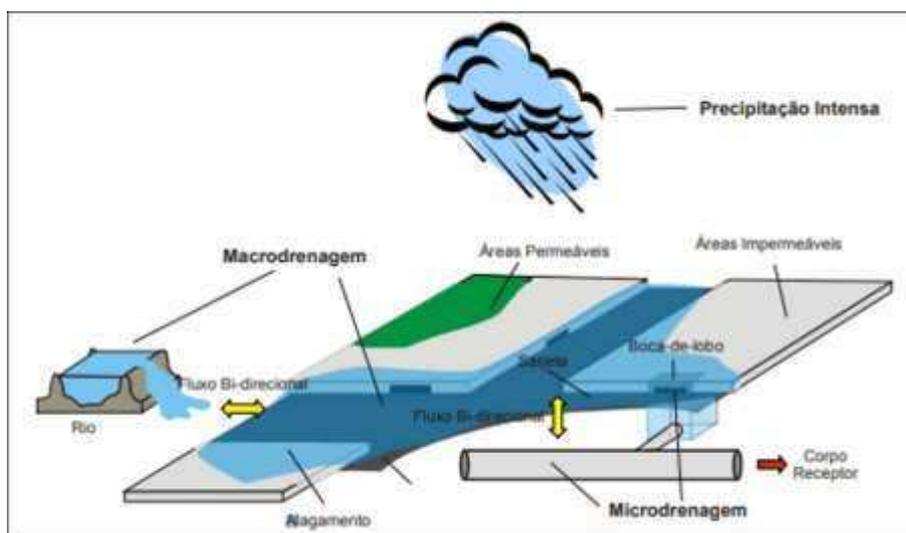
Fonte: Brasil Escola (2021)

Outra perspectiva para essa divisão e classificação dos sistemas é dada por Menezes Filho (2012), em um artigo baseado na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2002 e no Guia para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento (BRASIL, 2006), no qual considera como microdrenagem o conjunto de redes formadas por galerias tubulares com diâmetro igual ou superior a 0,30 m e inferior a 1,20 m ou galerias celulares cuja área de seção transversal seja inferior a 1 m<sup>2</sup>. Como macrodrenagem, considera-se galerias tubulares com diâmetro maior que 1,20 m e galerias celulares com área de seção igual ou superior a 1 m<sup>2</sup>.

### 3.4.3. Sistemas clássicos e sistemas compensatórios

De acordo com Castro (2007), o princípio básico de um sistema clássico de drenagem urbana é a captação e condução das águas pluviais do ponto da precipitação para um outro local (Figura 3), como diz o conceito higienista. Esse transporte das águas é realizado em condutos artificiais, preferencialmente subterrâneos, com o escoamento realizado por gravidade. São sistemas utilizados há bastante tempo, mas que apresentam algumas limitações.

Figura 3 - Esquema de um sistema clássico



Fonte: Nascimento, Borges e Lima (2020)

Baptista *et al.* (2005) apontam que a com a intensificação dos processos de urbanização ficaram evidentes as limitações do sistema clássico. Dentre essas limitações pode-se citar que a inundação é transferida para jusante, o que leva à construção de novas obras de drenagem a

jusante e que as soluções clássicas na maioria das vezes não consideram os possíveis problemas que podem vir a atingir a qualidade da água. Com isso, funcionamento do sistema de drenagem pode chegar a tornar-se ineficiente, por haver deposição de sedimentos ou até mesmo outros tipos de resíduos sólidos que possam ser carregados pela água.

As medidas compensatórias de drenagem buscam mitigar os impactos nos processos naturais do ciclo hidrológico causados pela urbanização. Essas novas tecnologias tem o intuito de tentar suprir algumas carências que os sistemas clássicos possuem. Elas levam em conta os impactos da urbanização de uma maneira mais ampla. Além disso, essas novas tecnologias proporcionam o desenvolvimento urbano sem que haja um custo excessivo e propõem o tratamento em paralelo das questões de drenagem pluvial no meio urbano e outros quesitos urbanísticos (CASTRO, 2007), uma vez que tais estruturas são soluções simplistas e demandam um investimento menor e também são projetadas para se encaixarem na paisagem do ambiente de maneira discreta, na maioria dos casos até agregando valor ao local. Isso tudo acarreta numa melhoria das condições de vida e na preservação do meio ambiente, já que reduz os impactos da poluição de origem pluvial. Pode-se elencar dentre esses sistemas compensatórios, os seguintes sistemas:

- Bacia de Detenção e de Retenção

As bacias de detenção e de retenção são obras hidráulicas de drenagem que têm como objetivo reservar temporariamente e/ou despejar as águas pluviais, de maneira a rearranjar as vazões escoadas, tornando-as o mais próximo possível do que seria o escoamento natural.

De acordo com a sua forma de trabalho, existe a diferenciação entre elas. As bacias de retenção armazenam as águas pluviais e não as descarregam nos sistemas de drenagem à jusante (Figura 4). Dessa forma, essa água armazenada pode vir a ser utilizada em outras atividades e o impacto à jusante não ocorre.

No que diz respeito a bacias de detenção, as águas são armazenadas apenas por um determinado período e são despejadas aos poucos nos sistemas de drenagem que se encontram à jusante, com uma vazão menor e que não sobrecarregue os sistemas.

Para que possam realmente aproximar o nível de escoamento a um patamar prévio à urbanização, segundo Castro (2007), essas bacias podem trabalhar de três formas: uma única grande bacia a jusante da área urbanizada; uma pequena quantidade de bacias menores em série ou em paralelo ou, por fim, várias pequenas bacias a nível de quadras trabalhando em paralelo.

Segundo Bichana (2006), as bacias de retenao possuem, em sua grande maioria, os seguintes requisitos:

- Um volume de armazenamento;
- Taludes laterais;
- Um dique a jusante;
- Dispositivos de descarga tais como condutos, orifícios, válvulas;
- Dispositivos de segurança, como um extravasor de superfície do tipo vertedor.

Algumas desvantagens dessas estruturas são o custo de execução e a área demandada para que se tenha a eficácia do sistema, principalmente quando se aplica o uso de uma única grande bacia.

Tucci (2000), validou uma metodologia para a estimativa dos volumes necessários de preservação em lotes pequenos, visando o amortecimento de cheias, de modo que as vazões de pico se reduzam para níveis anteriores  ocupação da rea. Essa análise  válida para lotes entre 300 m<sup>2</sup> e 600 m<sup>2</sup> de área e as chuvas com tempos de retorno de 2 e 5 anos.

Figura 4 - Bacia de Retenção, Rio de Janeiro



Fonte: UFRJ (2004)

o Telhados Verdes

Os telhados verdes ou coberturas verdes (Figura 5) compõem um sistema que tem sido utilizado como estratégia de drenagem na fonte. Os principais objetivos desse sistema englobam a gestão das águas pluviais no próprio lote; proporcionar melhorias no conforto térmico e acústico das edificações e aumentar a eficiência energética da mesma (MATHEUS *et al.*, 2016).

Figura 5 - Telhado verde em uma residência



Fonte: AECweb

De acordo com a *International Green Roof Association* (IGRA), as coberturas verdes podem ser categorizadas em três tipos:

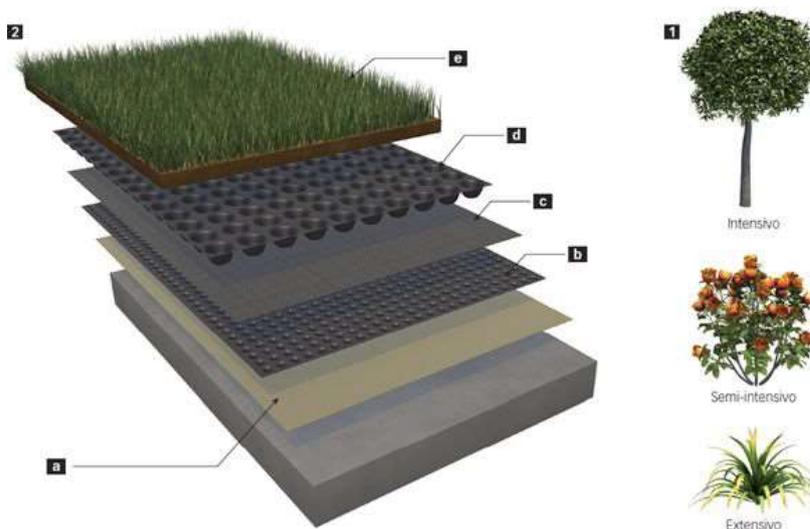
- i. Extensiva: tem configuração de um jardim, com plantas rasteiras de pequeno porte. A altura da estrutura, descontada a vegetação, vai de 6 cm a 20 cm. O peso do conjunto fica entre 60 kg/m<sup>2</sup> e 150 kg/m<sup>2</sup>;
- ii. Intensivo: comporta plantas de nível médio a grande em uma estrutura de 15 cm a 40 cm. A carga prevista varia entre 180 kg/m<sup>2</sup> e 500 kg/m<sup>2</sup>;
- iii. Semi-intensivo: Esse tipo intermediário tem vegetação de porte médio plantadas num sistema de 12 cm a 25 cm. Pode exercer uma carga de 120 kg/m<sup>2</sup> a 200 kg/m<sup>2</sup>.

A aplicação típica do telhado verde pode ser executada diretamente sobre uma laje, aplicando-se a seguinte sequência de camadas:

- a) Camada impermeabilizante: normalmente feita com mantas sintéticas, ela protege a laje contra infiltrações;
- b) Camada drenante: serve para drenar a água e também como filtro. Pode ser feita de brita, seixos, argila expandida ou com mantas drenantes de poliestireno;
- c) Camada filtrante: serve para reter partículas e pode ser feita com um geotêxtil;
- d) Membrana de proteção contra raízes: serve para controlar o crescimento de raízes da vegetação;
- e) Solo e vegetação.

A Figura 6 apresenta o esquema de instalação padrão de um telhado verde.

Figura 6 - Esquemática de instalação de um telhado verde



Fonte: Neto (2018)

O escoamento superficial gerado por uma área de cobertura verde quando comparada pelo escoamento que ocorre numa região impermeabilizada, tem uma vazão de pico menor e mais retardada, uma vez que parte desse volume precipitado fica retido e infiltra posteriormente. Alamy Filho *et al.* (2016) indica que a implantação das coberturas verdes aponta para reduções expressivas do volume de escoamento superficial.

Dessa maneira, os telhados verdes se tornam uma ótima alternativa para a mitigação dos impactos que podem ser causados pelo escoamento das águas pluviais. Por isso, algumas cidades têm incrementado a cobertura verde em suas legislações. Uma forma de incentivo a adesão desse tipo de sistema é prover descontos nos impostos prediais, que são proporcionais à área da cobertura vegetal.

No estado da Paraíba, no ano de 2013, foi estabelecida a Lei N°10047. Essa lei especifica o que deve ser considerado como Telhado Verde, a forma como deverão ser compostas as camadas e em que locais se torna obrigatório o uso do mesmo. De maneira que haja um aumento do uso desse tipo de estrutura dentro dos centros urbanos.

#### ○ Pavimentos permeáveis

O pavimento permeável é uma medida compensatória que tem a capacidade de reduzir volumes de escoamento superficial e as vazões de pico para níveis semelhantes aos que eram obtidos antes do processo de urbanização.

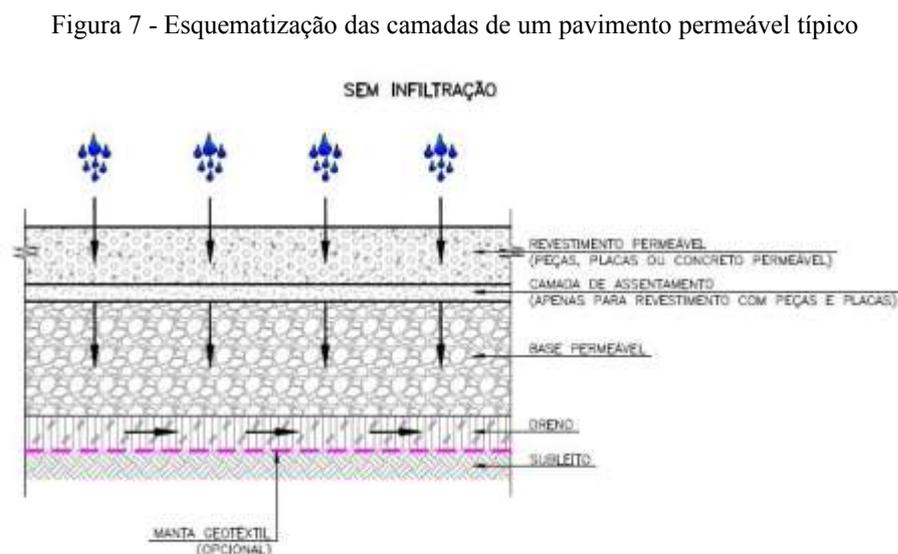
A utilização desse sistema promove a infiltração da água da chuva no solo urbano, o que o torna um retardador do tempo de pico das cheias e permite que haja a recarga do lençol

freático, servindo também como armazenador e redutor de poluição da água (SANTOS *et al.*, 2015).

Segundo Almeida *et al.* (2008), os pavimentos permeáveis apresentam superfícies porosas ou perfuradas que permitem a infiltração de parte do escoamento superficial, tais como os blocos vazados, intertravados e os concregramas, que são assentados diretamente sobre o solo natural compactado. Baptista *et al.* (2011) classifica-os em três categorias:

- i. Pavimentos com revestimentos permeáveis: possibilitam o acesso das águas pluviais às camadas inferiores do pavimento e efetuam uma redução do escoamento superficial;
- ii. Pavimentos porosos de detenção: desempenham o papel de reservatório temporário das águas pluviais, ou seja, com evacuação localizada, sem funções de infiltração;
- iii. Pavimentos porosos de infiltração: desempenham dois papéis distintos, a preservação temporária e a infiltração das águas pluviais.

Assim como nos telhados verdes, existem várias maneiras de executar o pavimento permeável. A Figura 7 mostra um esquema mais comum de execução, conforme descrito na norma NBR 16416 (ABNT, 2015).



Fonte: ABNT (2015)

A estrutura do pavimento deve ser dimensionada considerando-se a intensidade da precipitação no local e as características do solo. Algumas vantagens dessa técnica de drenagem são a manutenção das condições de pré-urbanização do local, no que diz respeito ao escoamento

superficial; menos onerosa que uma solução tradicional e a entrega de uma estética mais harmônica ao ambiente, chegando a contribuir para a valorização do local.

Por esses motivos, o uso dos pavimentos permeáveis tem sido difundido em países do exterior. No Brasil, o uso dessa técnica tem crescido devido à incorporação da mesma às legislações. A NBR 16416 (ABNT, 2015), estabelece requisitos e procedimentos para a construção de pavimentos permeáveis de concreto.

As medidas compensatórias citadas acima podem ser usadas de forma conjunta corroborando para o aumento do índice de infiltração de águas pluviais e para a redução do escoamento superficial.

De acordo com Nascimento e Baptista (2009), a escolha dos tipos de técnicas a serem adotadas depende de alguns fatores, dentre eles pode-se citar os fatores:

- Físicos
  - Topografia;
  - Capacidade de infiltração do solo;
  - Nível das águas subterrâneas.
- Urbanísticos
  - Disponibilidade de espaço;
  - Inclinação e forma dos telhados;
  - Redes existentes.
- Socioeconômicos
  - Percepção da população próxima à área com relação à estrutura a ser implantada;
  - Critérios relativos à manutenção e ao custo.
- Ambientais
  - Risco de poluição;
  - Risco de água com finos;
  - Risco sanitário associado à proliferação de doenças.

### 3.5. DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM

Da mesma forma que existem classificações diferentes para os sistemas de drenagem, há também maneiras distintas de dimensionar cada um dos tipos. Dessa maneira a macro e a microdrenagem não seguem exatamente o mesmo padrão de dimensionamento.

De acordo com Tucci (2000), no dimensionamento de redes de micro drenagem, os fenômenos relacionados à transformação de precipitação em escoamento se tornam mais complexos devido à um conjunto de fatores, dentre os quais podem ser citados:

- A aleatoriedade e variabilidade temporal e espacial da precipitação;
- A heterogeneidade das diferentes tipologias de superfícies urbanas;
- A dimensão da bacia urbana;
- Os dispositivos da rede de drenagem enterrada além da própria complexidade associada à hidráulica do escoamento.

Deste modo, para dimensionar um sistema de drenagem é preciso, determinar a precipitação (ou chuva) de projeto, frequentemente caracterizada por uma intensidade, uma duração e um período de retorno, pode ser obtida através de uma equação ou curva que relaciona a intensidade, duração e frequência (ou tempo de retorno), também conhecida como curva IDF. Posteriormente transforma-se a chuva efetiva em escoamento superficial.

### 3.5.1. Chuvas intensas e as Curvas IDF

Chuvas intensas são aquelas que geram um grande volume de água precipitado em curtos espaços de tempo e são representadas pela relação entre o volume total precipitado e o tempo decorrido entre o início e o fim da precipitação.

Essas chuvas possuem potencial para gerar perdas a sociedade, sejam eles materiais ou humanos e, frequentemente, devido à falta de infraestrutura adequada para manejar o volume de precipitação da chuva, nos deparamos com desastres. As chuvas intensas possuem ciclos de recorrência que, são estimados a partir da análise estatística de séries históricas de dados pluviográficos, através dos quais pode-se estimar a intensidade e duração dos eventos (DAVIS e NAGHETTINI, 2000).

A forma mais genérica de se apresentar uma relação IDF é através da expressão (1) (SÃO PAULO, 2012b):

$$i = a \frac{TR^b}{(t + c)^d} \quad (1)$$

Onde:

- $i$  = intensidade pluviométrica (mm/h);
- $t$  = tempo de duração da chuva (min);
- TR = tempo de recorrência (anos);
- $a, b, c, d$  = parâmetros de ajuste.

#### a. Tempo de Duração de uma chuva

É comum adotar-se o tempo de duração de uma chuva como sendo o tempo de concentração da bacia. Este corresponde ao intervalo de tempo entre o início da precipitação e o momento em que toda a bacia passa a contribuir no exutório. Dessa maneira, garante-se que a vazão de pico será atingida (SÃO PAULO, 2012b).

A determinação do tempo de concentração de uma bacia é de bastante complexidade visto que depende, entre outros fatores, da rugosidade e declividade dela, os quais são muito variáveis ao longo da bacia. Existem diversas equações empíricas de cálculo, sendo que muitas delas expressam o tempo de concentração em função do comprimento do curso principal, do desnível total até as cabeceiras, e eventualmente da área, ou de outros parâmetros escolhidos (DNIT, 2005).

#### b. Tempo de Recorrência (TR)

O Tempo de Recorrência (TR) tem relação com o risco de um evento chuvoso ser igualado ou superado, ou seja, representa sua probabilidade de ocorrência. A escolha do TR para o projeto de uma obra, e sua consequente vazão, depende da importância da obra e o grau de segurança que ela necessita ter.

Quanto maior for o tempo de recorrência de uma chuva, mais difícil será desse evento ser igualado ou superado, mas em compensação, maior será o volume precipitado. Sendo assim, uma consideração equivocada pode gerar um grande prejuízo pela necessidade de reparação ou restauração da obra. Normalmente são utilizados períodos de recorrência entre 2 e 10 anos para obras de microdrenagem e entre 20 e 50 anos para macrodrenagem (DNIT, 2005).

#### 3.5.2. Vazão de projeto

Os cálculos para determinação das vazões estão bastante relacionados com a área da bacia hidrográfica em análise, sendo assim para cada limite de área de bacia existem métodos

de cálculo mais eficientes para a determinação da vazão. De acordo com o DNIT (2006), os limites são fixados da seguinte forma:

- **Bacias com áreas de até 4km<sup>2</sup>:** Método Racional;
- **Bacias com áreas entre 4km<sup>2</sup> até 10km<sup>2</sup>:** Método Racional Corrigido;
- **Bacias com áreas superiores a 10km<sup>2</sup>:** Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT).

A partir do conhecimento desses limites, fica mais claro que o uso do método racional tem mais aplicabilidade para dimensionamento de sistemas de microdrenagem.

a. Método Racional

O método racional relaciona o valor da vazão máxima com a área da bacia, com a intensidade da chuva e com os efeitos das perdas por retenção e infiltração. Neste método, admite-se que a precipitação sobre a área é constante e uniformemente distribuída pela bacia no tempo e no espaço. Também se considera que a vazão é formada principalmente, pelo escoamento sobre superfícies e que o processo de amortecimento nos canais é desprezível. A descarga máxima – vazão de projeto – é obtida pela seguinte expressão (2) (DNIT, 2005; SÃO PAULO, 2012b):

$$Q = \frac{ciA}{3,6} = \frac{cPA}{3,6tc} \quad (2)$$

Onde:

- Q = vazão máxima (m<sup>3</sup>/s);
- c = coeficiente de deflúvio;
- i = intensidade da chuva (mm/h);
- A = área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>);
- P = lâmina da chuva precipitada (mm);
- tc = tempo de concentração (h).

Apesar de ser uma equação simples, esse método exige a definição de um único parâmetro que expresse o comportamento na área de formação do escoamento, o que aglomera todas as incertezas dos fatores que influenciam neste parâmetro, que é conhecido como coeficiente de deflúvio ou coeficiente de Run-Off – C (DNIT, 2005).

Ainda de acordo com o DNIT (2005), o coeficiente de deflúvio depende de uma série de fatores, dentre os quais podemos citar:

- Tipo de ocupação;
- Tipo de solo;
- Umidade antecedente;
- Topografia.

Portanto pode-se obter o coeficiente de deflúvio através da média ponderada das diferentes superfícies que compõem a bacia, sendo os pesos de cada superfície proporcionais as áreas delas. As Tabelas 1 e 2 trazem alguns coeficientes adotados pelo DNIT de acordo com a área e com o tipo de superfície:

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial

<b>Descrição das Áreas das Bacias Tributárias</b>	<b>Coeficiente de Deflúvio "c"</b>
<b>Comércio:</b>	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
<b>Residencial:</b>	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
<b>Industrial:</b>	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátios e espaço de serviço de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos Baldios	0,10 a 0,30

Fonte: DNIT (2005)

Tabela 2 - Coeficiente de escoamento superficial

<b>Tipo de Superfície</b>	<b>Coeficiente de Deflúvio ""</b>
<b>Ruas</b>	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajeto de acesso a calçadas	0,75 a 0,75
Telhados	0,75 a 0,95
<b>Gramados; solos arenosos</b>	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2% a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
<b>Gramados; solo compacto</b>	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2% a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: DNIT (2005)

### 3.5.3. Dimensionamento de uma bacia de detenção/retenção

Existem diversos métodos de diversos autores para o dimensionamento de bacias de detenção, variando entre os mais simples e os mais completos e elaborados. De acordo com Canholi (2005), nas fases de planejamento dessas bacias podem ser empregados métodos mais simplórios, contudo na fase de projeto é recomendado que se tenham estudos mais detalhados e que envolvam até simulação matemática de amortecimentos de cheias. Dentre alguns métodos, podem ser citados:

#### a. McCuen (1989):

Desenvolveu um método de pré-dimensionamento para o planejamento com base no tempo de concentração da bacia ( $t_c$ ). Processo no qual é adotado um hidrograma triangular onde o tempo de pico é igual ao tempo de concentração ( $t_c$ ) e o tempo base ( $t_b$ ) é duas vezes o tempo de concentração, respeitando a seguinte expressão (3):

$$t_p = t_c \text{ e } t_b = 2 * t_c \quad (3)$$

b. Canholi (2005):

Sugere a definição de duas vazões de projeto para a bacia,  $Q_{p,b}$  e  $Q_{p,a}$  que são entendidas como as vazões anterior e posterior ao processo de urbanização no caso do objetivo do projeto ser o de manter as condições naturais ou originais das enchentes locais. Esse tipo de entendimento é o mais usual em estados e países onde existem leis que determinam que os novos loteamentos devam respeitar a ideia de impacto zero, como ocorre em vários estados nos Estados Unidos da América (EUA).

Nos casos de reabilitação de sistemas de drenagem urbana existentes,  $Q_{p,b}$  e  $Q_{p,a}$  são entendidos como as vazões de pico atual do sistema e a pretendida após a implantação das obras, e assim a vazão de pico futura será inferior a atual. Haverá também redução do volume escoado devido à infiltração e retardo do tempo de pico da vazão devido à detenção.

Com base nos hidrogramas de pré e pós-urbanização estima-se o volume mínimo de reservação da bacia de detenção avaliando-se as diferenças entre os hidrogramas das duas situações. Esse volume normalmente é definido como sendo a área entre os hidrogramas de pós-urbanização e de pré-urbanização.

c. Método de Tsuchiya (1978)

Esse método foi desenvolvido com o intuito de avaliar bacias com área de drenagem entre 0,1 e 20 ha, baseado em dados coletados de bacias japonesas. Esse método segue a seguinte equação (4):

$$V = 0,0028 * \left(i_i - \frac{i_0}{2}\right) * t_d * C * A \quad (4)$$

Onde:

- $i_i$  : intensidade da precipitação com duração  $t_d$  e  $Tr = 30$  anos (mm/h);
- $i_0$ : intensidade da chuva que gera a máxima vazão efluente à bacia (mm/h);
- $t_d$ : tempo de duração da chuva (segundos);
- $C$ : coeficiente de escoamento do método racional;
- $A$ : área de drenagem contribuinte (ha).

d. Método de Tucci (1998)

Tucci desenvolveu um método que se baseia na diferença entre os volumes afluentes e efluentes. Para pequenas áreas de contribuição, o volume de detenção é dado segundo a expressão (5):

$$V_s = Q_d * t_d * \left(1 - \frac{Q_a}{Q_d}\right) \quad (5)$$

Onde:

- $V_s$  : volume de detenção ( $m^3$ );
- $Q_d$ : vazão pós-urbanização da área drenada ( $m^3/s$ );
- $t_d$ : duração do evento crítico (s);
- $Q_a$ : vazão efluente máxima à bacia de detenção ( $m^3/s$ ).

Os sistemas de drenagem, de maneira geral, são pensados e projetados para eventos pluviométricos com tempo de retorno de 5 a 10 anos, havendo essa variação de tempo conforme a finalidade que terá a área. Já para o caso das obras de detenção, essas devem ter seu volume útil dimensionado utilizando modelos pluviométricos com períodos de retorno maiores, que geralmente estão entre 10 e 100 anos. Recomenda-se considerar um período de retorno para a chuva de projeto de 25 anos para que se tenha uma melhor relação custo/benefício e que os extravasores de emergência sejam dimensionados para chuvas com tempos de retorno entre 100 e 500 anos, para que possam dar conta do volume escoado em caso de chuvas com tempo de retorno maior do que 25 anos (CANHOLI, 2005).

## 4. ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. LOCALIZAÇÃO

A cidade de Campina Grande localiza-se no semiárido do nordeste brasileiro no estado da Paraíba. O município possui quatro distritos (São José da Mata, Galante, Catolé de Boa Vista e Sede), que somados totalizam 594 km<sup>2</sup> de área total e 110 km<sup>2</sup> de perímetro urbano, aproximadamente (PMCG, 2001). Segundo o Plano Diretor do município, a área urbana é dividida em quatro diferentes zonas (Expansão Urbana, Ocupação Dirigida, Qualificação Urbana e Recuperação Urbana) que são caracterizadas de acordo com a infraestrutura presente e suas tendências de ocupação. A área do perímetro urbano é composta hoje por 50 bairros.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apontam que a zona urbana do município de Campina Grande, entre 1991 e 2010, teve um crescimento populacional de 21% (Tabela 3), implicando em alterações na cidade como o aumento de sua área total, número de edificações e ruas pavimentadas.

Tabela 3 - Crescimento populacional de Campina Grande

Ano	Habitantes
1980	247827
1991	315708
2000	350863
2010	382571

Fonte: IBGE (2010)

A cidade, apesar de estar numa região semiárida, sofre com problemas de alagamentos e inundações em períodos chuvosos. O fato de a infraestrutura de drenagem não ter sido aprimorada ao longo dos anos e a não haver manutenção da já existente, contribui de maneira significativa para que esses problemas aconteçam. Tsuyuguchi (2015) aponta que a situação atual da drenagem urbana de Campina Grande tem problemas de limpeza e manutenção dos elementos de drenagem, como canais e bocas de lobo, somados a um alto índice de urbanização e impermeabilização do solo, fazendo com que alagamentos sejam frequentes (Figura 8).

Figura 8 - Alagamento na cidade de Campina Grande



Fonte: G1 (2021)

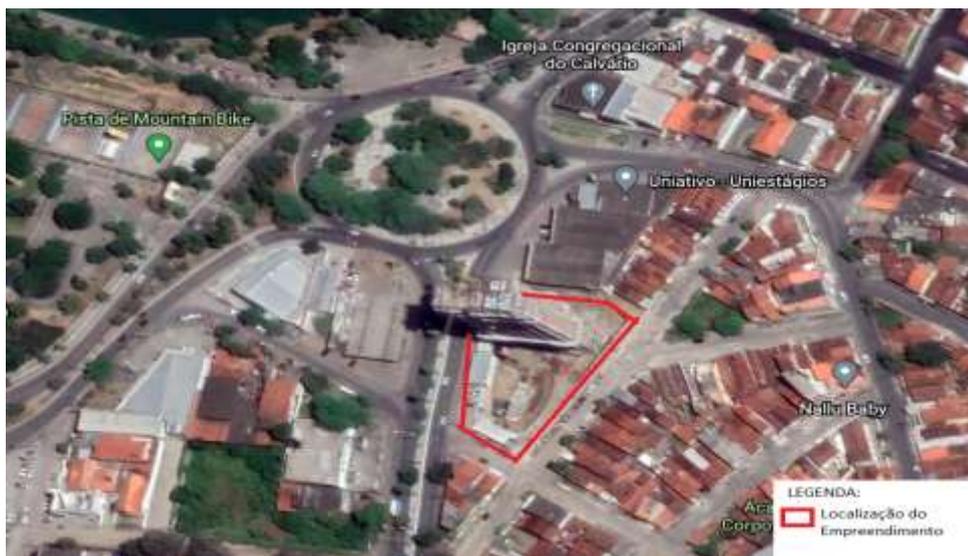
#### 4.1.1. Empreendimento

Devido as condições de qualidade de vida oferecidas pela cidade de Campina Grande, a cidade foi escolhida como uma opção para negócios, educação e lazer. Neste sentido, diversos condomínios residenciais e comerciais foram erguidos ao longo das últimas décadas.

A edificação que será avaliada está localizada na Avenida Prefeito Severino Bezerra Cabral, tem uma localização bastante privilegiada, visto que é próxima ao Açude Velho (cartão postal da cidade), região central da cidade de Campina Grande – PB (Figura 9), como também está na fronteira do bairro do José Pinheiro, um tradicional bairro da cidade. O edifício, está próximo a estabelecimentos comerciais e tem fácil acesso a qualquer região da cidade. A edificação ainda está em construção e seu prazo de entrega está previsto para agosto de 2022.

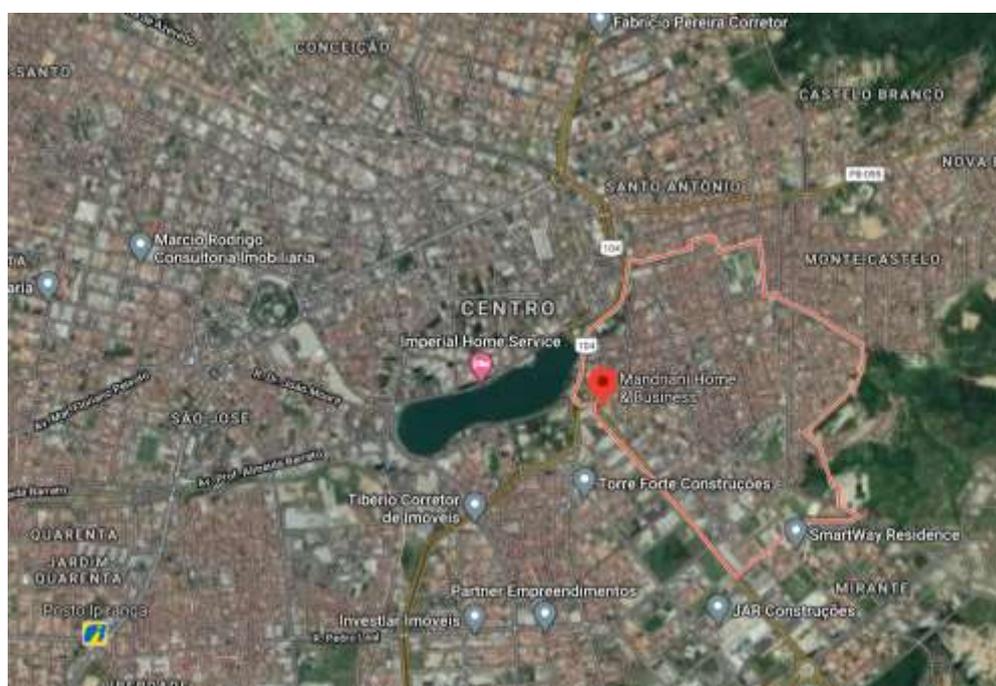
O bairro do José Pinheiro é um dos mais antigos e tradicionais bairros da cidade, além de ser um dos mais populosos. Situado na Zona Leste (Figura 10) da cidade, surgiu no século XX quando a cidade começou seu processo de expansão e hoje possui cerca de 17 mil habitantes. É um bairro primordialmente residencial, porém com atividades comerciais bem desenvolvidas.

Figura 9 - Localização do empreendimento



Fonte: Google Maps (2020)

Figura 10 - Localização do bairro do José Pinheiro



Fonte: Google Maps (2021)

O prédio será uma edificação mista, composta uma parte residencial e uma parte comercial (Figura 11). A parte residencial conta com uma torre de 32 pavimentos, dos quais 28 serão exclusivamente residenciais, totalizando 140 apartamentos, e os outros 4 serão de áreas comuns para a parte residencial, estacionamentos e lojas. Já a parte comercial terá 4 pavimentos (2 lances de pés direitos duplos). É uma edificação de grande porte que cobrirá uma área, em

planta, de 2900 m<sup>2</sup> e elevará o padrão de construções da área circunvizinha além de fortalecer o viés comercial da região.

Além de toda a área em planta, ainda será considerada uma área de 9721 m<sup>2</sup> de todas as fachadas que irão contribuir (Leste, Sul e Norte) para o volume total escoado final.

Figura 11 - Maquete do empreendimento



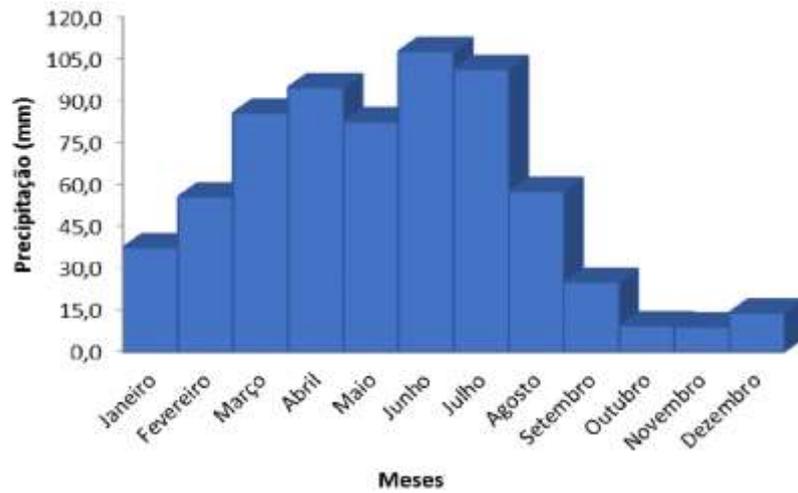
Fonte: Márcio Rodrigo (2021)

#### 4.2. CLIMATOLOGIA DA REGIÃO

Segundo dados publicados em 2018 pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), com a série histórica de precipitações médias mensais do município de Campina Grande – PB entre 1981 e 2018, pode-se observar que os totais médios mensais variam entre 9,0 mm no mês de novembro e 110,0 mm no mês de julho (AESAs, 2018), atingindo uma média anual de 804,9 mm (MACEDO *et al.*, 2011).

Pelo fato do município de Campina Grande se localizar numa região semiárida, os meses em que encontra-se uma maior concentração de precipitações são de março a julho (Figura 12).

Figura 12 - Precipitação média mensal para a série histórica

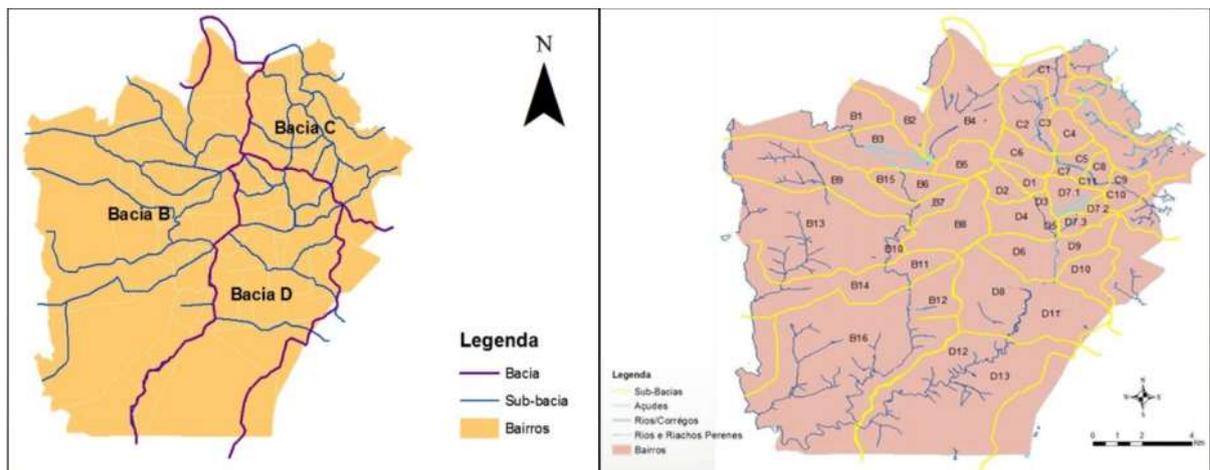


Fonte: AESA (2018)

#### 4.2.1. Bacias de drenagem

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande (2014), o município se divide em 3 grandes bacias de drenagem (B, C e D) e 41 sub-bacias (Figura 13). A edificação se localiza dentro da bacia D, mais especificamente na sub-bacia D7.2.

Figura 13 - Bacias e sub-bacias de drenagem do município de Campina Grande



Fonte: Prefeitura Municipal de Campina Grande (2014)

Essa sub-bacia sofre com os impactos de chuvas intensas, principalmente pelo fato de que as estruturas de drenagem se encontram em más condições de limpeza (Figura 14). Por ser uma região de acesso à cidade, é coerente que efeitos negativos causados pelas chuvas sejam mitigados, uma vez que podem inviabilizar as atividades na região e o acesso à cidade. Atrelado

a esse fato, o empreendimento terá também a finalidade comercial, o que se torna outro fator importante para que esses impactos, em sua maioria alagamentos, sejam atenuados.

Figura 14 - Boca de lobo entupida em defronte ao empreendimento

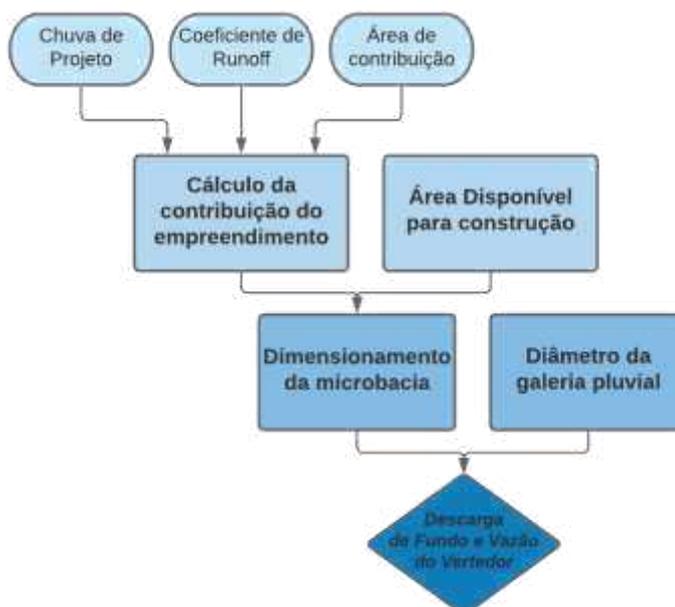


Fonte: Próprio autor (2021)

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho possui 3 partes principais e que estão ilustradas na Figura 15.

Figura 15 - Organograma do processo metodológico



Fonte: Próprio autor (2021)

### 5.1. CÁLCULO DA CONTRIBUIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Para tornar a viável o uso de uma microbacia de retenção dentro do empreendimento, é necessária a utilização de dados referentes à precipitação local da área em estudo, dos coeficientes de escoamento que mais se aproximam da realidade da área, do volume captado pela área de contribuição, o tempo que se deseja retardar a chegada da água nas estruturas de drenagem, encontrar o volume final do reservatório e a vazão de saída da água em direção as estruturas de drenagem urbana.

### 5.1.1. Precipitação

De acordo com os dados de uma série histórica de 30 anos apresentados na Tabela 4, é possível saber que a precipitação média mensal na cidade de Campina Grande atinge seu máximo de 154 mm no mês de julho, que se encontra dentro do período chuvoso da região.

Tabela 4 - Precipitações médias na cidade de Campina Grande

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	55
Fevereiro	48
Março	92
Abril	142
Mai	105
Junho	113
Julho	154
Agosto	59
Setembro	49
Outubro	17
Novembro	13
Dezembro	29

Fonte: Próprio autor

Após análises e estudos dos dados pluviométricos da cidade de Campina Grande, ARAGÃO *et al.* (2000) desenvolveram a equação que define a curva IDF desta cidade (6).

$$i = \frac{334T^{0,227}}{(t + 5)^{0,596}} \quad (6)$$

Onde:

- $i$  = intensidade da chuva (mm/h);
- $T$  = período de retorno (anos);
- $t$  = duração da chuva (min).

A partir dessa equação, é possível calcular uma chuva e projeto para que se determine a vazão que escoar pela área estudada até a microbacia. Para isso é necessária a definição do tempo de concentração da bacia e do coeficiente de escoamento superficial/coeficiente de runoff.

Através da equação de Kirpich (Equação 7), determina-se o tempo de concentração da bacia em estudo.

$$tc = 57 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (7)$$

Onde:

- $tc$ : tempo de concentração (min);
- $L$ : comprimento máximo do talvegue (km);
- $H$ : desnível geométrico (m/m).

### 5.1.2. Coeficiente de runoff

Como indicado pelo DNIT (Tabela 2), o coeficiente de deflúvio/runoff para uma área de apartamentos é de 0,5 a 0,7, mas para que seja possível chegar a uma situação mais desfavorável, que é geralmente almejado durante elaboração de projetos visando situações adversas futuramente, o valor de 0,7 é o mais indicado a ser adotado.

### 5.1.3. Área de contribuição

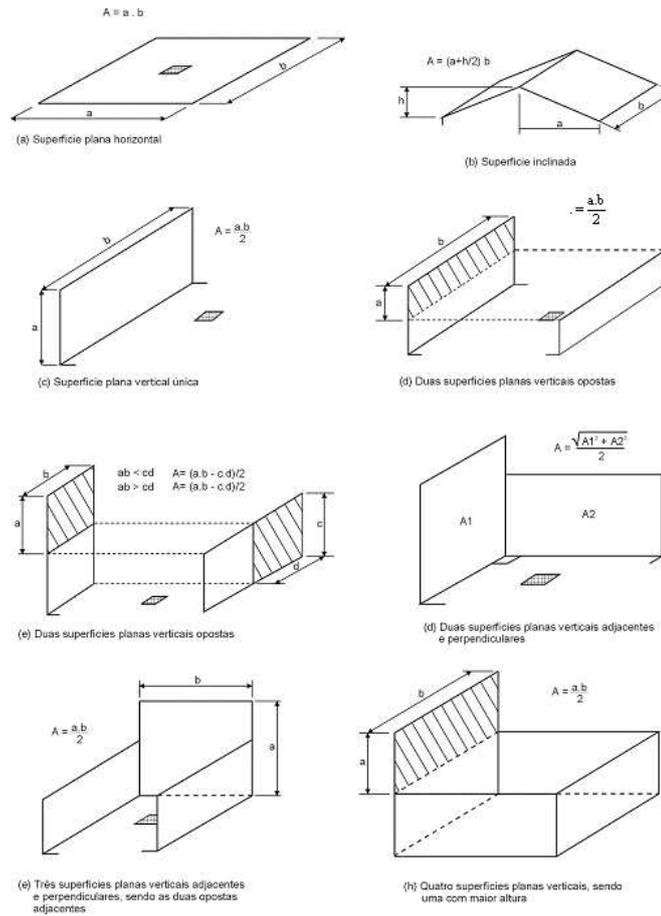
A edificação em questão possui uma área impermeabilizada, em planta, de 2900 m<sup>2</sup> uma área de fachada de 9721 m<sup>2</sup>. Seguindo os padrões especificados pela NBR 10844 (ABNT, 1989), essas áreas serão consideradas para a determinação do volume de água captado pela edificação durante um evento chuvoso.

Uma vez que a área de fachada foi contabilizada inicialmente pelo cálculo padrão de área, multiplicando a largura ( $b$ ) pela altura ( $a$ ), essa área será diminuída pela metade para que seja seguido o padrão estabelecido pela NBR 10844 (ABNT, 1989) (Figura 16) que indica que a área deve ser encontrada no resultado da equação:

$$A = \frac{a \times b}{2} \quad (8)$$

Sendo assim, tem-se uma área em planta de 2900 m<sup>2</sup> e área de fachada de 4860,5 m<sup>2</sup>, o que totaliza 7760,5 m<sup>2</sup> de área de contribuição da edificação.

Figura 16 - Métodos de cálculo da área de contribuição



Fonte: NBR 10844 (ABNT,1989)

Tendo a intensidade da chuva, a área da bacia e o coeficiente de runoff, que foi escolhido como sendo 0,7 a partir da análise das Tabela 1 e 2, é possível chegar a vazão de contribuição do empreendimento através da equação do método racional modificada (Equação 9), que se adequa a bacias de áreas menores que 2 km<sup>2</sup>.

$$Q_{emp} = 0,278 \times C \times I \times A \quad (9)$$

Onde:

- $Q$ : vazão (m<sup>3</sup>/s);
- $I$ : intensidade da chuva (mm/h);
- $C$ : coeficiente de runoff –adimensional;
- $A$ : área da bacia (km<sup>2</sup>).

## 5.2. DIMENSIONAMENTO DA MICROBACIA

O dimensionamento da microbacia será realizado de maneira bastante simples. O intuito é de alcançar um volume de reservatório que tenha dimensões que caibam dentro da área disponível e ao mesmo tempo supra a demanda solicitante encontrada.

Sendo assim, há a possibilidade de uso de dois métodos que foram anteriormente citados neste trabalho: o método de Tsuchiya (1978) e o de Tucci (1998). Ambos os métodos vão fornecer volume de detenção, contudo o método de Tsuchiya evidencia para quais tamanhos de bacia o método se aplica melhor, entre 0,1 e 20 ha. Considerando que a área de contribuição para a bacia de detenção do presente trabalho se enquadra nesse intervalo, optou-se por utilizar este método.

A área disponível para a construção da microbacia é de 60 m<sup>2</sup>, sem limite físico de profundidade. Contudo, visando não deixar o reservatório mais profundo do que a galeria e, nesse caso, ter que bombear a água para fora do reservatório, a profundidade será limitada a 1 m, para que a água escoe por gravidade para a galeria. A área utilizada dependerá do volume de armazenamento necessário, que será determinado pelos cálculos.

Para a obtenção do volume do reservatório pelo método de Tsuchiya (Equação 4), assim como para a determinação da vazão de descarga de fundo do mesmo, necessita-se de dados referentes a galeria de escoamento pluvial. Pela ausência do projeto de drenagem pluvial nesta área, como também o fato da boca de lobo instalada em frente a edificação estar vedada, não existindo comunicação desta com uma galeria (Figura 17), a solução foi considerar que a galeria que passa em frente a edificação tem diâmetro de 500 mm, valor geralmente encontrado em projetos de drenagem para áreas deste tipo. Neste caso, a galeria adotada é feita em concreto, a declividade foi assumida igual a da rua, que é de 1,37%, respeitando-se o cobrimento mínimo que é de 1 m.

Figura 17 - Boca de lobo vedada em frente ao empreendimento



Fonte: Próprio autor (2021)

Pela fórmula de Manning (Equação 10), pode-se determinar a máxima capacidade de escoamento da galeria e, através do procedimento inverso do método racional modificado (Equação 9), encontrar a intensidade da chuva que gera essa máxima vazão de escoamento.

$$Qg = \frac{A}{n} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Onde:

- Q: vazão (m<sup>3</sup>/s)
- A: área da seção da galeria (m<sup>2</sup>);
- n: coeficiente de rugosidade de Manning;
- Rh: raio hidráulico (m);
- I: declividade (m/m).

Para o desenvolvimento dessa equação é necessário determinar o ângulo  $\theta$ , pois ele é uma variável presente nas equações que determinam os componentes da equação acima.

$$\theta = 2 \times \arccos\left(1 - \frac{2Yn}{D}\right) \quad (11)$$

O  $Yn$  é a altura da lâmina d'água dentro da galeria. Para condutos circulares, a literatura indica que para máxima vazão na galeria, deve existir a seguinte relação:

$$Yn = 0,95D \quad (12)$$

Portanto,

$$\theta = 2 \times \arccos(1 - 2 \times 0,95) \quad (13)$$

A partir desse valor de  $\theta$ , obtém-se:

$$A = \frac{D^2}{8} \times (\theta - \text{sen}(\theta)) \quad (14)$$

$$Rh = \frac{D}{4} \times \frac{1 - \text{sen}(\theta)}{\theta} \quad (15)$$

Com o valor de  $n$  encontrado na Tabela 5 a partir das condições descritas anteriormente e o valor de  $I$  já conhecido, é possível determinar a vazão máxima da galeria ( $Q_g$ ).

Tabela 5 - Coeficientes de rugosidade de Manning

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espalhadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espalhadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

Fonte: Porto (1998)

Foi adotado um valor de  $n = 0,016$ , considerado que o estado de conservação das galerias já se encontra desgastado e em um estado regular de qualidade.

Com a vazão máxima da galeria encontrada, através da equação 9 define-se a intensidade da chuva que é capaz de gerar essa vazão na galeria.

Uma vez que todos esses dados estão determinados, utiliza-se a fórmula de Tsuchiya (Equação 4) para determinar o volume do reservatório.

$$Vr = 0,0028 \times \left( Ii - \frac{Io}{2} \right) \times td \times C \times A \quad (4)$$

O valor de  $td$  adota-se como sendo o  $tc$ .

Como citado anteriormente, a área a ser utilizada para a execução do reservatório dependeria do volume de armazenamento necessário.

### 5.3. DESCARGA DE FUNDO

A vazão de escoamento que sairá da microbacia terá como limitante a capacidade das infraestruturas de drenagem urbana de suportá-la. Visto que, o escoamento dessa galeria é composto pela contribuição do quarteirão que a edificação ocupa, a vazão de descarga do empreendimento será limitada a capacidade da galeria, de maneira que não sobrecarregue a mesma.

A vazão de descarga de fundo ( $Qdf$ ) será determinada de modo que ela seja menor que  $Qemp$  e  $Qg$ , visando proporcionar uma folga maior a galeria.

Além disso, a diferença entre a  $Qemp$  e  $Qdf$  deve ser tal que o tempo para que se preencha todo o volume do reservatório seja o  $tc$ .

$$Qemp - Qdf = 60 \text{ m}^3 / tc \quad (16)$$

Sendo assim:

$$Qdf = Qemp - \left( \frac{60}{tc} \right) \quad (17)$$

Tendo conhecimento da vazão de descarga, calcula-se o diâmetro da galeria de saída do reservatório utilizando a equação de Manning (Equação 10), processo similar ao realizado no

item 5.2. A única diferença é que no item anterior o procedimento objetivava encontrar a vazão da galeria, já nesse caso utiliza-se para encontrar o diâmetro da mesma. Para o descarregador de fundo a declividade adotada foi de 2% e o material também foi concreto, porém em estado muito bom de conservação ( $n=0,012$ ).

Como elemento de segurança para situações que venham a encher o reservatório, se faz necessária a instalação de um vertedor. Para o projeto em questão, optou-se por um vertedor retangular que servirá descarregar o volume excedente da microbacia diretamente na sarjeta, fazendo com que a vazão de entrada no reservatório seja igual a vazão de saída do reservatório.

$$Q_{emp} = Q_{df} + Q_{ver} \quad (18)$$

$$Q_{ver} = Q_{emp} - Q_{df} \quad (19)$$

Pela equação geral de cálculo de vazão de vertedores retangulares (Equação 20), é possível encontrar a largura do vertedor. Devido a estética e funcionalidade da calçada acima do reservatório, a altura do vertedor ficou limitada a 5 cm, dessa forma foi encontrada a largura necessária para essa estrutura atender a demanda.

$$Q = \frac{2}{3} \times \sqrt{2 \times g} \times Cd \times L \times H^{\frac{3}{2}} \quad (20)$$

Onde:

- $g$ : aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);
- $Cd$ : coeficiente de descarga de um vertedor retangular (1,829);
- $L$ : largura do vertedor (m);
- $H$ : altura da lâmina de água acima da crista do vertedor (m).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados obtidos e daqueles que necessitaram ser adotados pela inviabilidade de consegui-los, foram realizados os cálculos para chegar aos resultados objetivados.

### 6.1. VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Partindo da aplicação da equação de Kirpich (Equação 7), foi possível chegar ao valor do tempo de concentração da bacia como sendo  $tc = 19,5$  minutos.

Valor que é coerente quando comparado aos tempos de concentração de bacias urbanas similares. Cabral *et. al.* (2009) mostra que uma bacia com área muito próxima a estudada ( $A=0,007548$  km<sup>2</sup>), possui um tempo de concentração de 38 minutos, já outra de área muito próxima ( $A=0,007881$  km<sup>2</sup>) possui um tempo de concentração de 24 minutos. O que gera essa diferença significativa é a declividade do terreno, pois ambas possuem uma declividade menor do que a da bacia em estudo ( $I = 0,76\%$ ), por isso o tempo é maior.

A partir da definição desse dado, através da equação IDF da cidade de Campina Grande (Equação 6), foi determinada a intensidade da chuva de projeto. Dessa forma a intensidade encontrada foi de  $i = 107,4$  mm/h.

De acordo com Soriano e Galdino (2002), uma chuva com essa intensidade é classificada como muito forte. Sendo assim, é considerada uma precipitação crítica e que pode ocasionar alagamentos e inundações.

Aplicando na equação 9 os dados obtidos, foi encontrada a vazão de contribuição do empreendimento com o valor de  $Q_{emp} = 0,16$  m<sup>3</sup>/s. Vazão alta, quando comparada a vazões de áreas semelhantes, como em Cabral *et. al.* (2009), que para as áreas pesquisadas citadas acima, as vazões foram de 0,106 m<sup>3</sup>/s e de 0,124 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Diferença que se verifica devido ao fato de as intensidades das chuvas diferirem, pois Cabral *et. al.* (2009) analisa uma chuva de 60 mm/h de intensidade e o presente trabalho usa uma chuva de 107,4 mm/h.

O valor encontrado corresponde a vazão máxima de contribuição do empreendimento em situações que respeitem essas condições, portanto essa vazão só será atingida após passado o tempo de concentração, pois toda a bacia estará contribuindo a partir desse momento.

## 6.2. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO

Com o desenvolvimento da equação de Manning e a aplicação das equações complementares a ela citadas na metodologia, foram encontrados os valores de  $Y_n=0,475$  m; do ângulo  $\theta = 5,38$  rad;  $A=0,192$  m<sup>2</sup>; e o  $R_h=0,0414$  m. A partir deles foi possível encontrar o valor de vazão da galeria  $Q_g = 0,168$  m<sup>3</sup>/s.

Utilizando o processo inverso do método racional modificado, foi definida a intensidade da chuva que gera essa vazão  $I = 111,2$  mm/h. Após aplicar a equação 4, encontrou-se o volume necessário para o reservatório  $V_r = 91$  m<sup>3</sup>.

Como citado anteriormente, a área a ser utilizada para a execução do reservatório dependeria do volume de armazenamento necessário. Com esse valor de 91 m<sup>3</sup>, se faz necessário o uso de toda a área disponível (60 m<sup>2</sup>), que juntamente com a profundidade de 1m resulta num reservatório com 60 m<sup>3</sup> de capacidade.

O valor  $V_r$  é maior do que o volume disponível para execução, contudo supre boa parte do volume solicitante e trabalhará em conjunto com a descarga de fundo e a vazão do vertedor, o que permite o manejo desse volume excedente de 31 m<sup>3</sup>. Em estudos similares, com áreas de drenagem maiores, os volumes dos reservatórios encontrados crescem proporcionalmente com aumento da área, como em Cabral *et. al.* (2009) que encontra-se um volume de 200 m<sup>3</sup> para uma área de aproximadamente 0,214 km<sup>2</sup>, o que leva a crer que o volume de retenção encontrado está coerente com a área, uma vez que a intensidade da chuva em análise é diferente e influencia diretamente nesse volume final.

## 6.3. DETERMINAÇÃO DA DESCARGA DE FUNDO

Levando em conta que a diferença entre a  $Q_{emp}$  e  $Q_{df}$  deve resultar numa vazão que preencha todo o volume do reservatório ao longo de 19,5 min ( $Q_{emp} - Q_{df} = 0,053$  m<sup>3</sup>/s). Tem-se que  $Q_{df} = 0,107$  m<sup>3</sup>/s.

Após a vazão ter sido determinada, calculou-se o diâmetro da descarga de fundo que seja suficiente para suportar essa vazão e que liga o reservatório a galeria principal, chegando-

se ao de  $D = 0,35 \text{ m}$ . Devido ao fato desse valor não ser compatível com um diâmetro comercial, será utilizada uma galeria de 400 mm de diâmetro.

Esse valor de descarregador de fundo atende a necessidade de ser menor do que a capacidade de escoamento da galeria e, ao mesmo tempo, permite que o reservatório trabalhe sem sobrecargas imediatas.

Em se tratando do vertedor, obteve-se a vazão de  $Q_{ver} = 0,053 \text{ m}^3/\text{s}$ . E pela aplicação da equação de cálculo de vertedor retangular (Equação 20) encontrou-se  $L = 0,87 \text{ m}$ .

Sendo assim, por questões de melhor execução, optou-se por utilizar uma largura de 0,90 m para o vertedor, permitindo que o mesmo atenda a demanda de escoamento quando solicitado, de maneira que a vazão que adentre o reservatório seja igual a de saída e assim não atinja a sobrecarga do mesmo.

O que fica de positivo com o uso dessa microbacia é a melhor destinação das águas, que evitam que os arredores do empreendimento fiquem alagados, o que poderia inviabilizar o acesso a ele. Além de que, para a região circunvizinha, os elementos de drenagem terão uma diminuição da vazão de pico devido a essa atenuação da contribuição da área estudada.

Além de que, é possível validar a utilização de medidas compensatórias. Medidas que acabam sendo menos onerosas do que a repaginação total de um sistema de drenagem já instalado e ainda assim conseguem entregar melhorias no manejo das águas pluviais.

Importante salientar a necessidade de existir uma via de acesso ao interior do reservatório para que sejam realizadas limpezas e manutenções ao longo do tempo, de modo a evitar que haja ineficiência do mesmo por uma possível má condição dele.

## 7. CONCLUSÕES

Com o uso do método racional, foi encontrada a vazão de escoamento da bacia de drenagem de  $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$ , vazão alta uma vez que se aproxima de vazões de áreas menores que a estudada em outros trabalhos citados como em Cabral *et. al.* (2009), mas que se dá pelo fato da alta intensidade da chuva analisada.

O volume do reservatório encontrado pelo método de Tsuchiya ( $91 \text{ m}^3$ ), tem valor de  $31 \text{ m}^3$  a mais que o disponível para execução dentro do empreendimento ( $60 \text{ m}^3$ ). Contudo, o trabalho conjunto da descarga de fundo e da vazão do vertedor permite que, não só o reservatório de retenção opere sem que haja sobrecargas, como também as estruturas de drenagem públicas. Dessa forma, evita-se alagamentos e inundações causados pela sobrecarga das mesmas.

Além disso, ficou evidente durante o desenvolvimento do trabalho, a negligência dos órgãos públicos com os sistemas de drenagem da cidade de Campina Grande, uma vez que todos os elementos encontrados nas proximidades da área de estudo estavam em más condições. A falta de projetos para fornecer informações básicas e o visível abandono das estruturas instaladas na cidade reforçam a tese de que a área de drenagem urbana não recebe a atenção necessária das autoridades, mesmo ocorrendo eventos como alagamentos todos os anos.

O fato dessa microbacia manejar melhor as águas da chuva, evitando que o empreendimento sofra com alagamentos nos arredores, agrega um valor positivo ao uso da estrutura. Além de impactar também os elementos de drenagem que estão posicionados nas regiões próximas, pois haverá uma diminuição da vazão de pico devido a essa atenuação da contribuição da área analisada. Com isso, fica evidente que o uso de medidas compensatórias, como a bacia de retenção, traz benefícios concretos para os sistemas de drenagem. Ainda mais, o custo de introdução dessas medidas é bem menor do que a repaginação total de um sistema de drenagem já existente.

Por fim, pode-se afirmar que os objetivos primordiais do trabalho foram atendidos, como pode ser visto com os resultados da contribuição em volume, a capacidade do reservatório e a vazão de descarga encontrados. Apesar das dificuldades e intercorrências ao longo do desenvolvimento, foi possível comprovar que existe viabilidade no uso de microbacias de retenção dentro de empreendimentos que cubram grandes áreas pautados nos resultados positivos obtidos, pois é notável que traz benefícios para a edificação e a região circunvizinha.

## 8. SUGESTÕES

Ficam como sugestões para trabalhos futuros os seguintes temas:

- Orçamentação do custo de execução de uma estrutura similar;
- Análise da diferença de escoamento entre loteamentos sem o uso de microbacias e dos mesmos loteamentos com o uso de microbacias trabalhando em conjunto;
- Verificar a possibilidade de utilização da água armazenada no interior do reservatório para rega de jardins, lavagem de pisos, dentre outros usos não potáveis.

## 9. BIBLIOGRAFIA

AECWeb. **Telhados verdes: Uma “floresta” de vantagens.** Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/telhados-verdes-uma-floresta-de-vantagens/6079>>. Acesso em 26 mar. 2021

ALMEIDA, R. B. D.; FERREIRA, O. M. Calçadas ecológicas: construção e benefícios socioambientais. **Universidade Católica de Goiás - Departamento de Engenharia - Engenharia Ambiental**, Goiânia, p. 28, Junho 2008.

ARAGÃO, Ricardo de; FIGUEIREDO, Eduardo Eneas de ; SRINIVASAN, Vajapeyam Srirangachar ; GOIS, Raimundo Sergio Santos . **Chuvvas intensa no estado da Paraíba.** In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000, Natal. Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal - RN: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2000. p. 74-85.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro. 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR 16416:2015 – Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos.** 2015

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana.** 1ª edição Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

BICHANÇA, M. F. **Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias e secas.** Dezembro de 2006. Tese – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. 2006

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 5 jan. 2007. Acesso em 23 mar. 2021

\_\_\_\_\_. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: Acesso em 30 abr. 2021

\_\_\_\_\_. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento.** Brasília: Ministério das Cidades, 2006. 152p.

BRASIL ESCOLA. **Rio Tietê**. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/rio-tiete.htm>>. Acesso em 26 mar. 2021

CABRAL, J. J. S. P. et al. Microrreservatório de Detenção em Logradouro Público. In: **Manejo de águas pluviais urbanas**. 1<sup>a</sup>. ed. Natal: ABES, 2009. Cap. 7, p. 256-287.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes** / Aluísio Pardo Canholi. – São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CASTRO, L. M. A. **Proposição de metodologia para avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos d'água**. UFMG, 2007

DAVIS, E. G.; NAGHETTINI, M. C. **Estudo de chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro**. 2<sup>a</sup>. ed. Brasília: CPRM, 2000. 138 p. Disponível em: [Acesso em 24 mar. 2020](#).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. Rio de Janeiro, 2005. 133 p. Disponível em: [Acesso em 24 mar. 2020](#)

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos: instruções de serviço**. Rio de Janeiro, 2006a. 484 p. Disponível em: [Acesso em 26 mar. 2020](#).

FILHO, J. E. A. **Eficiência hidrológica de telhados verdes para a escala de loteamentos residenciais**. In: Soc. Nat. Uberlândia: [s.n.], v. 28, 2016. Cap. 2, p. 257-272.

G1. **Campina Grande tem 18 áreas vulneráveis a alagamentos**. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2015/03/campina-grande-tem-18-areas-vulneraveis-alagamentos.html>>. Acesso em 26 mar. 2021

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População nos Censos Demográficos, segundo Grandes Regiões, as Unidades da Federação e a situação 66 do domicílio 1960/2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro: 2010.

MACHADO, O. J.; POLEZA, M. M. **Medidas estruturais e não estruturais implementadas para minimizar os impactos com as inundações no município de Taió**, 2017. 18.

MÁRCIO RODRIGO. **Mandriani Home & Business**. Disponível em: <<https://marciorodrigo.com.br/imoveis/mandriani-home-business/>>. Acesso em 26 mar. 2021

- MARTINS, L. G. B. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas**, 2017. 197.
- MASCARÓ, J. J. **A infraestrutura verde como estratégia de sustentabilidade urbana**. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora: [s.n.]. 2012.
- MATHEUS, C. et al. **Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro**. In: \_\_\_\_\_ Ambiente Construído. Porto Alegre: [s.n.], v. 16, 2016. p. 71-81.
- McCUEN, B.M. **Hydrologic analysis and desing**. New Jersey, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1989
- MENEZES FILHO, F. C. M. de; COSTA, A. R. **Sistemática de cálculo para o dimensionamento de galerias de águas pluviais: uma abordagem alternativa**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 1, p. 11-22, 2012
- NETO, Geraldo Silvio Leite. **Teto verde: construção sustentável e reaproximação do homem a ambientes verdes em Manaus**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 08, pp. 114-127. Novembro de 2018. ISSN:2448-0959
- PINTO, Liliane Lopes Costa Alves. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Doi:10.11606/T.3.2011.tde-31082011. Acesso em: 2021-04-30.
- PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica básica**. [S.l: s.n.], 1998.
- SANTOS, L. P. S. S. et al. **Análise da eficiência de calçadas ecológicas como sistema de drenagem sustentável nos centros urbanos: estudo de caso no Parque Flamboyant, Goiânia - Goiás**. Revista Eletrônica em gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, Goiânia, v. 19, p. 837-849, Dezembro 2015.
- SÃO PAULO (Município). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, 2012a. v. 1, 168 p. ISBN 978-85-66381-01-6.
- \_\_\_\_\_. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamento**. São Paulo: SMDU, 2012b. v. 2, 220 p. ISBN 978- 85-66381-02-3.

\_\_\_\_\_. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos.** São Paulo: SMDU, 2012c. v. 3, 128 p. ISBN 978-85-66381-03-0.

SILVEIRA, A L. L., GOLDENFUM, J. A., FENDRICH, R. (2001) **Urban drainage control measures.** In: Urban drainage in humid tropics. Paris: Unesco. p.125-156

SILVEIRA, A. L. L. D. **Desempenhos de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 23, Março 2005.

SORIANO, B. M. A.; GALDINO, S. **Análise da distribuição da frequência mensal de precipitação para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil.** Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2002.

TUCCI, C.E.M; BELTRAME, L.F. **Infiltração e armazenamento no solo:** In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação** 2ª Ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade, p.335-372, 2000.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. B. **Inundações Urbanas na América do Sul.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre: [s.n.]. 2003.

TUCCI, C. E. M. **Estimativa do volume para controle da drenagem no lote.** In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. **Avaliação e controle da drenagem urbana.** Porto Alegre: Associação brasileira de Recursos Hídricos, 2000. p. 395-401.