



**FACULDADE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS – FAPAC
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

FRANCISCO ADRIANO RODRIGUES DUARTE

**CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA DRENAGEM PLUVIAL NO BAIRRO
PARQUE ELDORADO-PORTO NACIONAL-TO**

**PORTO NACIONAL - TO
2018**

FRANCISCO ADRIANO RODRIGUES DUARTE

**CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA DRENAGEM PLUVIAL NO BAIRRO
PARQUE ELDORADO-PORTO NACIONAL-TO**

Projeto de pesquisa submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área: Drenagem Urbana.

Orientador: Professor Me. Diogo Pedreira Lima.

**PORTO NACIONAL - TO
2018**

FRANCISCO ADRIANO RODRIGUES DUARTE

**CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA DRENAGEM PLUVIAL NO BAIRRO
PARQUE ELDORADO-PORTO NACIONAL-TO**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em ____/____/____ () APROVADO () REPROVADO
Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador (a): Professor Me. Diogo Pedreira Lima

Professor Me. Ângelo Ricardo Balduino

Professor Esp. Bertoni Martins Alcanfor

RESUMO

O cenário atual brasileiro no que diz respeito a drenagem urbana não é dos melhores, o país passa por problemas que em sua maioria foram desencadeados pela forma ineficiente como as cidades se desenvolveram: falta de planejamento, ausência de medidas controladoras para o uso do solo, rigor quanto a ocupação de áreas de risco e implantação de sistemas de drenagem inapropriados. O modelo atual de drenagem urbana no Brasil consiste em coletar as águas pluviais e direcioná-las até o seu destino final que são os cursos d'água, com o intuito de minimizar os problemas causados à sociedade e ao meio ambiente. Na cidade de Porto Nacional-TO, o cenário é parecido, a inexistência de sistemas de drenagem e/ou a falta de manutenção nos sistemas já implantados comprometem o bem-estar da população em épocas chuvosas, devido aos constantes alagamentos, enxurradas, erosões do solo e em alguns casos em setores situados às margens de cursos d'água até mesmo inundações. Este trabalho é voltado a um bairro específico da cidade de Porto Nacional-TO, o setor Parque Eldorado, e objetiva a identificação dos pontos críticos dessa área. O presente estudo visa a identificação dos pontos mais afetados pela falta de estruturas de drenagem e de acordo com os dados obtidos por meio dos ensaios de infiltração será possível estimar a velocidade de infiltração de água no solo desse bairro. De posse dos resultados da pesquisa, se tornará possível a determinação das medidas de controle mais adequadas para solucionar os problemas da área.

Palavras – Chave: Águas Pluviais. Drenagem Urbana. Bairro Parque Eldorado.

ABSTRACT

The current Brazilian scenario with regard to urban drainage is not the best, the country has problems that were mostly triggered by the inefficient way cities developed: lack of planning, lack of control measures for land use, and the implementation of inappropriate drainage systems. The current model of urban drainage in Brazil consists of collecting rainwater and directing it to its final destination, which is the watercourse, in order to minimize the problems caused to society and the environment. In the city of Porto Nacional-TO, the scenario is similar, the lack of drainage systems and / or the lack of maintenance in the systems already implanted compromise the well-being of the population in rainy seasons, due to the constant floods, floods, soil erosions and in some cases in sectors situated on the banks of watercourses even flooding. This work is aimed at a specific neighborhood in the city of Porto Nacional-TO, the Eldorado Park sector, and aims to identify critical points in this area. The present study aims to identify the most affected areas by the lack of drainage structures and according to the data obtained through the infiltration tests it will be possible to estimate the rate of water infiltration in the soil of this neighborhood. With the results of the research, it will be possible to determine the most adequate control measures to solve the problems of the area.

Key Words: Pluvial Waters. Urban Drainage. Parque Eldorado Neighborhood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico.....	10
Figura 2 - Bacia hidrográfica	11
Figura 3 - Alagamento, enchente e inundação.....	20
Figura 4 - Localização da área de estudo	26
Figura 5 - Área de concentração de água em dias chuvosos	27
Figura 6 - Loteamento do setor Parque Eldorado	28
Figura 7 - Desenho esquemático do infiltrômetro de anéis concêntricos	29
Figura 8 - Instalação do infiltrômetro de anéis concêntricos	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 CICLO HIDROLÓGICO.....	9
3.2 BACIA HIDROGRÁFICA.....	10
3.2.1 Infiltração.....	11
3.2.2 Escoamento superficial.....	12
3.2.3 Tempo de concentração.....	13
3.2.4 Período de retorno.....	14
3.2.5 Coeficiente de escoamento superficial.....	15
3.3 DRENAGEM	17
3.3.1 Desenvolvimento urbano X drenagem urbana.....	17
3.3.2 Conceito básico de alagamento, enchente e inundação.....	18
3.3.3 Medidas de controle	20
3.3.3.1 Microdrenagem.....	21
3.3.3.2 Macrodrenagem.....	22
3.3.4 O planejamento da drenagem urbana.....	23
3.3.5 Plano diretor de drenagem urbana.....	23
3.3.6 Técnicas compensatórias em drenagem urbana.....	24
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 REGIÃO ONDE O ESTUDO SERÁ EMPREGADO	26
4.2 CARACTERIZAÇÃO DE ESTUDO	26
4.3 ENSAIO DE INFILTRÔMETRO DE ANÉIS CONCÊNTRICOS.....	28
5 CRONOGRAMA	31
6 RESULTADOS ESPERADOS	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades foi intensificado nas últimas décadas, devido às migrações internas do país e principalmente a partir da fuga do homem do campo, que, em busca de melhores condições de vida saíram da zona rural e na maioria das vezes ocuparam as regiões periféricas das cidades.

O desenvolvimento acelerado aliado à falta de planejamento urbano acarretou ao longo do tempo sérios problemas de drenagem das águas pluviais, em resposta à rápida expansão das áreas impermeáveis como os telhados, pavimentação de ruas e calçadas, áreas de estacionamento, que juntos reduzem a infiltração do solo contribuindo para o aumento do escoamento superficial.

A implantação de um sistema de drenagem urbana objetiva acelerar a infiltração da água no solo através de poços de infiltração, ou ainda coletar e direcionar o mais rápido possível as águas pluviais a seu corpo receptor que são os cursos d'água (córregos, ribeirões, rios), visando a diminuição dos problemas causados pelas chuvas tais como: alagamentos, enxurradas, erosões do solo, inundações etc.

Através do planejamento urbano e da implantação de obras de infraestrutura é possível diminuir os problemas de drenagem, mas para isso se faz necessário estudos de campo, análises precisas, profissionais devidamente habilitados e interesse político, caso contrário dificilmente esse cenário será revertido.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo conciso da drenagem urbana de águas pluviais no Bairro Parque Eldorado em Porto Nacional – TO, capaz de oferecer através dos dados coletados por meio de ensaios in loco, de forma clara, uma solução viável e eficiente para reduzir os problemas gerados pela chuva devido à falta de um sistema de drenagem.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar os problemas causados pela falta de um sistema de drenagem pluvial urbana no Bairro Parque Eldorado situado em Porto Nacional – TO, verificar os pontos mais afetados in-loco e determinar a medida de controle mais adequada para a região.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer a velocidade de infiltração do solo;
- Indicar os pontos mais afetados pela inundação;
- Verificar os possíveis problemas causados pela erosão e sedimentação do solo;
- Determinar a tecnologia adequada de acordo com a área.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

Silveira (2001) destaca que, ciclo hidrológico é o movimento contínuo da água entre a superfície do planeta e a atmosfera alimentado pela energia solar e a força gravitacional, que juntos provocam a evaporação da água dos oceanos e da superfície terrestre.

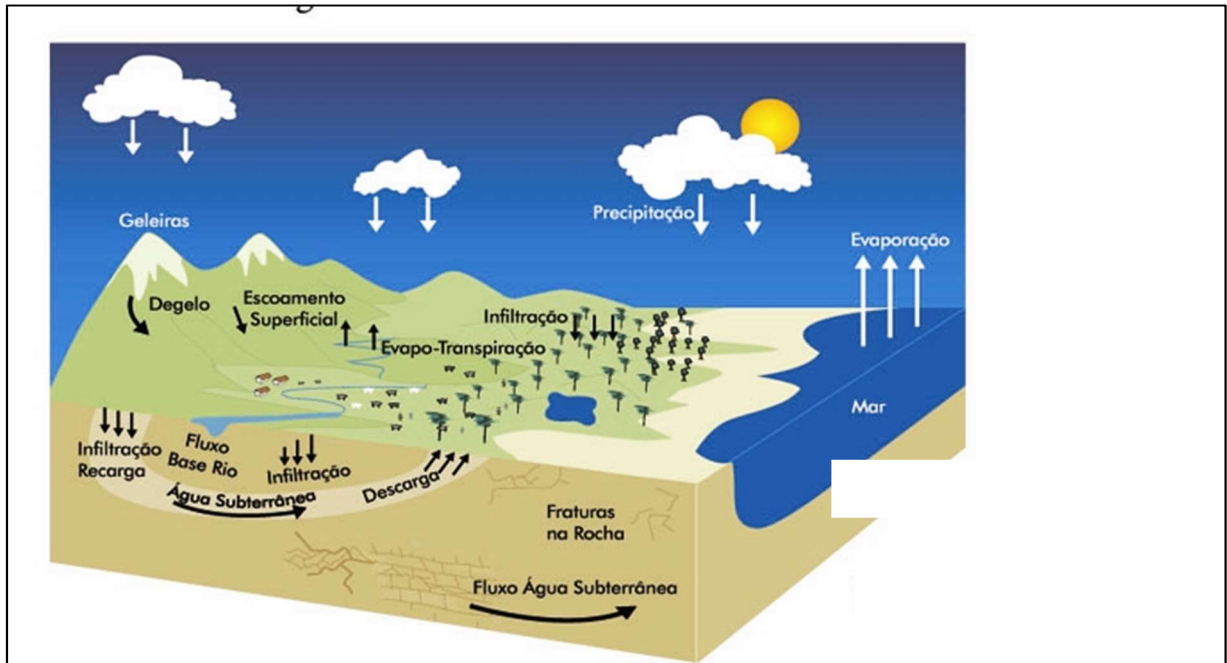
Pinto et al. 1976 explicam que, depois que as gotículas de água, produzidas pela condensação, atingem um determinado limite de altura, precipitam-se em forma de chuva sobre a superfície. Se, durante sua precipitação atravessarem por zonas cujas temperaturas estejam abaixo de zero as mesmas estão sujeitas a se transformarem em partículas de gelo, resultando em granizo. Se a condensação ocorrer em ambientes cuja temperatura seja inferior ao ponto de congelamento dar-se-á a formação de neve.

Bispo (2007) comenta que, a precipitação pode se dar por meio da chuva, orvalho, granizo e neve e a água pode seguir por diferentes caminhos. Segundo Paz (2004) esses caminhos são:

- Escoamento superficial- movimentando sobre a superfície terrestre nos casos em que a precipitação é superior a capacidade de absorção do solo, abastecendo rios e canais;
- Devido à energia solar ou a retenção pela vegetação existente, parte da precipitação evapora antes mesmo de atingir a superfície terrestre;
- Uma fração da chuva que atinge diretamente rios, lagos e oceanos evapora;
- Infiltra no solo por meio dos vazios e alimenta os aquíferos, que acabam escoando até os rios (escoamento subterrâneo);

Através da figura 1, (Tucci, 1993) ilustra o ciclo hidrológico.

Figura 1 – Ciclo hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2018).

3.2 BACIA HIDROGRÁFICA

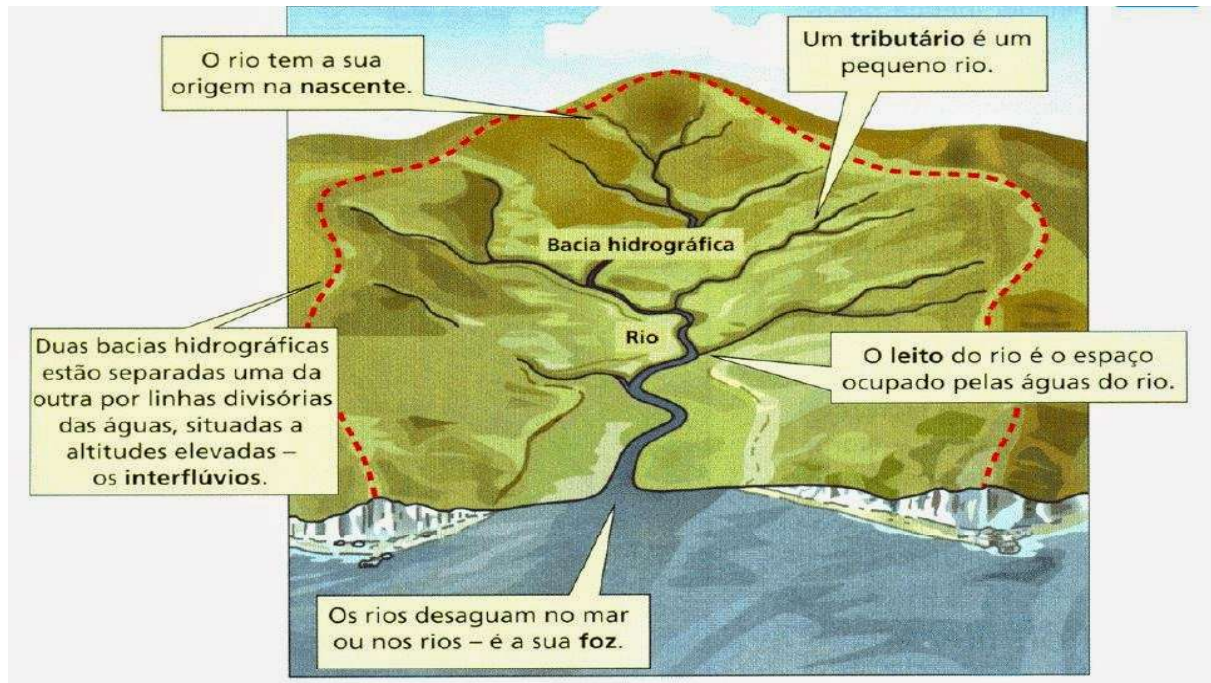
Bacia hidrográfica é a região ou superfície de descarga de um curso d'água do qual ela é tributária responsável por coletar a água da chuva, seja superficialmente formando os rios e riachos, ou infiltrando no solo formando nascentes e abastecendo o lençol freático direcionando todo esse fluido a um único ponto de saída (Paz, 2004).

Silveira (2001) explica que, a bacia hidrográfica é constituída essencialmente pela associação de superfícies vertentes a um conjunto de estruturas drenantes constituídas por cursos d'água que se unem até resultarem em apenas um leito.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2006), as principais características atribuídas às bacias hidrográficas são a zona de drenagem, a extensão do rio principal e a declividade apresentada pela bacia e o rio.

A figura 2 ilustra uma bacia hidrográfica.

Figura 2- Bacia hidrográfica



Fonte: Jaquegeo (2018).

O Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos da Agência Nacional da Água (Ana, 2006) cita que, a divergência de interesses no que diz respeito à utilização da riqueza hídrica das bacias hidrográficas, seja para abastecimento humano, função industrial, irrigação agrícola ou ainda geração de energia elétrica tem provocado conflitos e posto em risco a garantia desse recurso para a presente e futuras gerações. É de suma importância o estabelecimento de arranjos institucionais capazes de atender os diferentes interesses sem comprometer a estabilidade das bacias hidrográficas.

3.2.1 Infiltração

Para Silveira, Louzada e Beltrame (2001), infiltração é caracterizada como a passagem da água da superfície do solo para o seu interior. Este processo é dependente da fração de água disponível para infiltrar, da estrutura do solo, das condições superficiais e da fração de água e ar presentes em seu interior.

Durante uma chuva uma fração da água pode se infiltrar no solo movendo-se para baixo e a outra porção pode escorrer pela superfície caso o terreno apresente declividade suficiente. Dessa forma subentende-se que a infiltração é um sistema que separa a água da chuva em duas frações, visto que uma parte flui sobre a superfície e a outra flui abaixo da superfície do solo, tanto vertical quanto horizontalmente (Libardi, 2005).

Pinto et al. (1976) destacam três fases no decorrer da infiltração:

- Intercâmbio- nessa fase a água ainda está próxima à superfície e sujeita a retornar à atmosfera por meio da aspiração capilar. Essa aspiração é causada pela ação da evaporação, ou ainda pela absorção advinda das raízes das plantas que no final do processo elimina a água por meio da transpiração.
- Descida- circunstância em que se dá o deslocamento vertical da água de acordo com a lei da gravidade, onde seu peso próprio supera a adesão e a capilaridade. Esse fluxo permanece até a água atingir uma camada de solo impermeável.
- Circulação- nessa fase são formados os lençóis freáticos resultante do acúmulo de água, do qual o movimento também se deve à força gravitacional, sempre fundamentado nas leis do escoamento subterrâneo.

3.2.2 Escoamento Superficial

Segundo Da Silveira (2005), o escoamento superficial numa bacia real também é entendido como a fusão dos resultados da translação e do armazenamento. Onde o primeiro é considerado linear, por outro lado, o segundo não, visto que o escoamento sofre mudanças devido à carga hidráulica, como consequência disso o tempo de concentração diminui conforme a chuva se torne mais intensa.

Peixoto (2002) destaca que, o estágio do escoamento superficial analisa a ocorrência e o deslocamento da água na superfície terrestre e que grande parte das análises hidrológicas estão voltadas à sua aplicação e proteção contra fenômenos causados pelo seu deslocamento.

Conforme Carvalho e Silva (2006), o escoamento superficial engloba tanto a parte excedente da chuva que sucede uma forte precipitação, deslocando-se

sobre a superfície do solo, quanto o fluxo de um rio alimentado pelo excesso das chuvas e/ou pelas águas subterrâneas.

De acordo com o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (2005), observa-se que, para as pequenas enchentes prevalece o escoamento sub-superficial, em contrapartida, para enchentes de grande porte o escoamento superficial direto é proporcionalmente superior. O resultado disso são as descargas máximas para as enchentes maiores, crescendo de forma mais rápida que os deflúvios totais a qual está relacionada, o que acaba por contrariar o princípio básico do hidrograma unitário.

Um rio de grande porte é responsável por transportar uma significativa quantidade de água de uma área úmida para uma região seca. De acordo com seus estudos, 70 grandes rios são responsáveis pela metade do escoamento superficial do mundo, onde destaca-se o rio Amazonas que contribui com aproximadamente um quarto desse total. Cita ainda que, o rio Amazonas transporta um volume aproximadamente dez vezes maior que o volume transportado pelo rio Mississipi, o maior da América do Norte (Silva, 2008).

3.2.3 Tempo de concentração

De acordo com Silveira (2005), tempo de concentração é um modelo hidrológico do princípio de que a bacia hidrográfica atua como um sistema linear para o escoamento superficial direto. Surge dessa teoria a definição de tempo de concentração como o período necessário para que a bacia contribua de forma integral na seção de saída. De acordo com essa hipótese de reação linear da bacia, o tempo de concentração é definido como o tempo de equilíbrio quando se determina o processo permanente entre uma precipitação estável de intensidade invariável e o escoamento superficial.

Teixeira (2010) descreve o tempo de concentração como o período necessário para que o fluido precipitado na região mais distante se dirija até a seção principal. Tal fenômeno é definido como o intervalo entre o fim de uma chuva e o ponto de inflexão do hidrograma.

Paulino (2014) destaca que, há inúmeras maneiras e fórmulas capazes de estimar o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica. Dentre os fatores que influenciam no tempo de concentração ele cita:

- Forma da bacia hidrográfica;
- Declividade média;
- Natureza e grau da cobertura presente na bacia;
- Extensão e inclinação do curso principal e dos seus afluentes;
- Distância entre o local mais extremo da bacia e sua saída;
- Condição em que o solo se encontra quando iniciada a precipitação.

3.2.4 Período de retorno

Lima et al. (2012) destacam que, é imprescindível a compreensão da probabilidade de ocorrência de possíveis chuvas máximas em projetos de drenagem, para garantir um saneamento básico de qualidade e controlar as enchentes.

Bertol, Cardoso e Ullmann (1998) definem o período de retorno como a recíproca da probabilidade, o tempo médio, medido em anos, para que um determinado valor de precipitação seja equiparado ou superado, ao menos uma vez.

Genovez e Zuffo (2000) citam que, há uma grande necessidade em obter-se informações sobre chuvas de determinadas durações e periodicidade, pois esses dados são de fundamental importância quando na implantação de projetos hidráulicos, voltados para a drenagem urbana, tais como, galerias de águas da chuva, piscinões de retenção, vertedores voltados à proteção contra erosões, dentre outras obras que levam em conta a intensidade da chuva relacionados ao tempo de recorrência.

O Manual de Drenagem Urbana de Toledo-PR (2017) destaca que, o risco que foi adotado como base para o projeto determina o tamanho dos investimentos aplicados e a garantia de segurança no que diz respeito às enchentes. O estudo apropriado abrange uma análise econômica e social das consequências das enchentes para a definição dos riscos. Entretanto, quando se trata de pequenas áreas esse estudo se torna inviável devido ao seu custo, por esse motivo são usualmente adotados períodos de retorno em diversas fontes da literatura, tal como é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Tempo de retorno para sistemas urbanos

Sistema	Característica	Intervalo (anos)	Valor recomendado (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 – 5	2
	Comercial	2 – 5	2
	Edifícios de serviços públicos	2 – 5	2
	Áreas comerciais e avenidas	2 – 10	2
	Aeroportos	5 – 10	2
Macro drenagem		10 – 50	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5 – 100	50
Limite da área de regulamentação			

Fonte: Manual de drenagem urbana- Toledo-PR- agosto 2017.

3.2.5 Coeficiente de escoamento superficial

Pinto (1976) define o coeficiente de escoamento superficial como a relação entre a fração máxima de água escoada pela seção e a fração total de água precipitada na bacia hidrográfica. Tal fenômeno também pode se referir a ocorrência de uma determinada precipitação ou ainda a todas as que transcorreram em um determinado período.

O coeficiente de escoamento superficial sofre mudanças de acordo com a intensidade da precipitação, uma vez que aumenta a magnitude da precipitação as perdas iniciais assim como a capacidade de infiltração do solo são atendidas, dessa forma há um aumento do escoamento superficial e consequentemente um aumento no coeficiente de escoamento superficial (Tucci, 2000).

Garotti e Barbassa (2010) expõem que, o escoamento superficial é uma relação entre as alturas precipitadas e efetivas e é baseado em fatores como:

- Peculiaridades da região;
- Características do solo;
- A última medição da umidade;

- Capacidade de infiltração do solo;
- Tipo de ocupação da bacia;
- Tempo de concentração.

De forma geral, o coeficiente de escoamento é definido de acordo com determinadas características de urbanização, como é apresentado na tabela 2, ou ainda conforme características específicas das mais variadas superfícies disponíveis na bacia de acordo com a tabela 3.

Tabela 2 – Valores de C, em relação às características de urbanização da bacia

Zonas	Valores de C
Com densa edificação: centro de cidades densamente construídas com pavimento em ruas e calçadas;	0,70 a 0,95
Com baixa densidade de edificações: locais adjacentes à região central, com menor densidade de habitações, com pavimento em ruas e calçadas;	0,60 a 0,70
Com edificações com baixo índice de superfícies livres, áreas residenciais com edificações cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificações com bastante superfícies livres: áreas residenciais como cidade-jardim, vias macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
Suburbanas com alguma edificação: bairros com baixa densidade de construções;	0,10 a 0,25
De matas, parques e campo esportivos: áreas rurais, verdes, superfícies arborizadas, parques e campos esportivos sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken (1978).

Tabela 3 – Valores de c, em relação às características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia

Telhados em bom estado sem fuga;	0,70 a 0,95
Áreas com asfalto em bom estado;	0,85 a 0,90
Paralelepípedos pavimentados, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para áreas anteriores que não tenham juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pavimentação de juntas interiores sem a incidência de juntas tomadas;	0,40 a 0,50
Ruas a base de macadame;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios a base de pedregulho;	0,15 a 0,30
Áreas sem revestimento, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, a depender da declividade;	0,10 a 0,30
Das características do solo na natureza e do subsolo.	0,01 a 0,20

Fonte: Villela e Mattos (1980).

3.3 DRENAGEM

3.3.1 Desenvolvimento urbano X Drenagem urbana

Baptista, Gonçalves e Ribeiro (2016) mencionam que, a expansão ocupacional das áreas urbanizadas, consequentemente ocasionaram um aumento de áreas impermeabilizadas, o que acarreta expressivas alterações no destino das águas pluviais e gera mudanças no ciclo hidrológico natural. Uma alternativa viável que objetiva conter estes impactos é a aplicação do manejo sustentável das águas pluviais, cujo princípio básico é diminuir os prejuízos causados pela impermeabilização do solo, reduzir a velocidade de escoamento superficial, restringir as vazões de pico e diminuir o tempo de concentração. Dessa forma, ao aliar o planejamento urbano a técnicas que visam a sustentabilidade na drenagem urbana é imprescindível o estímulo da conservação de áreas com cobertura vegetal e também a compensação de áreas construídas para que se favoreça o escoamento natural das águas.

O modelo atual de drenagem urbana tem por objetivo captar a água proveniente da chuva e direcioná-la o mais rápido possível ao seu destino final, que

geralmente é um corpo d'água receptor tal como os rios. Nota-se a gravidade desse problema principalmente nos grandes centros urbanos devido a magnitude das precipitações e ao grau de impermeabilização do solo o que propicia uma grande concentração de água nos rios em um curto espaço de tempo, ocasionando enchentes e gerando prejuízos significativos e riscos à saúde pública (Ribeiro, 2014).

De acordo com As Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana do Município de São Paulo (1999), a falta de Planos Diretores de Drenagem Urbana, que visam solucionar os problemas de drenagem no que diz respeito à bacia hidrográfica, a inexistência de recursos legais e administrativos eficazes, que possibilitem uma gestão acertada das consequências dos processos de urbanização causadas pelas enchentes urbanas e a criação imprópria da maior parte dos projetos de drenagem urbana, colaboram no agravamento da problemática.

Moura (2004) destaca que, a elaboração de sistemas de drenagem surge da seleção das opções mais eficazes e viáveis para uma área predefinida. Dessa forma, a definição do sistema a ser adotado leva em consideração diversos fatores intervenientes no meio, que abrangem tanto os aspectos técnicos quanto os ambientais, sociais, políticos, econômicos, sanitários, assim como quaisquer outros que de acordo com a necessidade se mostrarem importantes.

Tucci (1999) menciona que, a origem dos principais impactos relacionados a drenagem urbana ocorrentes na maioria das cidades brasileiras são:

- Premissa do projeto: Ao longo do tempo a drenagem urbana foi desenvolvida se apoiando na ideia equivocada de que a drenagem mais eficiente é aquela em que a água excedente é retirada da forma mais rápida possível do seu local de origem.
- Não conceituam a bacia como um sistema interligado de controle: onde as canalizações e condutos são responsáveis pela transferência dos impactos gerados em cada projeto de um ponto a outro da bacia.

3.3.2 Conceito básico de alagamento, enchente e inundação

As enchentes e inundações estão inseridas no processo natural de um sistema hidrográfico, que em algumas épocas do ano, devido à magnitude das chuvas acabam por exceder a capacidade do seu canal e lançar a água para fora.

Devido a ocupação irregular desses locais comumente é observada populações em situação de risco e de vulnerabilidade social, em consequência da intensificação do crescimento horizontal das cidades (Santos, 2016).

O Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios do Ministério das Cidades (2007) dá as seguintes definições para alagamento, enchentes e inundações:

- Alagamento: é definido como o acúmulo temporário de água em uma determinada área decorrentes do sistema ou da falta de drenagem, podendo ter ou não ligação com processos de origem fluvial;
- Enchentes: também conhecida como cheias, são definidas pelo aumento da elevação da água no curso d'água devido ao aumento da vazão, de forma que a cota máxima seja atingida sem que haja o extravasamento;
- Inundações; inundação é definida como o extravasamento da água para áreas marginais em função da deficiência da vazão ou ainda da incapacidade de evacuação da calha do curso d'água.

Carvalho (2011) associa as inundações urbanas às expressivas mudanças na dinâmica do ciclo hidrológico, especificamente no crescimento do escoamento superficial o que é facilmente observado em regiões amplamente urbanizada, como é o caso das grandes metrópoles. O modelo de crescimento urbano o qual se conhece hoje, intensifica a impermeabilização do solo o que acaba por aumentar o escoamento superficial.

A Defesa Civil de São Bernardo dos Campos/SP (2011) através da figura 3, exemplifica a ocorrência de alagamento, enchentes e inundações.

Figura 3- Alagamento, enchente e inundação



Fonte: Defesa Civil de São Bernardo do Campo/SP (2011).

3.3.3 Medidas de controle

As medidas corretivas e/ou preventivas que almejam diminuir os danos das inundações são classificadas de acordo com a sua natureza em medidas estruturais e não estruturais (Canholi, 2005).

Canholi (2013) classifica as medidas de controle em estruturais e não estruturais, onde:

- Medidas estruturais: englobam as obras de engenharia que são caracterizadas pelo fato de serem intensivas, com o intuito de acelerar o escoamento, atrasar o fluxo e desviar o escoamento, que incluam a introdução de ações individuais ou coletivas de maneira a proteger as edificações da ocorrência de enchentes, e extensivas, como mecanismos disseminados nas bacias, restauração da cobertura vegetal e medidas para controlar a erosão do solo;
- Medidas não estruturais: buscam regular ou adaptar a ocupação territorial, a conduta dos habitantes quanto a drenagem e as atividades econômicas. Tais medidas normalmente envolvem baixos custos e cenários mais longos de atuação. Dentre as medidas mais usadas pode-

se citar a normatização de uso e ocupação do solo, formas de educação ambiental que objetivam o controle da poluição difusa da erosão e lixo, política de mudanças do comportamento consumista da população, sistemas que prevejam e alertam sobre o risco de inundações.

O dimensionamento da drenagem urbana se baseia em dois níveis principais: microdrenagem e macrodrenagem. As estruturas responsáveis pela macrodrenagem destinam-se ao transporte final das águas colhidas pela drenagem primária, dando continuidade ao escoamento dos deflúvios provenientes das vias, sarjetas, galerias e valas, que configuram elementos da microdrenagem. A macrodrenagem urbana representa a rede de drenagem natural que já existia antes da sua ocupação, formada pelos córregos, rios e riachos (Lira, 2003).

3.3.3.1 Microdrenagem

De acordo com o Manual de Drenagem Urbana de Toledo-PA (2017) a microdrenagem é definida como um conjunto de condutos pluviais ou canais nos loteamentos ou na rede primária urbana, cujo objetivo é drenar as precipitações que possuem risco moderado.

Silva (2016) define o sistema de microdrenagem como um conjunto de estruturas responsáveis por conduzir a água que fora gerada em residências, calçadas e avenidas até o corpo receptor.

Matias (2011) define microdrenagem como um conjunto de canalizações a nível de loteamento encarregado de captar e conduzir a água da chuva oriunda das áreas urbanizadas, ao encontro do sistema de macrodrenagem. É formado por: bocas de lobo, galerias, sarjetas e sarjetões. Onde:

- Bocas de lobo: incumbidas de coletar uma parcela das águas que escoam nas sarjetas e transportá-las para as galerias;
- Galerias: condutos responsáveis por conduzir a água das bocas de lobo e outras ligações para rios de pequeno porte, riachos ou ribeirões que juntos formam o sistema de macrodrenagem;
- Sarjetas: são faixas em paralelo ao meio fio cuja finalidade é conduzir as águas que caem nas ruas;

- Sarjetões: são calhas ou “rasgões” construídos nos cruzamentos das vias cuja função é guiar o curso das águas até as sarjetas.

3.3.3.2 Macro drenagem

O Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde define a macro drenagem como conjunto de obras que almejam a melhoria das condições de escoamento de modo que diminua os impactos causados pelas erosões, assoreamento e inundações que ocorrem ao decorrer dos principais talvegues (fundo de vale). O sistema de macro drenagem é responsável pelo escoamento final das águas da micro drenagem e pode ser constituída por canais naturais ou artificiais, galerias de grande porte e estruturas auxiliares.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre menciona que a macro drenagem compreende bacias com áreas que geralmente ultrapassam 2km², em que o escoamento é formado pela drenagem de regiões urbanizadas e não urbanizadas. O projeto da macro drenagem urbana envolve a determinação de cenários, critérios na elaboração do controle da macro drenagem e análises alternativas de projetos.

Os custos relacionados às obras de macro drenagem urbana são elevados, capazes de gerar grandes impactos no orçamento urbano. Com isso, quando se trata das redes de drenagens, tanto o seu superdimensionamento quanto o seu subdimensionamento trazem prejuízos para a sociedade (Allasia, 2002).

Lira (2003) salienta que, embora as obras de macro drenagem sejam independentes elas possuem uma estreita relação com o sistema de drenagem urbana, por esse motivo devem ser projetadas em conjunto para uma dada área. Destaca ainda que as obras de macro drenagem consistem em:

- Retificação e/ou ampliação das áreas de cursos naturais;
- Criação de canais artificiais ou galerias de grande porte;
- Construções auxiliares que contribuam na proteção contra erosões e assoreamento, travessias e estações de bombeamento.

O autor cita que as razões para a necessidade de implantação das obras de macro drenagem nas áreas urbanas, são:

- Levar o saneamento para áreas alagadiças;
- Ampliar a área viária em vales habitados;
- Impedir o aumento da incidência do sedimento provocado pelo desmatamento e manuseio inadequado dos terrenos, lixo jogados sobre seu leito;
- A habitação irregular dos leitos secundários de córregos.

3.3.4 O planejamento da drenagem urbana

Bertoni e Tucci (2003) salientam que, o planejamento visa a criação de ferramentas de gestão da infraestrutura urbana associadas ao escoamento das águas pluviais e dos rios situados na área urbana das cidades. Tal planejamento objetiva dentre outras coisas a:

- Diminuição das perdas econômicas;
- Melhoria do estado de saúde e meio ambiente da área urbana dentro de fundamentos econômicos, sociais e ambientais determinados pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano;

3.3.5 Plano diretor de drenagem urbana

Segundo Cruz e Tucci (2008), no Brasil os mecanismos reguladores da utilização e ocupação do solo são frequentemente agrupados no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, entretanto, estes regulamentos indicam grandes contratempos na sua realização, especialmente devido ao poder público não fiscalizar de forma eficiente. Atualmente algumas cidades brasileiras vem promovendo a criação de Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrU), que busca a criação de intervenções na drenagem urbana sob a perspectiva de bacia hidrográfica. De maneira geral estes planos empreendem um diagnóstico do sistema de drenagem da área analisada e sugere medidas de controle para os contratempos detectados.

O planejamento urbano é realizado por meio do plano diretor da cidade onde a densidade habitacional serve como base para o planejamento de cada uma das subdivisões da cidade e bacias. Essa densidade é realizada através das

seguintes restrições: taxa de ocupação e taxa de aproveitamento. O primeiro item determina a área que está sendo ocupada em planta já a segunda se refere a área construída e a área total do terreno (Tucci, 1997)

Tucci (2001) explica que, o Plano de Drenagem urbana é criado com base em um conjunto de dados associados de acordo com o seguinte:

- Catálogo da rede pluvial, bacias hidrográficas da região, uso e características dos solos das bacias à qual pertence, dentre outros fatores físicos;
- Planos: Que visam o desenvolvimento urbano, saneamento ou esgotamento sanitário, controle dos resíduos sólidos, planos viários. Esses planos demonstram relação importante com a drenagem urbana;
- Aspectos institucionais: como a legislação municipal associada ao Plano Diretor Urbano e Meio Ambiente; Legislações Estaduais de Recursos Hídricos e Legislações Federais; controle da drenagem na área municipal;
- Informações sobre a hidrologia local: precipitação, capacidade de vazão, sedimentos, e condição da água do sistema de drenagem.

Bertoni e Tucci (2003) mencionam que, o Plano Diretor de Drenagem Urbana objetiva:

- Projetar a divisão da água pluvial no tempo e no espaço, de acordo com a disposição ocupacional urbanística, harmonizando seu desenvolvimento e infraestrutura, afim de impedir a ocorrência de prejuízos à economia e ao ambiente;
- Regular a ocupação de locais com risco eminente a inundação por meio de restrições nas regiões de alto risco e;
- Determinar uma coexistência harmoniosa com as enchentes nas regiões de baixo risco.

3.3.6 Técnicas compensatórias em drenagem urbana

Brito (2006) menciona que, as estruturas de drenagem urbana conhecidas como alternativas e compensatórias, distintivamente dos sistemas clássicos, atuam basicamente na retenção e infiltração das águas pluviais e visa reduzir o volume de

água escoado e uma eficiente distribuição temporal das vazões e consequentemente redução ou extinção de inundações.

Lucas et al. (2014) destaca que, as técnicas compensatórias são medidas de controle na fonte de geração, difundidas na bacia hidrográfica. Essas estruturas objetivam aumentar a fração de água pluvial que será retida e/ou infiltrada no solo, reavendo ou diminuindo os efeitos advindos do escoamento superficial direto causado pela ocupação urbana.

De acordo com Sírío (2014), o desenvolvimento de baixo impacto tem um enfoque na compensação dos efeitos das urbanizações, dessa forma demonstra inúmeros benefícios se comparado as práticas convencionais pois se mostra mais eficiente que o atual modelo de drenagem, visto que além dos benefícios técnicos e estruturais as vistas naturais são mais valorizadas, com a diminuição dos pontos negativos e aumento dos pontos positivos, pois possibilita a implantação de parques urbanos, áreas voltadas ao lazer e prática de esportes.

Essas técnicas inovadoras também conhecidas como medidas compensatórias de drenagem, ou ainda Best Management Practices (BMPs), se diferenciam ao modelo higienista, pois aborda a ideia de neutralizar os impactos dos processos de urbanização sobre os processos hidrológicos. Para tal, utiliza métodos que lidam com o escoamento superficial no ambiente que é produzido, dá-se o nome de controle na fonte de drenagem pluvial, pois visa a redução do escoamento através de mecanismos de armazenamento, retenção, acúmulo e infiltração das águas pluviais (Felipe, 2014).

proximidade com os corpos d'água. A figura 5 é uma imagem que foi tirada no dia 14/10/2018 na rua 12, setor Parque Eldorado e retrata uma situação corriqueira nesse bairro.

Figura 5 – Área de concentração de água em dias chuvosos.



Fonte: Desenvolvida pelo autor (2018).

O local no qual este trabalho será empregado atualmente enfrenta problemas oriundos da inexistência de drenagem urbana, como enxurrada, alagamento, erosões do solo, deterioração do pavimento etc. Através da implantação de obras de infraestrutura é possível reverter esse cenário, resgatar a dignidade da população e diminuir os impactos causados pelas chuvas.

Por meio de uma visita ao bairro será possível coletar informações suficientes para estabelecer quais são os pontos mais críticos, ou seja, quais os locais mais propícios aos problemas causados pela falta de um sistema de drenagem. De posse dos dados, poderá ser feito um mapeamento dos pontos mais críticos do bairro para tornar fácil essa identificação. A figura 6 representa fielmente a forma como esse bairro foi loteado.

Figura 6 – Loteamento do Setor Parque Eldorado



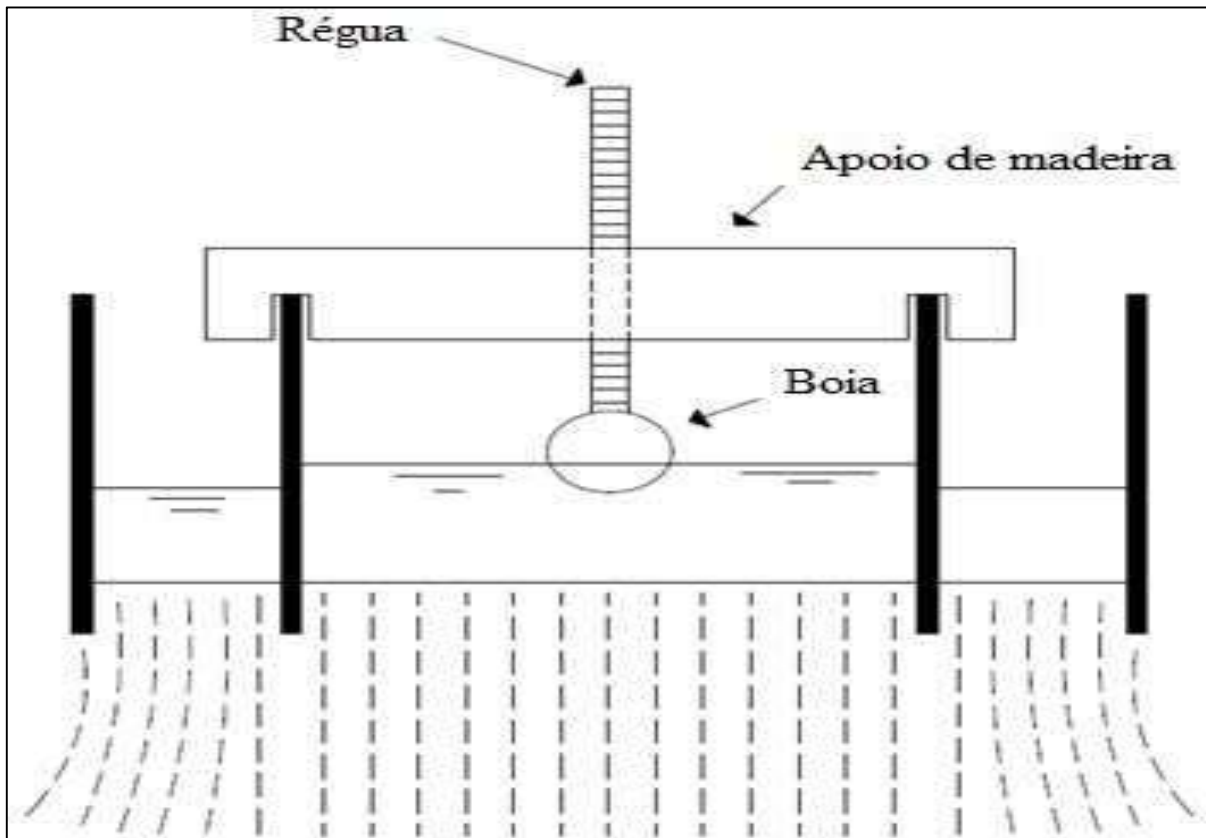
Fonte: Aires (2018).

4.3 ENSAIO DE INFILTRÔMETRO DE ANÉIS CONCÊNTRICOS

Carvalho e Silva (2006) citam que, esse ensaio é utilizado para determinar a capacidade de infiltração de água no solo e o descrevem de maneira concisa citando que o mesmo consiste fundamentalmente de dois cilindros concêntricos mais um equipamento de aferir volumes da água aduzida ao cilindro interno. Tais cilindros possuem 25cm e 50cm de diâmetro, os dois com 30cm de altura. Sua instalação deve ser feita de forma concêntrica enterrando-os 15cm no solo. Para tal, suas bordas inferiores devem possuir formato em bisel para que a penetração no solo seja facilitada

Por meio da figura 7, Fernandes (2017) demonstra de forma esquemática a representação do infiltrômetro de anéis concêntricos.

Figura 7- Desenho esquemático do infiltrômetro de anéis concêntricos



Fonte: Fernandes (2017).

Brandão (2003) destaca que, após a instalação dos cilindros a água é adicionada nos dois compartimentos dos anéis, onde o papel do anel externo é evitar que a água do anel interno se disperse, garantindo assim que água movimente-se verticalmente no solo.

Oliveira (2005) menciona que, no decorrer do ensaio a altura da lâmina d'água a ser mantida no cilindro interno é de 3cm a 5cm. Da mesma forma para garantir que não ocorra dispersão lateral da água infiltrada, o anel externo deve possuir a mesma quantidade de água que o interno. Este ensaio deverá ser executado até que a taxa de infiltração de água no anel interno mantenha-se constante com o tempo.

Segundo Carvalho e Silva (2006), a água deve ser colocada nos dois anéis simultaneamente, com o auxílio de uma régua graduada obtém-se a leitura da altura da lâmina d'água presente no anel interno ou registra-se o volume de água inserida no anel, em intervalos de tempo pré-estabelecidos. A infiltração vertical é definida pela diferença obtida nas leituras entre dois intervalos de tempo.

Através da figura 8, Fernandes (2017) demonstra a instalação do infiltrômetro de anéis concêntricos.

Figura 8- Instalação do infiltrômetro de anéis concêntricos



Fonte: Fernandes (2017)

Esse ensaio será realizado posteriormente no bairro Parque Eldorado-TO, com a finalidade de obter dados suficientes para a determinação da malha de drenagem mais adequada às características da região.

5 CRONOGRAMA

Quadro 2 - Cronograma de elaboração de projeto

	ANO 2018								
ETAPAS	Ago	Set	Out	Nov	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun
Definição do Tema	Já executado								
Definição do professor orientador	Já executado	Já executado							
Leitura dos documentos a serem utilizados no projeto de pesquisa	Já executado	Já executado							
Agrupamento da Revisão bibliográfica		Já executado	Já executado						
Entrega do trabalho à banca examinadora			Já executado						
Apresentação do trabalho à banca examinadora				Já executado					
Ensaaios de campo e Ensaaios de laboratório					Ainda será executado	Ainda será executado			
Interpretação dos resultados							Ainda será executado	Ainda será executado	
Produção do artigo						Ainda será executado	Ainda será executado	Ainda será executado	
Revisão e entrega do artigo									Já executado
Submissão da monografia à banca									Já executado

Fonte: Desenvolvido pelo autor (2018).

 Já executado

 Ainda será executado

6 RESULTADOS ESPERADOS

Através dos dados obtidos por meio desse trabalho espera-se alcançar resultados suficientes para tornar possível a implantação de uma malha de drenagem eficiente, reduzindo assim os impactos causados pelas chuvas de forte intensidade no Bairro Parque Eldorado em Porto Nacional Estado do Tocantins.

REFERÊNCIAS

- ALLASIA, Daniel G. **Impacto das incertezas no custo de uma rede de macrodrenagem**. 2002. 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS, 2002.
- BERTONI, J. C. TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.
- BISPO, Carlos José Capela. **Balanço de água em área de cultivo de soja no Leste da Amazônia**. 2007. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2007.
- BRANDÃO, Viviane dos Santos. **Infiltração de água em solos sujeitos a encrostamento**. 2003. 68f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa- MG, Viçosa- MG, 2003.
- BRITO, Débora Silva. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental- Faculdade de Tecnologia Da Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006.
- CANHOLI, Aluizio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. ISBN 978-85-86238-43-7.
- CANHOLI, Julio Fracarolli. **Medidas de controle “in situ” do escoamento superficial em áreas urbanas: análise de aspectos técnicos e legais**. 2013. 183f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- CARDOSO, C. O. ULLMMAN, M. N. BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **R. Bras. Ci. Solo**, Lages- SC, 10p, 1998.
- CARVALHO, Daniel Fonseca. SILVA, Leonardo Duarte Batista. **Escoamento Superficial**. Hidrologia. ago./2006 Cap.7.
- CARVALHO, Daniel Fonseca. SILVA, Leonardo Duarte Batista. **Infiltração**. Hidrologia ago./2006 Cap.5.
- CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira. **Os descaminhos das águas na metrópole: A sacionatureza dos rios urbanos**. 2011. 200f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2011.
- CRUZ, M. A. S. TUCCI, C. E. M. Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 3. P. 59-71, jul./set. 2008.

FELIPE, Mayara Caroline. **Avaliação da eficiência e modelagem matemática da remoção de material particulado em canal gramado integrante de técnica compensatória construída em escala real**. 2014. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2014.

FERNANDES, Marcos Túlio. **Avaliação das técnicas de laboratório e campo para realização de ensaios de permeabilidade de solos**. 2017. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa- MG, Viçosa- MG, 2017.

FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 12, 2016, Tupã-SP. **Anais...** Tupã-SP: ANAP, 2016. 17p.

GAROTTI, L. M. BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Eng. Sanit. Ambient.**, São Carlos- SP, v. 15. N. 1, p. 19-28, jan/ mar de 2010.

GENOVEZ, A. M. ZUFFO, A. C. Chuvas intensas no estado de São Paulo: estudos existentes e análise comparativa. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Campinas- SP, v. 5, n. 3, p. 45-58, jul./set. 2000.

GOIÁS. Ministério da Saúde - Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília-DF, 2007, 407p.

GOIÁS. Ministério das Cidades- Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília-DF, 2007, 176p.

GOIÁS. Ministério do Meio Ambiente- Agência Nacional da Água. **Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos**. Brasília- DF, v. 1. 2011, 65f.

GOIÁS. Ministério do Meio Ambiente- Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília-DF, 2006, 302f. ISBN 85-7738-047-5.

LIBARDI, Paulo Leonel. **Dinâmica da água no solo**. 1. ed. São Paulo: Edusp, 2005.

LIMA, J. G. A. VIANA, P. C. SILVA, R. M. ALVINO, F, C, G. SILVA, G. D. Período de retorno das precipitações máximas para algumas cidades do Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró- RN, v.7, n. 5, p. 144-149, Dezembro de 2012.

LIRA, Andrea Monteiro. **Avaliação das Condições do sistema de macrodrenagem da cidade de São Carlos-SP**. 2003. 188f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2003.

LUCAS, A. H. SOBRINHA, L. A. MORUZZI R. B. BARBASSA, A. P. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a

permeabilidade da manta geotêxtil. **Eng. Sanit. Ambient.** Rio Claro-SP, v. 20, n. 1, p. 17-28, jan./mar.2015.

MATIAS, Gisele Adelita. **Modelo de apoio à decisão para priorização de medidas de controle de inundações urbanas.** 2011. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2011.

MOURA, Priscilla Macedo. **Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana.** 2004. 146f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte- MG, 2004.

OLIVEIRA, Muriel Batista. **Análise do desempenho de equações de infiltração e de métodos de determinação da capacidade de campo para solos em uma bacia hidrográfica de São José de Ubá-RJ.** 2005. 198f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro- RJ, 2005.

PARANÁ. Secretaria do Planejamento Estratégico. **Manual de drenagem urbana.** Toledo, 2017, 37p.

PAULINO, Paloma Fernandes. **Estudo sobre a sensibilidade dos parâmetros do método SCS na determinação de hidrogramas de cheia em bacias urbanas.** 2014. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2014.

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia aplicada.** Caxias do Sul, RS, 2004.

PEIXOTO, Paula Pinheiro Padovese. **Bases para aproveitamento e gerenciamento de recursos hídricos na região de Dourados – MS.** 2002. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu-SP, 2002.

PINTO, N. L. S. HOLTZ, A. C. T. MARTINS, J. A. GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica.** São Paulo- SP: Blücher, 1976. ISBN 978-85-212-0154-0

RIBEIRO, Alessandro Mendes. **BMP'S em drenagem urbana- aplicabilidade em cidades brasileiras.** 2014.104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RIO DE JANEIRO. Ministério dos Transportes – **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem.** Rio de Janeiro, 2005, 117p.

RIO GRANDE DO SUL. Prefeitura municipal de porto alegre DEP– departamento de esgotos pluviais. **PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA:** Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre, 2005, 159p.

SANTOS, Caio Lima. **Análise da suscetibilidade a ocorrência de enchentes e inundações na bacia do Rio Jaguaribe - João Pessoa/PB**. 2016. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2016.

SÃO PAULO. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. São Paulo, 1999, 289p.

SILVA, Cassio Roberto. **Geodiversidade do Brasil**: Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. 1. ed. Rio de Janeiro: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 2008.

SILVA, Daniele Feitoza. **Análise da influência de microrreservatórios em um loteamento e seus efeitos em escala de bacias**. 2016. 172f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2016.

SILVEIRA, André L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.) **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2013. p.35-52.

SILVEIRA, André L. L. LOUZADA, José. A. Beltrame, Lawson, F. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2013. p.335-372.

SILVEIRA, André Luiz Lopes. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.10, n. 1, p. 5-23, Jan./ Mar. 2005.

SIRIO, Daniel de Lima Nascimento. **Monitoramento e modelagem da recarga freática em técnica de drenagem compensatória**. 2014. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2014.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 1. p. 5-27, jan./mar. 2002.

TUCCI, Carlos E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2. p. 5-12, jul./dez. 1997.

TUCCI, Carlos, E. M. Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas. Centro-Oeste-DF, v. 1, 16p, 1-16, 1999.

TUCCI, Carlos, E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.5, n. 1, p.61-68, jan./ mar. 2000.