



**FAPAC - FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

GABRIELLA PEREIRA MOURA

**ELABORAÇÃO DO PROJETO DA REDE DE DRENAGEM URBANA NO BAIRRO
JARDIM AMÉRICA NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL – TO**

PORTO NACIONAL - TO

2017

GABRIELLA PEREIRA MOURA

**ELABORAÇÃO DO PROJETO DA REDE DE DRENAGEM URBANA NO BAIRRO
JARDIM AMÉRICA NO MUNICÍPIO DE 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.

Orientador (a): Prof. Me. Diogo Pedreira Lima

PORTO NACIONAL - TO

2017

GABRIELLA PEREIRA MOURA

**ELABORAÇÃO DO PROJETO DA REDE DE DRENAGEM URBANA NO BAIRRO
JARDIM AMÉRICA NO MUNICÍPIO DE 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 (a) Me. Larissa Jácome Barros Silvestre

Professor (a) Me. Ângelo Ricardo Balduino

PORTO NACIONAL

2017

RESUMO

O acelerado crescimento da urbanização acontecido nas últimas décadas, perceptivelmente nos países em crescimento, como o Brasil, é o fator determinante causador pela agravação dos contratempos associados às inundações nas cidades, intensificando a frequência e os pontos das cheias. As causas hidrológicas diretamente ocasionadas pela intensa urbanização são a quantidade do escoamento superficial direto e seus critérios de tempo, e a vazão do auge das cheias. A drenagem urbana é um problema que faz parte da realidade das cidades brasileiras, por conseguinte falta de planejamento urbano e crescimento desordenado de habitações, que ao decorrer o período chuvoso a população sofra com inundações e enchentes. O objetivo desse trabalho visa elaborar um projeto de drenagem urbana no Setor Jardim América do município de Porto Nacional – TO. A metodologia proposta consiste em um estudo de viabilidade da implantação do sistema de drenagem pluvial para o setor, como algumas sarjetas, bocas-de-lobo, galerias e tubulações. Com a finalização da presente pesquisa, espera-se oferecer soluções às problemáticas encontrada no setor Jardim América de Porto Nacional. Devido ao aumento da impermeabilização e a inexistência de meios legais e administrativos que possibilitam um controle das consequências da evolução da urbanização sobre as enchentes urbanas.

Palavras-chave: Urbanização. Drenagem Urbana. Impermeabilização.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Apresenta um esquema do ciclo hidrológico, identificando as diversas etapas que o compõem.....	10
Figura 2 - Pluviômetro	12
Figura 3 - Pluviógrafo	12
Figura 4 - Impermeabilização do solo	14
Figura 5 - escoamento superficial resultante das precipitações.....	17
Figura 6 - Erosão dos solos.....	20
Figura 7 - Assoreamento de rio por erosão dos solos.....	21
Figura 8 - Hidrograma da área urbanizada x área não urbanizada	22
Figura 9 - Processo de impacto da drenagem urbana	23
Figura 10 - Formas de redução e retenção em diferentes áreas urbanas.....	26
Figura 11 - Controle de medidas das inundações	28
Figura 12 - Normais de chuva máxima - 24 h e normais de precipitação mensal	30
Figura 13 - Classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção	32
Figura 14 – Projeto do sistema de drenagem urbana setor Jardim América.....	33
Figura 15 - Ensaio de infiltração.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVO..	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1 CICLO HIDROLÓGICO	10
3.2 PRECIPITAÇÃO.....	11
3.2.1 Formação das precipitações	11
3.2.2 Medições das precipitações.....	11
3.3 INTERCEPTAÇÃO	13
3.4 IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO	14
3.5 INFILTRAÇÃO.....	15
3.6 SATURAÇÃO DO SOLO.....	16
3.7 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	17
3.8 CARREAMENTO DO SOLO	18
3.9 EROÇÃO	19
3.10 ASSOREAMENTO DE RIO	20
3.11 DRENAGEM.....	22
3.11.1 Microdrenagem.....	23
3.11.2 Macrodrenagem.....	24
3.11.3 Drenagem subsuperficial (drenagem profunda).....	24
3.11.4 Drenagem é um problema de destinação de espaço	25
3.11.5 Medidas para o armazenamento das águas.....	25
3.11.6 Medidas estruturais e não estruturais.....	26
3.11.7 Planejamento em drenagem urbana	28
3.12 HIDROLOGIA URBANA	29
3.12.1 Precipitação de projeto	29
3.12.2 Estudo de chuvas intensas	29
3.13 OBRAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO (D/R).....	30
3.13.1 Dispositivos de armazenamento.....	31
4. METODOLOGIA	33
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	33
4.2 PLANO DE TRABALHO	33
5. ORÇAMENTO	35
6. CRONOGRAMA.....	36
7. RESULTADOS ESPERADOS	37
REFERÊNCIAS.....	38
ANEXO.....	42

1. INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento da urbanização acontecido nas últimas décadas, perceptivelmente nos países em crescimento, como o Brasil, é o fator determinante causador pela agravação dos contratempos associados às inundações nas cidades, intensificando a frequência e os pontos das cheias. Isto sucede devido a impermeabilização gradativa das bacias hidrográficas, e a apropriação inconveniente das regiões ribeirinhas aos fluxos d'água.

As causas hidrológicas diretamente ocasionadas pela intensa urbanização são a quantidade do escoamento superficial direto e seus critérios de tempo, e a vazão do auge das cheias. Cujas causas, são diretamente acometidas por mudanças no revestimento do solo, alterações hidrodinâmicas nos mecanismos de drenagem e invasões das várzeas.

Os padrões de normalização do uso e ocupação do solo visam prevenir contra fatores de ampliação dos deflúvios, representados pela impermeabilização intensiva da bacia de drenagem e pela ocupação das áreas ribeirinhas inundáveis, fatores que sobrecarregam a capacidade natural de armazenamento e o escoamento das calhas dos rios (CANHOLI, 2005).

A impermeabilização do solo, ocasiona a diminuição da infiltração e o aumento do escoamento superficial, causado pelos processos de cimentação, asfaltamento, calçamento de ruas e calçadas e outros, como a própria construção das edificações. Formam uma espécie de capa sobre o solo, impedindo que a água fique em contato com este e assim possa ser absorvida.

O processo de drenagem faz parte do conjunto de aprimoramentos públicos existentes em uma área urbana. Sendo necessário ressaltar que, o funcionamento de uma obra de drenagem estará sempre associado à quantificação e qualificação dos dados e informações básicas disponíveis, e ao conhecimento e experiência dos técnicos encarregados da concepção do projeto. A importância do sistema é que estabelecerá se as vantagens ou desvantagens à população tornarão maiores ou menores.

No Brasil, o planejamento dos sistemas de drenagem urbana, até então, está em segundo plano. A dificuldade principal reside na falta de gerenciamento dos aspectos de enchentes inserido no crescimento urbano (TUCCI, 1994).

A ausência de planejamento comparada à rápida ampliação das áreas urbanas, ao baixo nível de conscientização da população a respeito do problema das cheias urbanas, à utilização precária de parâmetros não-estruturais e à manutenção inapropriada ou ausente dos sistemas de controle de cheias, vem amplificar o efeito das cheias urbanas provocando, não apenas prejuízos materiais, como, também, problemas de saúde correspondente à contaminação das águas pluviais, e até mesmo a perda de vidas humanas.

Contudo, é de extrema importância que tenha no sistema de urbanização um planejamento para que problemas sociais, econômicos e ambientais não propiciem problemas resultantes da ocupação urbana e de ações da natureza (PHILLIPPI JR, 2005).

Portanto, o presente trabalho tem por objetivo elaborar um projeto de drenagem urbana no Setor Jardim América do município de Porto Nacional – TO.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um projeto de drenagem urbana no Setor Jardim América do município de Porto Nacional – TO.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um projeto de drenagem;
- Propor medidas corretivas que estejam compatíveis com as metas e objetivos globais da região;
- Propor medidas compatíveis, se necessário;

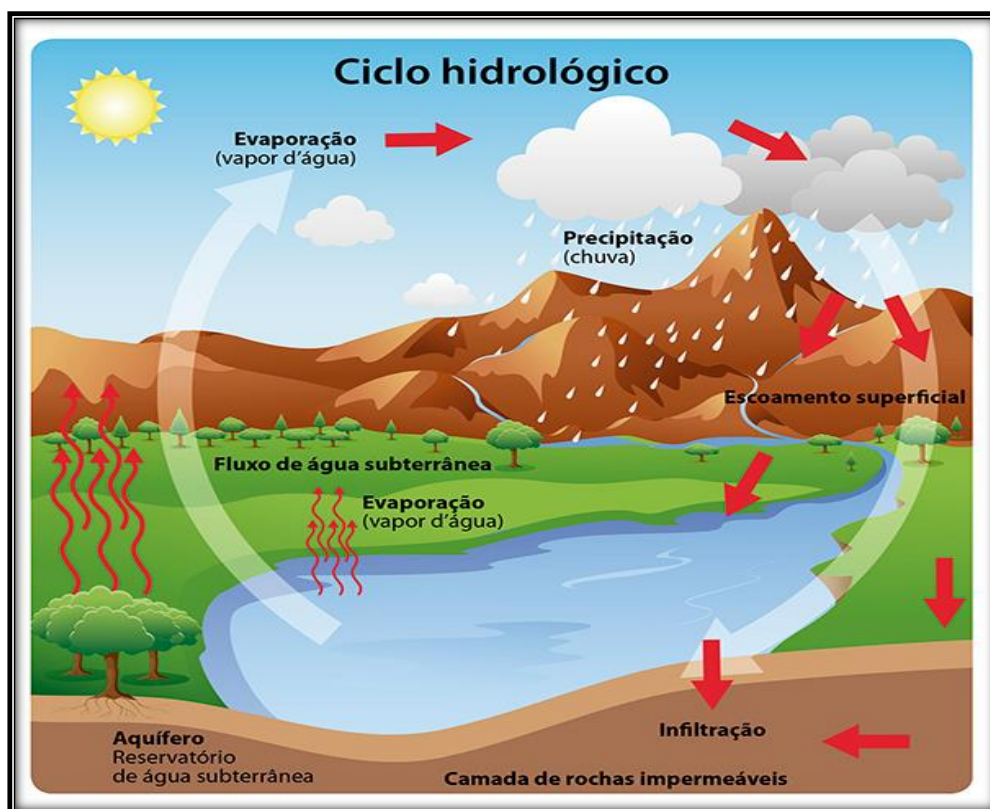
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

Segundo Righetto (1998) intitula-se ciclo hidrológico, mostrado na Fig. 1, o processo natural de evaporação, condensação, precipitação, retenção e escoamento superficial, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamentos fluviais e interações dentre os constituintes.

Esse ciclo possui o sol como principal fonte de energia, através de sua radiação, e o campo gravitacional terrestre como a principal força atuante. Embora o ciclo hidrológico possa parecer um ciclo contínuo, com a água se movendo de uma forma permanente e com uma taxa constante, é na realidade bem diferente, pois o movimento que a água faz em cada uma das fases do ciclo ocorre de forma bastante aleatória, variando tanto no espaço como no tempo (PINTO et al., 1976).

Figura 1 - Apresenta um esquema do ciclo hidrológico, identificando as diversas etapas que o compõem



Fonte: Universia Enem, (2017).

3.2 PRECIPITAÇÃO

Precipitação é a água oriunda do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob qualquer forma: chuva, granizo, neblina, neve, orvalho ou geada. Retrata assim o elo de ligação entre os demais fenômenos hidrológicos e fenômeno do escoamento superficial (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

3.2.1 Formação das precipitações

Elementos necessários a formação:

- Umidade atmosférica (devido à evapotranspiração);
- Mecanismo de resfriamento do ar (ascensão do ar úmido): quanto mais frio o ar, menor sua capacidade de suportar água em forma de vapor, o que culmina com a sua condensação. Pode-se dizer que o ar se resfria na razão de 1°C por 100 m, até atingir a condição de saturação;
- Presença de núcleos higroscópios;
- Mecanismo de crescimento das gotas:

3.2.2 Medições das precipitações

Expressa-se a quantidade de chuva (h) pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se aparelhos denominados pluviômetros Fig. 2 ou pluviógrafos Fig. 3, conforme sejam simples receptáculos da água precipitada ou registrem essas alturas no decorrer do tempo (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Pluviômetro mede a totalidade da precipitação pela leitura do nível do líquido, chuva que caiu e ficou retida no frasco graduado. Normalmente, a leitura é feita uma vez ao dia e às 7 horas da manhã. Como a leitura é de toda precipitação que ocorreu no período de 24 horas, a medida é de x mm/dia. Não dá para medir a intensidade da chuva em minutos de ocorrência (BOTELHO, 2011).

Figura 2 - Pluviômetro



Fonte: Fernando Kitzinger, (2017).

Pluviógrafo é um coletor (funil) associado a um tanque receptor e um registrador, que registra num gráfico a evolução de quantidade de água que cai. O equipamento possui um dispositivo de tempo que permite o registro da intensidade em função do tempo (BOTELHO, 2011).

Figura 3 - Pluviógrafo



Fonte: Fernando Kitzinger, (2017).

3.3 INTERCEPTAÇÃO

Segundo Botelho (2011), do total precipitado, parte é interceptada pela vegetação, parte evapora, parte infiltra, parte é absorvida pela vegetação e eliminada pela transpiração e ainda uma parte fica retida em depressões do solo.

É um processo fortemente dependente das características das precipitações, das condições climáticas, da densidade da vegetação, da estrutura e arquitetura do dossel e do comportamento fisiológico das plantas durante o ano (TUCCI, 2000).

Ainda de acordo com Tucci (1993), a retenção de parte do escoamento também pode ocorrer por depressões do solo, mas não pode ser considerada uma interceptação propriamente dita, já que parte do volume retido retorna ao fluxo da bacia através da infiltração.

Define-se interceptação como a retenção de parte da precipitação acima da superfície do solo, o que pode ocorrer devido à vegetação ou outras formas de obstrução, sendo normalmente considerada apenas a primeira. A maior parte do volume de água interceptado é então “perdida” através da evaporação, ou seja, “deixa” de gerar escoamento superficial por evaporar (PAZ, 2004).

Dependendo do estudo hidrológico desenvolvido, a interceptação pode ser desprezível ou ser considerada embutida junto com outras perdas em um termo ou coeficiente único. Entretanto, dependendo principalmente do tipo e densidade da cobertura vegetal na bacia e das características da precipitação, o volume retido na vegetação pode ser bem significativo e merecer um tratamento específico no processo de transformação chuva-vazão (PAZ, 2004).

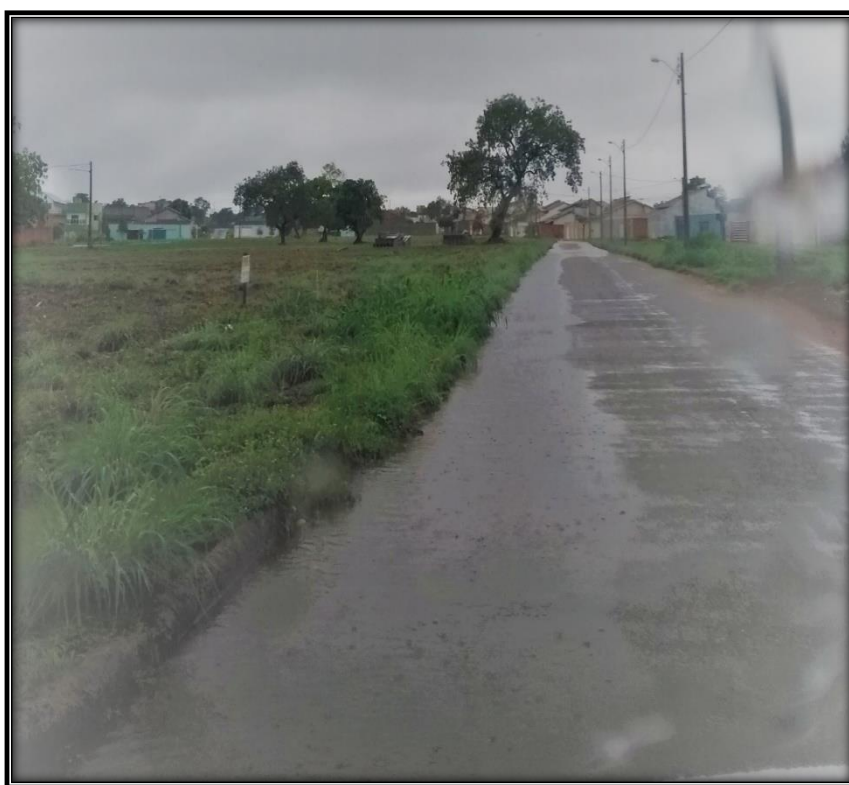
Segundo Jarvis e Stewart, (1978) a evaporação da água interceptada ocorre a uma taxa cerca de 3 vezes maior do que a transpiração, sob as mesmas condições ambientais. Desta forma, uma fração da perda por interceptação resulta numa correspondente diminuição na demanda da transpiração, ou seja, na retirada da água do solo.

O processo de interceptação da água da chuva pelas florestas desempenha importante papel na hidrologia de uma dada área. Colaborando, também, para a diminuição proporcional na demanda da água do solo (PAZ, 2004).

3.4 IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO

A impermeabilização do solo, ocasiona a diminuição da infiltração e o aumento do escoamento superficial. Causado pelos processos de cimentação, asfaltamento, calçamento de ruas e calçadas e outros, observado a seguir na Fig. 4, como a própria construção das edificações, formam uma espécie de capa sobre o solo, impedindo que a água fique em contato com este e assim possa ser absorvida (CANHOLI, 2005).

Figura 4 - Impermeabilização do solo



Fonte: Moura, (2017).

A questão da impermeabilização do solo tem sido registrada frequentemente na legislação urbanística, nos processos de planejamento urbano e na gestão dos recursos hídricos, ressaltando ainda a sua importância como indicador de sustentabilidade urbana (KAUFFMANN, 2005).

De acordo com Canholi (2005), as ações de regulamentação do uso e ocupação do solo visam precaver contra os fatores de ampliação dos deflúvios, representados pela impermeabilização intensiva da bacia de drenagem e pela

ocupação das áreas ribeirinhas inundáveis, fatores estes que sobrecarregam a capacidade natural de armazenamento e o escoamento das calhas dos rios.

De acordo com Tucci et al (2001), a impermeabilização dos solos influencia substancialmente nas vazões máximas e mínimas dos mananciais, assim como das águas pluviais. Os altos picos de vazão são responsáveis pela alta frequência de inundações e enchentes.

3.5 INFILTRAÇÃO

O processo de infiltração é a penetração da água nas camadas de solo próximas à superfície do terreno, movendo-se para baixo, através de vazios, sob a ação da gravidade, até atingir uma camada suporte que a retém, formando então o teor de umidade de um solo. Por essa razão, torna-se uma das etapas mais importantes no ciclo hidrológico, uma vez que, é responsável pela recarga de aquíferos e influencia diretamente o escoamento superficial e, conseqüentemente a erosão hídrica (TUCCI; BELTRAME, 2000).

O solo apresenta capacidade finita de infiltração de água, a partir da qual a taxa de enxurrada tende a se igualar nos diferentes tipos de preparo. Por outro lado, a técnica de semeadura direta tem proporcionado acúmulo de nutrientes na superfície do solo (SCHICK et al., 2000).

Segundo Tucci e Beltrame (2000), em decorrência de precipitações naturais, a infiltração não é capaz de saturar todo o solo, conformando um perfil típico, onde o teor de água disponível decresce com a profundidade. Assim sendo, o padrão de distribuição da água em um solo uniforme, submetido a uma pequena carga hidráulica na superfície se divide por quatro zonas:

- **Saturação** – camada estreita (com espessura de ~1,5cm) localizada logo abaixo do solo saturado;
- **Transição** – camadas caracterizadas pelo decréscimo acentuado da umidade com uma espessura em torno de 5 cm;
- **Transmissão** – é a região do solo na qual a água é transmitida. Tem uma espessura flexível e associada às disponibilidades hídricas do solo. Ou seja, enquanto todas as zonas permanecem com espessura praticamente constante, esta aumenta à medida que há aplicação de água;

- **Umedecimento** – é uma região caracterizada por uma camada usualmente pequena, mas com grande redução de umidade com o aumento da profundidade.

Em suma, a infiltração da água em um solo depende:

- **Umidade do solo** – quanto mais saturado estiver o solo, menor será a infiltração;
- **Tipo do solo** – a granulometria do solo condiciona a sua permeabilidade. Quanto mais fino for o solo menor será a infiltração;
- **Ocupação da superfície** - os processos de urbanização e devastação da vegetação diminuem drasticamente a quantidade de água infiltrada ocorrendo o contrário com a aplicação de técnicas adequadas de terraceamento e manejo do solo;
- **Topografia** - declives acentuados favorecem o escoamento superficial direto diminuindo a oportunidade de infiltração;
- **Depressões** - a existência de depressões provoca a retenção da água diminuindo a quantidade de escoamento superficial direto. A água retida infiltra no solo ou evapora.

3.6 SATURAÇÃO DO SOLO

O processo de saturação do solo ocorre quando a parcela do volume de água é “impedida” de escoar, ficando armazenada em depressões do solo, após a precipitação e o escoamento superficial, formando poças, ou mesmo áreas maiores como lagoas e banhados, situados em áreas mais baixas do terreno. Também conhecido por retenção superficial (PAZ, 2004).

De acordo com Tucci (1993) em áreas rurais isso pode ser observado após uma enchente, quando áreas sem drenagem criam pequenas lagoas. O processo de retenção superficial varia especialmente em função do relevo (inclinação do terreno e depressões), tipo de solo (permeável ou não) e cobertura do solo (áreas urbanas, matas, campos, etc.).

Como o lençol freático fica alto, logo após a enchente, a saída de água dá-se principalmente pela evaporação, diminuindo a vazão média da bacia. Isso é mais grave em solos que se impermeabilizam com a umidade, como o argiloso (TUCCI, 1993).

Segundo Paz (2004), em bacias urbanas, podem ser projetados reservatórios de retenção, para concentrar água da precipitação, reduzindo os condutos de drenagem pluvial. A retenção superficial é de difícil quantificação, sabendo que, para grandes bacias serem analisadas as curvas de nível do terreno e empregadas técnicas de sensoriamento remoto, como a interpretação de imagens de satélite, para identificação e estimativa das áreas mais baixas do terreno, onde provavelmente podem ser acumulados volumes de água.

3.7 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

À medida que a precipitação atinge o solo e vai sendo armazenada nas depressões do solo e infiltrando até saturá-lo, o escoamento superficial fica mais intenso (PORTO, 1995). A capacidade de transporte do escoamento é incrementada pelo impacto das gotas de chuva (FOSTER, 1982).

Em decorrência do escoamento superficial e pelo afluxo de água do subsolo, ou escoamento de base, forma-se o volume total de água transportado pelo canal de um curso de água. No entanto, o escoamento superficial resultante das precipitações, retratado na Fig. 5, é considerado o componente preponderante na formação de cheias ou aumento de vazões dos cursos de água (PINTO et al., 1973).

Figura 5 - Escoamento superficial resultante das precipitações



Fonte: Alessandro Samuel, (2017).

A variação da vazão de um curso de água, decorrente de precipitação ocorrida na bacia de contribuição correspondente, pode ser avaliada, por exemplo, por meio de aparelhos apropriados, como os linígrafos, que registram as alturas das lâminas de água no decorrer do tempo (TUCCI, 2002).

A hidrografia obtida a partir da curva-chave do curso de água retrata as flutuações de vazão em função do tempo e possibilita separar o escoamento superficial do escoamento de base (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

O volume de água decorrente do escoamento superficial depende de fatores de natureza geológica, climática e fisiográfica da região (PENMAN, 1963), tais como: a área da bacia hidrográfica, a existência de declividades acentuadas e depressões retentoras de água, o tipo e o teor de água do solo, a cobertura vegetal, a quantidade e a intensidade de precipitação, entre outros.

Segundo Bertol et al. (2001), com as diferentes práticas de manejo do solo e de cultivos, tende com o tempo, a ter sua estrutura original alterada pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com consequente redução no volume de macroporos e aumento no volume de microporos e na densidade do solo. Em decorrência disso, observa-se diminuição da taxa de infiltração de água no solo, com consequente aumento das taxas de escoamento superficial e de erosão hídrica.

Resumindo, em um corpo d'água o escoamento tem como origem as seguintes componentes:

- Precipitação direta sobre a superfície do corpo d'água;
- Escoamento superficial nas vertentes da bacia;
- Escoamento subsuperficial;
- Escoamento subterrâneo.

3.8 CARREAMENTO DO SOLO

A intensidade, duração e quantidade de chuva, influenciam o carreamento superficial e a infiltração no solo. O movimento superficial da água no solo inicia-se quando a intensidade da chuva excede a taxa de infiltração (LEONARD, 1989).

As características topográficas do terreno, associada à forma de manejo do solo (por exemplo, terraceamento, curvas de nível, aração), e o tipo de solo influenciam o carreamento superficial. Outro fator importante é a umidade do solo, uma vez que,

os poros se preenchem com água, esta pode facilitar a migração instantânea do solo, podendo, então, ser mais facilmente carregado (LEONARD, 1989).

3.9 EROSÃO

De acordo com Bertol et al., (2007) a erosão hídrica, por ser seletiva, preferencialmente transportados sedimentos mais finos, de menor diâmetro e de baixa densidade, constituídos sobretudo de colóides minerais e orgânicos e normalmente enriquecidos de elementos minerais.

Segundo Koski-Vähälä e Hartikainen (2001) Grandes quantidades de sedimentos em suspensão, especialmente os coloidais, beneficiam o transporte de nutrientes por erosão hídrica. Com isso, os ambientes localizados fora da área de origem da erosão são degradados pelo aumento da turbidez e da eutrofização das águas. Isso acontece porque os sedimentos finos mostram alta atividade química e, em geral, são altamente enriquecidos de nutrientes (BERTOL et al., 2007).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1985), os diferentes sistemas de cultivo propiciam diferentes condições finais de exposição do solo aos agentes erosivos, causando diferentes graus de proteção contra as perdas de água e solo, assim, o manejo do solo tem grande influência no processo erosivo.

A erosão hídrica é considerada a que mais tem afetado a capacidade produtiva dos solos, facilitada e acelerada pelo homem com suas práticas inadequadas de manejo agrícola (CARVALHO, et al., 2002). A retirada da vegetação e a exposição do solo à ação direta das chuvas ou irrigação causam perdas de solo e de água além de alterações em alguns de seus atributos físicos e químicos. Lombardi Neto e Bertoni (1975), comentam ainda que, a cobertura vegetal, sobretudo as restegas culturais, absorve a energia cinética da chuva, não restando energia residual para provocar a desagregação do solo.

A vegetação além de aumentar a quantidade de água interceptada, amortecer a energia do impacto das gotas de chuva, reduzir a desagregação dos solos, a obstrução dos poros, também, condiciona o selamento superficial do solo (PRUSKI et al. 1997). Comentam ainda, que a erosão terrestre pode ser um fenômeno natural ou causado pelo ser humano, expressado através da (Fig. 6), e acontece quando há um deslocamento de terra e das rochas da superfície, causando alterações no relevo.

Figura 6 - Erosão dos solos



Fonte: Lia Vieira, (2017).

A velocidade do escoamento superficial é reduzida com a presença de cobertura vegetal na superfície devido ao aumento da rugosidade hidráulica do percurso ao longo do qual ocorre o escoamento. Devido à cobertura do solo oferecer-lhe proteção contra o impacto das gotas de chuva e, ainda, ao fato de o solo ser menos resistente ao escoamento devido ao preparo, o que está de acordo com Pruski et al. (1997). Esses autores comentam que, quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver a superfície do solo contra a ação da chuva, tanto menor será a propensão de ocorrência de erosão.

A resistência dos solos à erosão hídrica mostra grande amplitude devido à variabilidade climática que influi na erosividade das chuvas e à variedade de solos com características diferenciadas que, de modo consequente, retratam na erodibilidade, tornando arriscado estimar seu valor com base unicamente na classificação do solo (EL-SWAIFY; DANGLER, 1982).

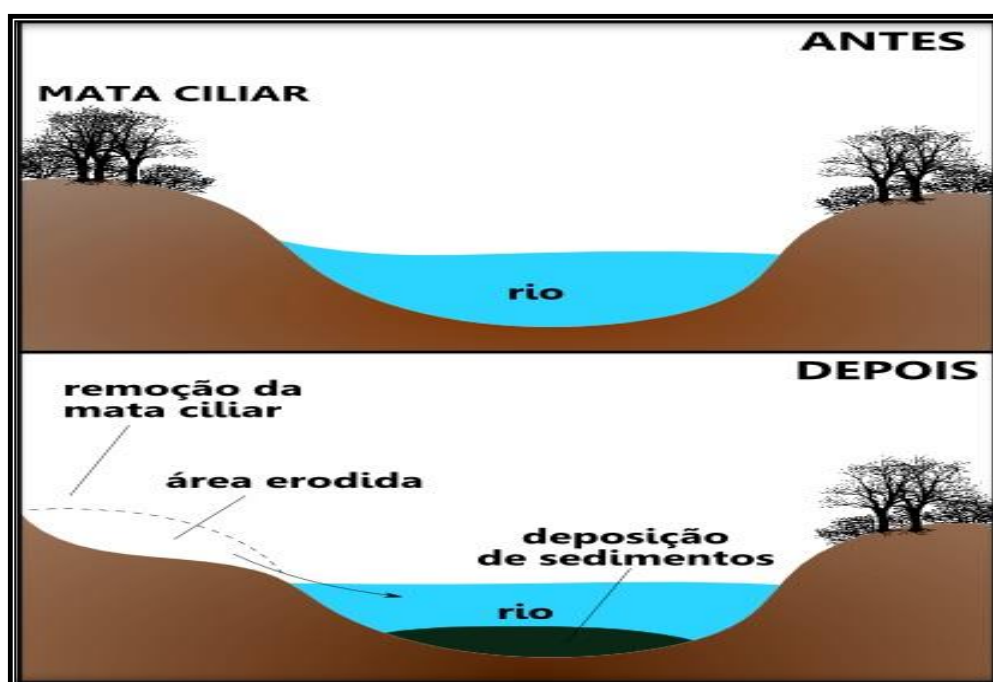
3.10 ASSOREAMENTO DE RIO

O assoreamento é causado pela perda do solo através de fatores erosivos, oriundos, sobretudo das atividades agropecuárias em áreas de preservação permanente, ocasionando diminuição de sua vazão, intervindo no seu ciclo hidrológico, e comprometendo a disponibilidade de água tanto em quantidade quanto

em qualidade. Acredita-se que uma das causas principais que vem potencializando o assoreamento do rio e seus afluentes seja a ausência da cobertura ciliar (FERREIRA et al., 2012).

De acordo com Tucci et al. (2009), a qualidade de água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição, e que o controle sobre as fontes de poluição se dá basicamente através do tratamento de águas residuárias sanitárias e industriais. Entretanto, as alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas também com as alterações que ocorrem na vegetação e solo, podendo ser vista na Fig. 7 que mostra o assoreamento dos rios por erosão dos solos.

Figura 7 - Assoreamento de rio por erosão dos solos



Fonte: Mundo Educação, 2017.

Ferreira et al. (2012), mostra que ao longo do Rio Mundaú e afluentes também ocorre extração clandestina de areia, transportada por animais devidamente equipados, sendo esta a única forma econômica de vida para muitos trabalhadores que exercem essa atividade. Assim afirmou a Secretária Municipal de Obras e Urbanismo – SMOU (2012). No entanto, a atividade é exercida sem qualquer técnica ou critério, destruindo a vegetação ciliar, comprometendo a biodiversidade,

promovendo a perda de solo pela instabilidade das margens, erosão e carregamento de sedimentos contribuindo para o assoreamento do corpo hídrico.

3.11 DRENAGEM

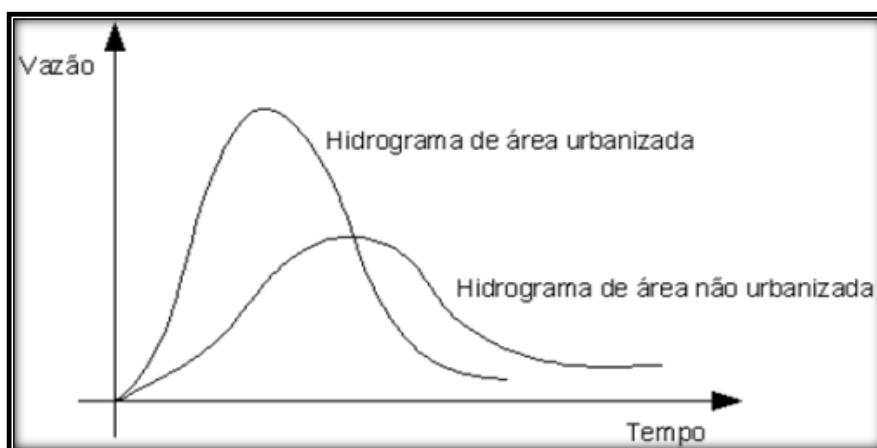
Diante de outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem possui uma particularidade: o escoamento das águas das intempéries sempre ocorrerá, independentemente de haver ou não sistema de drenagem adequado. A eficiência desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores (RAMOS et al., 1999).

De certo modo, uma característica única do sistema de drenagem é a demanda não permanente, somente durante e após a ocorrência de tormentas, divergindo com outros melhoramentos públicos que são basicamente de uso contínuo (TUCCI, 1995).

A drenagem urbana é um problema que faz parte da realidade das cidades brasileiras, por conseguinte falta de planejamento urbano e crescimento desordenado de habitações, que ao decorrer o período chuvoso a população sofra com inundações e enchentes (TUCCI, 1995).

É de extrema importância que tenha no sistema de urbanização um planejamento para que problemas sociais, econômicos e ambientais não propiciem problemas resultantes da ocupação urbana e de ações da natureza (PHILLIPPI JR, 2005). A seguir na Fig. 8, será mostrado a relação da área urbanizada e área não urbanizada.

Figura 8 - Hidrograma da área urbanizada x área não urbanizada



Fonte: Tucci, (2002).

A drenagem urbana tem sido criada com o princípio de drenar a água das precipitações o mais rápido possível para jusante, causando o aumento da frequência e magnitude das enchentes. Este aumento traz consigo o acréscimo de lixo e a deteriorização da qualidade da água (TUCCI, 2005). Será apresentado na Fig. 9 o processo desordenado da urbanização com impacto da drenagem urbana.

Figura 9 - Processo de impacto da drenagem urbana



Fonte: Tucci, (2002).

3.11.1 Microdrenagem

A microdrenagem ou, ainda, coletor de águas pluviais, engloba a coleta e deslocamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, constituindo-se de pavimentos das ruas, galerias, bocas de lobo, poço de visita, meios-fios, sarjetas, condutos forçados, estações de bombeamento, acrescidos por técnicas compensatórias com foco na infiltração – trincheiras e células de estocagem e infiltração (MOREIRA; BAPTISTA, 2017).

Ainda de acordo Moreira e Baptista (2017), desse modo, a drenagem das vias é desempenhada pelas sarjetas, sendo previstas trincheiras nas faixas verdes ao

longo de toda a extensão do sistema, as trincheiras permitem um maior espaçamento das bocas de lobo, uma vez que, parte do escoamento superficial é por elas absorvido.

Este sistema é dimensionado para escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno. Para o correto funcionamento do sistema de microdrenagem necessita fundamentalmente de uma execução cuidadosa das obras, além de manutenção frequente, com limpeza e desobstrução das bocas de lobo e das galerias antes das épocas chuvosas (BIDONE; TUCCI, 1995).

O controle de escoamento na microdrenagem especificamente utilizada, consiste em drenar a área desenvolvida através de condutos pluviais até um coletor principal ou riacho urbano. Esse tipo de solução acaba transportando para jusante o aumento do escoamento superficial com maior velocidade, uma vez que o tempo de deslocamento do escoamento é menor que nas condições pré-existentes. Dessa maneira, acaba ocasionando inundações nos troncos principais ou na macrodrenagem (TUCCI, 2005).

3.11.2 Macrodrenagem

É composto, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de grandes dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu desempenho adequado resulta a prevenção ou diminuição dos danos à saúde, dos danos às propriedades e perdas de vida das populações atingidas, ora em consequência direta das águas, ora por doenças de veiculação hídrica (PORTO, 1995).

3.11.3 Drenagem subsuperficial (drenagem profunda)

É a técnica de remoção da água que adentrou no terreno, e, com isso, por vezes gera danos a pavimentos e aumenta as forças sobre muros de arrimo. Essa água subsuperficial é retirada por valetas ou drenos, abaixando o lençol freático (BOTELHO, 2011).

Esses procedimentos inserem-se no contexto do controle do escoamento superficial direto, possuindo especialmente como base o aspecto orientado para o acréscimo da condutividade hidráulica do processo de drenagem (PORTO, 1995).

3.11.4 Drenagem é um problema de destinação de espaço

O volume de água existente em um dado instante numa área urbana não pode ser comprimido ou diminuído. É uma necessidade de espaço que deve ser considerada no processo de planejamento. Caso o armazenamento natural é limitado pela urbanização ou outros usos indevidos do solo, as águas das cheias buscarão outros espaços para seu trânsito, sendo capaz de atingir inevitavelmente locais em que isso não seja desejável (RAMOS et al., 1999).

3.11.5 Medidas para o armazenamento das águas

Segundo Ramos et al. (1999), as vertentes modernas desse controle, que já vêm amplamente utilizadas ou preconizadas internacionalmente, passam a dar ênfase ao enfoque orientado para a estocagem das águas por estruturas de retenção ou retenção. Essa perspectiva é mais indicada a áreas urbanas ainda em andamento, sendo capaz de ser utilizado também em áreas de urbanização permanente desde que existam locais (superficiais ou subterrâneas) apropriados para a implantação dos armazenamentos apresentados. Este conceito não dispensa, contudo, a suplementação por sistemas de micro e macrodrenagem.

Sua finalidade é a de efetuar a estocagem temporária das águas de escoamento superficial direto no ponto de origem, ou próximo deste, e consecutiva liberação tardia dessas águas para jusante no sistema de galerias ou canais. Este enfoque minimiza os danos e a interrupção das atividades tanto dentro da área de projeto quanto a jusante (TUCCI, 1995).

Na Fig. 10 apresenta, respectivamente, algumas medidas para redução ou retardamento do escoamento superficial direto.

Figura 10 - Formas de redução e retenção em diferentes áreas urbanas

Área	Redução	Retardamento do deflúvio direto
Telhado plano de grandes dimensões	1.armazenamento em cisterna 2.jardim suspenso 3.armazenamento em tanque ou chafariz	1.armazenamento no telhado, empregando tubos condutores verticais estreitos 2.aumentando a rugosidade do telhado: 3.cobertura ondulada 4.cobertura com cascalho
Estacionamento	1.pavimento permeável 2.cascalho 3.furos no pavimento impermeável	1.faixas gramadas no estacionamento 2.canal gramado drenando o estacionamento 3.armazenamento e detenção para áreas impermeáveis: 4.pavimento ondulado 5.depressões 6.bacias
Residencial	1.cisternas para casas individuais, ou grupo de casas. 2.passeios com cascalho 3.áreas ajardinadas em redor 4.recarga do lençol subterrâneo: a) tubos perfurados b) cascalhos (areia) c) valeta d) cano (tubo) poroso e) poços secos f) depressões gramadas	1.reservatório de detenção 2.utilizando gramas espessas (alta rugosidade) 3.passeios com cascalhos 4.sarjetas ou canais gramados. 5.aumentando o percurso da água através de sarjeta, desvios,etc.
Geral	1.vielas com cascalhos 2.calçadas permeáveis 3.canteiros cobertos com palhas ou folhas	1.vielas com cascalhos

Fonte: Ramos et al., (1999).

3.11.6 Medidas estruturais e não estruturais

Levando em conta as técnicas de controle do escoamento superficial direto, é constantemente feita uma distinção entre duas medidas que se complementam: as estruturais e as não estruturais (ANDRADE, 2004).

As estruturais constituem-se por medidas físicas de engenharia destinadas a desviar, impedir, diminuir ou escoar com maior rapidez e baixos níveis as águas do

escoamento superficial direto, impedindo assim os danos e interrupções das atividades causadas pelas inundações (MACEDO, 2004).

Compreendem, em sua maioria, obras hidráulicas de porte com aplicação maciça de recursos. Entretanto, não são projetadas para propiciar proteção absoluta, pois estas seriam física e economicamente inviáveis na maioria das situações. O envolvimento do público é indispensável para o sucesso dessa implantação (MACEDO, 2004). Essas medidas são geralmente obras de grande porte que tem como papel principal afastar as águas precipitadas e podem ser:

- Obras de microdrenagem:
- Galerias de águas pluviais;
- Obras de macrodrenagem:
- Canalização de córregos;
- Limpeza e desassoreamento de córregos;
- Diques de contenção;
- Readaptação de obras de galerias e de travessias;
- Bacias de retenção (piscinão).

Segundo Andrade (2004), as não estruturais, recusam a utilização de estruturas que modificam o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São reproduzidas, praticamente, por medidas destinadas ao controle do uso e ocupação do solo (nas várzeas e nas bacias) ou à redução da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco dos impactos das inundações. Fazendo parte do planejamento urbano a médio e longo prazos, porém de menores custos e maiores efeitos, como exemplo pode-se citar:

- Regulamentação da ocupação e do uso do solo;
- Programas de informação e de educação ambiental;
- Sistema de prevenção e alarme de eventos de enchente.

Ainda de acordo com Andrade (2004), a inexistência do suporte de medidas não estruturais é apontada, atualmente, como uma das maiores causas de problemas de drenagem nos centros mais desenvolvidos. A utilização balanceada de investimentos, tanto em medidas estruturais quanto não estruturais, pode minimizar significativamente os prejuízos causados pelas inundações.

Serão apresentados na Fig. 11, de maneira sucinta, exemplos de medidas de controle das inundações.

Figura 11 - Controle de medidas das inundações

Medidas Estruturais				
Aumento da capacidade de escoamento das calhas	Diques marginais ou anulares			
	Melhoria das calhas (aumento da seção transversal, desobstruções e retificações)			
Redução das vazões de cheias	Canalização (melhoria da calha e revestimento, substituição da calha por galeria / canal, canal de desvio)			
	Reservatórios nos cursos d'água principais			
	Medidas para controle do escoamento superficial direto:	Medidas para retenção das águas pluviais	Medidas locais (armazenamento em telhados, cisternas, bacias de retenção em parques, etc.) Medidas fora do local (armazenamento em leitos secos ou em reservatórios implantados em pequenos cursos d'água)	
		Medidas para infiltração das águas pluviais	Medidas locais (poços, trincheiras, bacias de infiltração, escoamento dirigido para terrenos gramados, etc)	
Medidas Não Estruturais				
	Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale)			
	Proteção contra inundações (medidas de proteção individual das edificações em áreas de risco)			
	Seguro contra inundações			
	Sistemas de alerta, ações de defesa civil, relocações			

Fonte: Ramos et al., (1999).

3.11.7 Planejamento em drenagem urbana

O planejamento, no seu sentido mais vasto, é a atividade que tem como propósito solucionar os problemas de uma comunidade através de ponderações ordenadas, que circundam a partir da concepção inicial até um programa de obras,

considerando um espaço determinado e fixando um determinado período para o seu desenvolvimento completo (TUCCI, 2003).

O planejamento da drenagem urbana deve ser feito de forma integrada, considerando os demais progressos urbanos e os planos regionais, quando estes existirem. Sendo feito sob critérios bem estabelecidos, oriundos de uma política de administração pública apoiada em regulamentos adequados. Essa política e esses regulamentos devem sempre atender às peculiaridades locais, físicas, econômicas, sociais e institucionais (BOTELHO, 2011).

A falta de um planejamento destinado a solucionar os problemas de drenagem urbana sob o ponto de vista da bacia hidrográfica, a inexistência de meios legais e administrativos que possibilitam um controle das consequências da evolução da urbanização sobre as enchentes urbanas, e a concepção inadequada da maioria dos projetos de drenagem urbana colaboram para o agravamento do problema (RAMOS et al., 1999).

Possuindo como importante vantagem do planejamento, quando praticado ao sistema de drenagem urbana, uma conquista simultânea de baixos custos e melhores resultados (TUCCI, 2003).

3.12 HIDROLOGIA URBANA

3.12.1 Precipitação de projeto

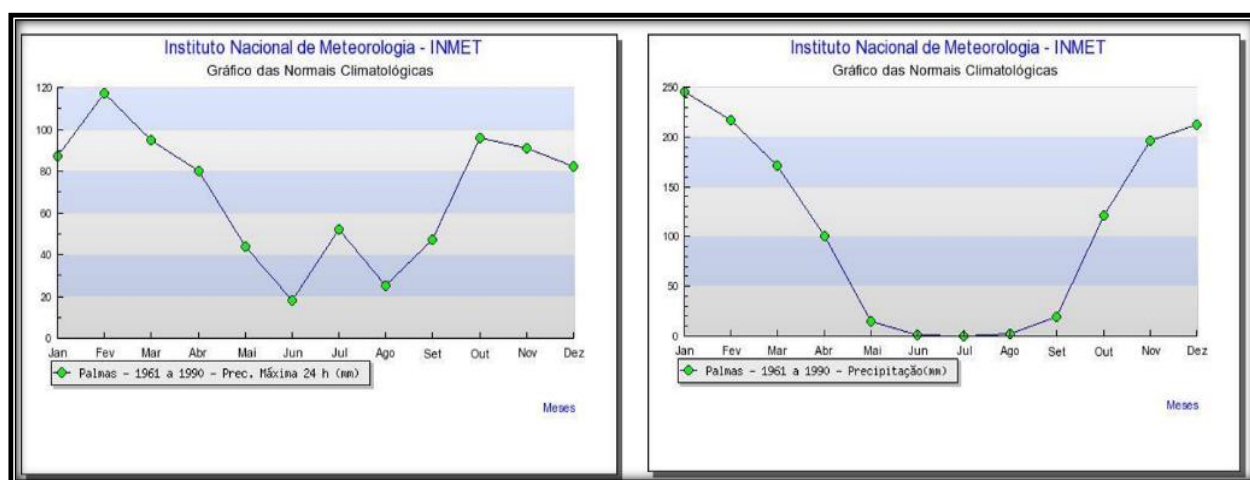
Estudos de drenagem urbana circundam, praticamente, cursos d'água de pequeno ou médio porte despreparados de registros fluviométricos, nos quais a estimativa das vazões de projeto é feita com base nos dados de chuvas intensas que ocorrem nas respectivas bacias (CANHOLI, 2005).

3.12.2 Estudo de chuvas intensas

A construção e o manuseio das obras de drenagem urbana, como barragens, galerias, canais, bacias de retenção e outros, envolvem custos associados a riscos. Uma medição correta deve transparecer uma segurança efetiva à população e uma execução justa dos recursos públicos (BRASIL, 2000).

A cidade de Porto Nacional tem um clima tropical bem definido, no caso a estação chuvosa ou úmida e a estação seca ou de estiagem. No primeiro período, que vai de outubro a abril, as precipitações são intensas (com normais maiores que 80 mm/24 h) e sua recorrência quase que diária. O índice de precipitação total tem uma média de 1622 mm/ano, com a maior parte concentrada em 150 dias e uma diferença de precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso de 258 mm. Nos meses de abril a outubro, as chuvas são muito reduzidas, inclusive elas inexistem entre junho e agosto. A Fig. 12 exibe as normais de precipitação para a estação de Palmas do INMET (cód: 83033 / Latitude-10,18° / Longitude -48,3° / Altitude 280 m), que mostra a redução dos totais precipitados para os meses de verão, com normais de chuva máxima de 24h e normais de precipitação mensal (BRASIL, 2000).

Figura 12 - Normais de chuva máxima - 24 h e normais de precipitação mensal



Fonte: Brasil, (2000).

3.13 OBRAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO (D/R)

Obras de retenção são obras que concedem a estocagem de águas de escoamento superficial, normalmente secas, projetadas para "deter" provisoriamente as águas, durante e imediatamente após um evento. São exemplos de dispositivos de retenção: valas naturais em levantamento transversal atuando como estrutura de controle, depressões naturais ou escavadas, caixas ou reservatórios subsuperficiais, armazenamento em telhado e bacias de infiltração (RAMOS et al., 1999).

Obras de retenção são obras que concedem a estocagem de águas de escoamento superficial com o objetivo de dar uma destinação destas águas retidas para fins recreativos, estéticos, abastecimento, ou outros propósitos. A água de escoamento superficial é provisoriamente armazenada acima do nível normal de retenção, durante e imediatamente após um evento de precipitação. São exemplos de dispositivos de retenção, reservatórios e pequenos lagos em áreas públicas, comerciais ou residenciais (RAMOS et al., 1999).

3.13.1 Dispositivos de armazenamento

A função básica dos dispositivos de armazenamento é a de retardar as águas precipitadas sobre uma dada área, de modo a contribuir para a redução das vazões de pico de cheias em pontos a jusante. Compreendem dois tipos distintos que são os de controle na fonte e os de controle a jusante (RAMOS et al., 1999).

Os dispositivos de **controle na fonte** são instalações de pequeno porte colocadas próximas ao local de origem do escoamento superficial de modo a permitir uma utilização mais eficiente da rede de drenagem a jusante.

Os dispositivos de **controle a jusante**, por outro lado, envolvem um menor número de locais de armazenamento. As obras de armazenamento podem, por exemplo, estar localizadas no extremo de jusante de uma bacia de drenagem de porte apreciável, ou mesmo numa sub-bacia de porte também expressivo.

Para melhor esclarecer a terminologia acima apresentada são descritos adiante, com mais pormenores os diferentes tipos de dispositivos existentes. A Fig. 13 dá uma visão geral dos diferentes tipos de dispositivos de armazenamento ou retenção normalmente utilizados:

Figura 13 - Classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção

Controle na fonte	Disposição local	1. Leitos de infiltração 2. Bacias de percolação 3. Pavimentos porosos
	Controle de entrada	1. Telhados 2. Estacionamentos
	Detenção na origem	1. Valas 2. Depressões secas 3. Lagos escavados 4. Reservatórios de concreto 5. Reservatório tubular
Controle a jusante	Detenção em linha	1. Rede de galerias 2. Reservatório tubular 3. Reservatório de concreto 4. Túnel em rocha 5. Reservatório aberto
	Detenção lateral	1. Reservatórios laterais

Fonte: Ramos et al., (1999).

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho irá caracterizar uma área de estudo, localizado no Setor Jardim América, do município de Porto Nacional - TO, mostrado na Fig. 14, Este trabalho faz parte de um projeto mais extenso de estudo sobre sistema de visando uma metodologia de impermeabilização do solo. drenagem urbana para cidade de pequeno a médio porte.

Figura 14 – Projeto do sistema de drenagem urbana setor Jardim América



Fonte: Google maps, (2017).

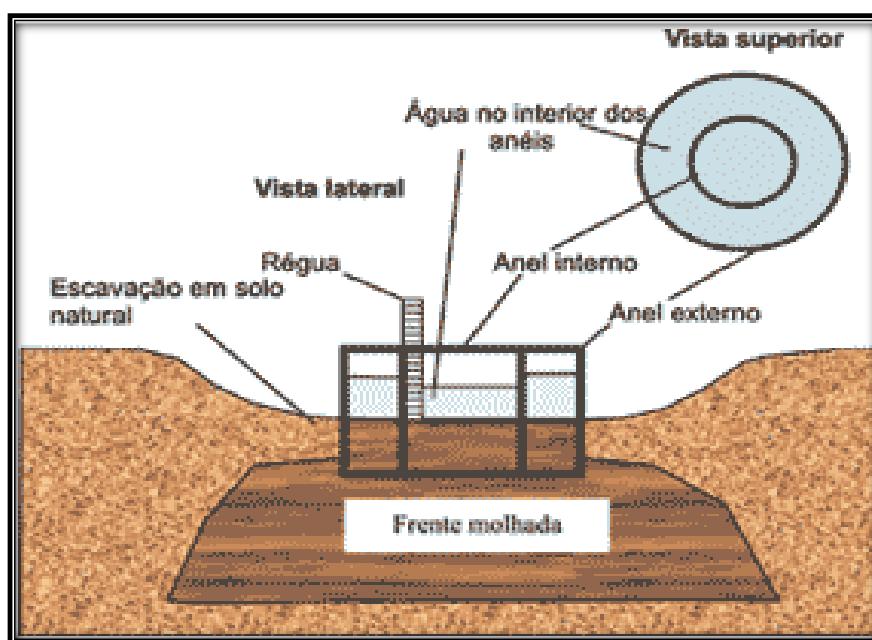
4.2 PLANO DE TRABALHO

A metodologia proposta para este trabalho consiste em um estudo de viabilidade da implantação do sistema de drenagem pluvial para o setor, como algumas sarjetas, bocas-de-lobo, galerias e tubulações.

Para isso será feito o ensaio de infiltração, que consiste basicamente de dois cilindros concêntricos e um dispositivo de medir volumes da água aduzida ao cilindro interno. Os cilindros apresentam 20 e 40 cm de diâmetro, ambos com 20 cm

de altura. Devem ser instalados concentricamente e enterrados no solo, o suficiente para que não haja perda de água. Para isso, as bordas inferiores devem ser em bisel a fim de facilitar a penetração no solo.

Figura 15 - Ensaio de infiltração



Fonte: Elshadai Consultoria, (2017).

Os ensaios de percolação em solos ou mais comumente conhecidos como ensaios de infiltração ou simplesmente testes de infiltração são executados com a finalidade de determinar a capacidade de absorção de água em solos das áreas de interesse para a engenharia onde se pretende a implantação de determinado empreendimento.

Esses ensaios são serviços precedentes a elaboração dos projetos e/ou execução das obras, e servem basicamente para orientar a elaboração do projeto ou a execução das obras, bem como necessários para aprovação desta junto a órgãos de licenciamento ambiental.

Será realizado o projeto de drenagem, analisar e adaptar o existente se for necessário, através do software AutoCAD com o intuito de propor medidas para diminuir o risco de inundação para a população.

5. ORÇAMENTO

Quadro 1 - Orçamento de gastos com recursos materiais e humanos

GASTOS COM RECURSOS MATERIAIS			
Itens	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Equipamentos Para Ensaio de Infiltrabilidade	01	1.436,40	1.436,40
Equipamentos Para Ensaio de Caracterização	01	3.500,00	3.500,00
Notebook	01	3.000,00	3.000,00
Combustível	01	150,00	150,00
Resma A4	01	23,50	23,50
Toner de impressora	02	15,00	30,00
Encadernações	03	3,00	9,00
SUBTOTAL			8.148,90

Obs. Os equipamentos serão cedidos pela ITPAC e pela empresa P&M engenharia.

6. CRONOGRAMA

Quadro 2 - Cronograma de elaboração de projeto

[illegible]

7. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se oferecer soluções às problemáticas encontrada no setor Jardim América de Porto Nacional gerando um projeto para o setor. Que assim como os outros bairros sofre de um aumento da impermeabilização, e dificuldade de executar projetos e obras que possibilitam um controle de enchentes urbanas de acordo com a evolução da urbanização.

REFERÊNCIAS

ALESSANDRO SAMUEL, **Escoamento Superficial**. Disponível em: http://3.bp.blogspot.com/_ENHv1rrGPYU/StzbWTwHDuI/AAAAAAAAA28/gDzYqXNASn4/s320/AguaCaat6s6a.jpg. Acessado em: 28/10/2017.

ANDRADE, J. P. M. Medidas não Estruturais. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras** – USP/EESC, 2004.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. **Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo**. Scientiae Agrícola, Piracicaba, v.58, n.3, p.555-60, 2001.

BERTOL, O.J.; RIZZI, E.N.; BERTOL, I.; ROLOFF, G. **Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica**, Revista Brasileira de Ciência do Solo [en linea] 2007, 31 (Agosto-Sin mes) : [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2017] Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214056018> ISSN 0100-0683

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392 p.

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

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais na cidades**/ Manoel Henrique Campos Botelho; colaboração especial Angelo S. Filardo Júnior – 3. Edição revista e sensivelmente ampliada – São Paulo, Blucher, 2011, v.3, p.110-111.

BRASIL. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**. Censo 2000. 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo>. Acesso em 05/11/2017.

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

CARVALHO, D.F.; MONTEBELLER, C.A.; CRUZ, E.S.; CEDDIA, M.B.; LANA, A.M.Q. **Perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho-Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.3, p.385-9, 2002.

ELSHADAI CONSULTORIA. **Ensaio de Infiltração**. Disponível em: <http://www.elshadaiconsultoria.com.br/img/2.jpg>. Acessado em: 09/11/2017.

EL-SWAIFY, S.A.; DANGLER, E.W. **Rainfall erosion in the tropics: a state of art.** In: KREBS, D.M. (Ed.). **Determinants of soil loss tolerance.** Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.1-25.

FERNANDO KITZINGER. **Pluviógrafo.** Disponível em: <http://www.efecade.com.br/wpcontent/uploads/2013/06/PLUVIOMETRO-1.jpg>. Acessado em: 30/09/2017.

FERNANDO KITZINGER. **Pluviômetro.** Disponível em: http://1.bp.blogspot.com/-Slau-AX--oo/TfZbkD4wWWI/AAAAAAAAAAU/3DF4aS46c-w/s1600/IMG_0853.JPG. Acessado em: 30/09/2017.

FERREIRA, E.P., FERREIRA, J.T.P., PANTALEÃO, F.S., FERREIRA, Y.P. **Desafios para a gestão da bacia hidrográfica do rio mundaú - diagnóstico ambiental de trechos da bacia localizada no estado de alagoas.** Revista ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, - 2012. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/desafios.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

FOSTER, G.R. **Modeling the erosion process.** In: HAAN, C.T.; JOHNSON, H.P.; BRAKENSIEK, D.L. (Ed.). **Hydrologic modeling of small watersheds.** St. Joseph: American Society of Agricultural Engineering, 1982. p.297-380. (Monograph, 5).

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia.** 2.ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1988. 291 p. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf> acesso em: 29/10/2017.

JARVIS, P. O. & STEWART, J. . **Evaporação de água da floresta de plantação. No Ecologia das plantações florestais de idade tranquila.** IUFRO, Edimburgo, 1978.

KAUFFMANN, Márcia O. e PIMENTEL DA SILVA, Luciene. **Taxa de impermeabilização do solo: um recurso para a implementação da bacia hidrográfica como unidade de planejamento urbano integrado à gestão dos recursos hídricos.** XI encontro nacional da associação nacional de pós-graduação de pesquisa e planejamento urbano e regional - AMPUR, Salvador, BA, 2005. Disponível em: <http://www.xienanpur.ufba.br/332.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2017.

KOSKI-VÄHÄLÄ, J. & HARTIKAINEN, H. **Assessment of the risk of phosphorus loading due to resuspended sediment.** J. Environ. Qual., 30:960-966, 2001.

LEONARD, R. A. **Herbicides in surface water.** In: GROVER, R. **Environmental chemistry of herbicides.** Boca Raton : CRC Press, 1989. p. 45-87

LIA VIEIRA. **Erosão do solo.** Disponível em: <https://estudokids.com.br/wp-content/uploads/2015/02/erosao-tipos-causadores-e-como-prevenir.jpg>. Acessado em: 15/10/2017.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1975. 12 p. (Boletim Técnico, 27).

MACEDO, R. F. Medidas Estruturais Intensivas. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras** – USP/EESC, 2004.

MOREIRA, D. e BAPTISTA, M. **Incorporação de técnicas compensatórias em projeto de microdrenagem**. XI Encontro Nacional de Águas Urbanas, Belo Horizonte, 5 a 7 de Julho de 2017.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Assoreamento de Rio**. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/esquema-de-assoreamento-de-rios.jpg>. Acessado em: 20/10/2017.

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

PENMAN, H.L. **Vegetation and hydrology**. London: Commonwealth Agricultural Bureau, 1963. 124 p. (Technical communication, 53)

PHILLIPPI JR, ARLINDO. **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole 2005. 842 p. (Coleção Ambiental; II)

PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. **Hidrologia de superfície**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 179 p

PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia Básica**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 304 p

PORTO, M. F. A. **Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas**. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.387-414.

PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; SANTOS, W.L.; RODRIGUES, L.N.; ANTUNES, V.L. **Infiltração da água no solo**. Viçosa - MG: Engenharia na Agricultura, 1997. 26 p. (Caderno Didático, 25).

RAMOS, C.L. et al. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**, SP, 1999.

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC-USP, 1988. 840p

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JUNIOR, A.A. & BATISTELA, O. **Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico**. R. Bras. Ci. Solo, 24:437-447, 2000

SMOU – **Secretária Municipal de Obras e Urbanismo**. Dados obtidos em Fevereiro de 2012.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH, 952p., 1993.

TUCCI, C. E. M., **Estudos Hidrológicos e Hidrodinâmicos no rio Iguaçu na RMC**, COMEC/PROSAM, 2 vols, 1994.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. et al. **Drenagem Urbana**, Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre, 1995, 428 pg.

TUCCI, C.E.M. e BELTRAME, L.F. **Infiltração e armazenamento no solo**, 2ª Ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade, 2000a.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, 2ª Ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade, p.335-372, 2000b.

TUCCI, C.E.M. et al. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 2001.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 256 p

TUCCI, C.E.M. Inundações e drenagem urbana. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, p. 45-150. 2003

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

TUCCI, C. E. M. et al. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 4ª edição, 944p. Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH. (Coleção da ABRH de Recursos Hídricos; 4.v).2009.

UNIVERSIA ENEM. Disponível em:

<https://www.sistemanovi.com.br/basenovi/image/ConteudosDisciplinas/77/251/1888/301828/ciclo-hidrologico.png>. Acessado em: 30/09/2017.

ANEXO