



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Walérya da Costa Reis

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ESTRUTURA DE INFILTRAÇÃO
PARA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL: CASO PRÁTICO REALIZADO
NO ESTACIONAMENTO DO CEULP/ULBRA

Palmas – TO

2019

Walérya da Costa Reis

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ESTRUTURA DE INFILTRAÇÃO
PARA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL: CASO PRÁTICO REALIZADO
NO ESTACIONAMENTO DO CEULP/ULBRA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. MSc. Denis Cardoso Parente.

Palmas – TO

2019

Walérya da Costa Reis

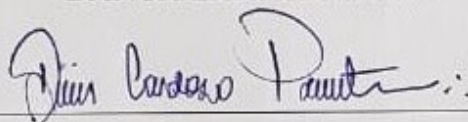
ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ESTRUTURA DE INFILTRAÇÃO
PARA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL: CASO PRÁTICO REALIZADO
NO ESTACIONAMENTO DO CEULP/ULBRA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. MSc. Denis Cardoso Parente.

Aprovado em: 13 / 11 / 2019

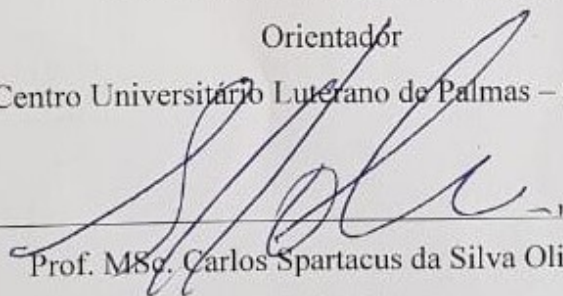
BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc. Denis Cardoso Parente

Orientador

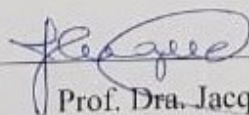
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. MSc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dra. Jacqueline Henrique

Avaliadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

Dedico este trabalho aos meus pais Simião Inácio Reis (*In memoriam*) e Jací da Costa Reis, e ao meu querido tio Teonil Saraiva (*In memorian*).

AGRADECIMENTOS

E no fim deste ciclo, chega o momento de agradecer a todos que estiveram ao meu lado no decorrer desta caminhada, deixo aqui minha eterna gratidão!

Agradeço primeiramente ao Nosso Deus, por toda proteção, sabedoria, força e saúde para seguir firme nessa caminhada.

A minha família e de forma especial ao meu querido e eterno pai Simião Inácio Reis (*In memoriam*), por todo o carinho, educação e o imenso amor que teve por mim durante os meus 14 anos de vida. À minha querida e amada mãe Jaci da Costa Reis, por todo amor, carinho e dedicação, por todas as suas orações para que diante as dificuldades eu prosseguisse com Fé. Aos meus amados irmãos Walber da Costa Reis e Walkírya da Costa Reis por toda ajuda, companheirismo e por sempre torcerem por mim durante esta caminhada. Vocês são tudo em minha vida!

À minha prima Rubiane e seu esposo Thiago, pelo o apoio e motivação que sempre demonstraram por mim.

Ao meu tio Manoel Inácio e toda a sua família, à minha madrinha Jocinda e seus filhos, por todo o amor e carinho que sempre recebi de vocês.

A minha tia Jacira Sousa Costa, por todo o carinho e por ser uma base para minha mãe no momento da ausência dos filhos, minha eterna gratidão.

Ao meu primo e amigo Carlos Henrique, por todo seu apoio emocional e palavras de conforto em todos os momentos.

Ao amigo Merison Antonov, por todo o apoio e incentivo que recebi durante todo o curso.

As minhas melhores amigas de infância e de vida Amanda Borges e Hemilly Katriny, por toda amizade e companheirismo de sempre, amo vocês!

Aos amigos e colegas de faculdade, em especial os amigos Lucas Pereira, Kainnã, Jhonatan e Thaywnna. Vocês foram fundamentais para essa conquista.

Aos professores do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, pelo conhecimento transmitido que foi base pra essa qualificação profissional.

Ao professor MSc. Denis Cardoso Parente, pela confiança dedicação, e por todas as instruções necessárias para a realização deste trabalho.

A todos que de forma direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

*“Ora, a fé é o firme fundamento das coisas
que se esperam, e a prova das coisas que se
não vêem.”*

Hebreus 11:1

RESUMO

REIS, Walérya da Costa. **Análise da Utilização de Dispositivos de Estrutura de Infiltração Para Redução de Escoamento Superficial: Caso Prático Realizado no Estacionamento do CEULP/ULBRA.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2019.

Um dos maiores problemas criados pela a intensa e constante ocupação urbana nas cidades são os alagamentos e enchentes ocasionados por elevados volumes de chuvas. Estes problemas trazem consigo não somente alteração nas funções do ciclo hidrológico, o que resulta na deterioração da capacidade de infiltração natural que o solo possui, podendo gerar prejuízos econômicos para toda população causados por grandes volumes de água que gera uma vazão mais elevada, além de agir como um veículo hídrico de agentes capazes de contaminar e/ou gerarem doenças. Para reduzir ou eliminar estes problemas foram criadas técnicas de infiltração que são capazes de proporcionar ao solo medidas de absorção das águas provenientes das chuvas. Este trabalho empenha-se em propor dois métodos de redução de vazão na fonte que possui a função de reduzir vazões máximas e volumes de escoamento o que pode melhorar o desempenho do escoamento superficial e a qualidade da água. Estas técnicas serão utilizadas em um estudo de caso prático que será realizado no estacionamento do campus do CEULP/ULBRA, localizado na cidade de Palmas - TO, que no período de chuva ocasiona um grande acúmulo de água na superfície. É analisado nesta pesquisa se os dispositivos irão ajudar na redução do problema existente no campus e analisar sua eficiência. Para encontrar as soluções propostas por estes sistemas foi realizada uma pesquisa teórica dando ênfase a importância do ciclo hidrológico e do planejamento da drenagem urbana, além de uma análise geral da área de contribuição e da área que será implantado o dispositivo dimensionado, assim como também uma confrontação de custos e viabilidade para a implantação dos sistemas de projeto e uma análise comparativa entre os dois modelos.

Palavras chaves: ciclo hidrológico; drenagem urbana; escoamento superficial; vazão; dispositivos.

ABSTRACT

REIS, Walérya da Costa. **Analyze of Devices Utilization of Infiltration Structure for Reduction of Superficial Flow: Practical Case Performed in the CEULP/ULBRA Parking Lot.** Essay for course conclusion (Graduation in Civil Engineering) - Lutheran University Center of Palmas, Palmas, 2019.

One of largest problem caused by the intense and constant urban occupation in the cities it is the flood caused by high levels of rainfall. These problems bring not only alteration in the hydrologic circle functions; which outcomes in the deterioration of the natural infiltration capacity of the soil, it can generate economic injuries to all population caused by large volumes of water that generates a higher flow, it also acts as a water vehicle for agents capable of contaminating and/or generating diseases. For reducing and eliminate theses problems, it has been created infiltrations techniques able to proportionate for the soil measures for water absorption prevenient from rain. This paper engages itself in propose two methods of reducing the font flow rate that hast the function of reducing maximum flow rate and disposal volume that might be improved the superficial disposal performance and the quality of the water. These techniques will be used in a practical study and it will be performed in the CEULP/UBLBRA campus parking lot, placed in the city of Palmas-TO, for during the rain season the large accumulation of water in its surface. It is analyzed in this research if the devices will aid in the reduction of the existent problem in the Campus and analyze its efficiency. To find out the solutions for this proposal to these systems it was performed a theorical research emphasizing the importance of the hydrologic circle and urban drainage planning, besides a general area contribution analyze and of the area that will be implanted the dimensioned device. So also, as a costs confrontation and viability for the implantation of the project system and a comparative analyze between two models.

Key words: hydrologic circle; urban drainage; superficial flow, flow; devices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processos ocasionados pela urbanização	17
Figura 2: Porcentagem da população que vive em área urbana, por região	17
Figura 3: Ciclo Hidrológico.....	18
Figura 4: Alterações hidrológicas com a urbanização.....	20
Figura 5: Seção esquemática de colchão drenante.	29
Figura 6: Seção esquemática da vala de infiltração.....	30
Figura 7: Mapa de localização de Palmas - TO.....	32
Figura 8: Localização CEULP/ULBRA, Plano Diretor Sul, Palmas – TO	32
Figura 9: Imagem foto aérea do CEULP/ULBRA	33
Figura 10: Estacionamento do CEULP/ULBRA em período de chuva	37
Figura 11: I Estacionamento do CEULP/ULBRA em período de chuva	38
Figura 12: Área do estacionamento do campus.....	39
Figura 13: Área disponível para implantação e área inicial de base	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Processos do ciclo hidrológico	19
Tabela 2: Fases de desenvolvimento das águas urbanas	22
Tabela 3: Processos do ciclo hidrológico	27
Tabela 4: Valores típicos de coeficientes de infiltração, baseados na textura do solo	28
Tabela 5: Fatores de segurança para o coeficiente de infiltração	29
Tabela 6: Porosidade efetiva para materiais típicos	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais técnicas de controle de drenagem urbana.....	24
Quadro 2: Principais técnicas compensatórias utilizadas em drenagem urbana	24
Quadro 3: Cálculo de vazão com a contribuição da área do estacionamento, com diferentes intervalos de tempo.....	40
Quadro 4: Dados para o dimensionamento.....	41
Quadro 5: Dimensionamento para a altura máxima – colchão drenante.....	41
Quadro 6: Tempos de esvaziamentos – colchão drenante	41
Quadro 7: Dimensionamento para a altura máxima – vala de infiltração	42
Quadro 8: Tempos de esvaziamentos – vala de infiltração	42
Quadros 9: Volume do dispositivo gerado por área	43
Quadros 10: Volume do dispositivo gerado por área	43
Quadro 11: Planilha Orçamentaria para o sistema Colchão Drenante	44
Quadro 12: Planilha Orçamentaria para o sistema Vala de infiltração.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores correspondente ao orçamentos dos sistemas.....	46
Gráfico 2: Custo/m ³ entre Colchão Drenante e Vala de Infiltração	47

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Vazão de Contribuição	26
Equação 2: Intensidade de Chuva.....	34
Equação 3: Altura Máxima do dispositivo Colchão Drenante	35
Equação 4: Tempo de Esvaziamento do dispositivo Colchão Drenante	35
Equação 5: Coeficiente a	36
Equação 6: Coeficiente b	36
Equação 7: Altura Máxima do dispositivo Vala de Infiltração	36
Equação 8: Tempo de Esvaziamento do dispositivo Vala de Infiltração	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e Despesas Indireta
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade, Duração e Frequência
LVA	Latossolo Vermelho Amarelo
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PDDPA	Plano Diretor de Drenagem Pluvial
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
TR	Tempo de Concentração
Tc	Tempo de Concentração
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 DESENVOLVIMENTO URBANO.....	16
2.1.1 DESENVOLVIMENTO URBANO NO BRASIL.....	17
2.2 CICLO HIDROLÓGICO	18
2.3 EFEITOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO NO CICLO HIDROLÓGICO	20
2.4 DRENAGEM URBANA.....	21
2.5 CHUVA DE PROJETO.....	25
2.6 VAZÃO DE PROJETO.....	25
2.7 PARAMETROS PARA DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE INFILTRAÇÃO	28
2.8 COLCHÃO DRENANTE	30
2.9 VALAS DE INFILTRAÇÃO	30
3. METODOLOGIA.....	31
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.2 FASES DA PESQUISA	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.1.1 Resultado das vazões	40
4.2 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS.....	41
4.2.1 Colchão Drenante	41
4.2.2 Vala de Infiltração	42
4.3 ORÇAMENTO	43
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
5. CONCLUSÃO.....	48
6. REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICES	52
ANEXOS.....	57

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente e constante ocupação urbana e suas ações através de construções como telhadas, ruas, estacionamentos e demais infraestruturas impermeáveis, trás alteração nas funções do ciclo hidrológico, o que resulta na deterioração da capacidade de infiltração natural que o solo possui.

Uma das funções cabíveis no ciclo hidrológico é a infiltração que está ligada com a capacidade do escoamento do solo. Diante das manifestações humanas (ocupações, desmatamentos e entre outros), está característica natural do solo, não trabalha de forma correta o que impulsiona ao surgimento de enchentes e na degradação das águas pluviais (Tucci *et al.* 2000).

A importância de um planejamento urbano neste caso mostra que a utilização de técnicas de estruturas de infiltração, é capaz de moderar os impactos ocasionados pela falta de infiltração do solo. Outro fato cabível no planejamento é a preservação de ambientes que ainda mantem sua cobertura vegetal natural e com isso é capaz de infiltrar e escoar de forma correta as águas pluviais.

O sistema de drenagem urbana tem como objetivo remover tecnicamente o excesso de águas superficiais e até mesmo profundas. Algumas estruturas de infiltração têm como função reduzir vazões máximas e volumes de escoamento o que pode melhorar o desempenho do escoamento superficial e a qualidade da água.

Com os problemas de drenagens ocasionados pela impermeabilização do solo, surgiu a necessidade de desenvolver técnicas de infiltração que fossem capazes de proporcionar ao solo medidas de absorção de águas provenientes das chuvas (BRITO *et al.* 2016).

Para Brito *et al.* (2016) um tipo de dispositivo utilizado como estrutura de infiltração é o Colchão Drenante, que tem o intuito de suprir a falta de infiltração natural do solo, fazendo com que a capacidade de escoar de determinado ambiente seja reestruturada.

CARVALHO, *et al.* (2014) diz que as valas de infiltrações são dispositivos capazes de drenar e que são utilizadas como medidas compensatórias na drenagem, armazenando temporariamente as águas, e assim permitindo que a água infiltre no decorrer do sistema.

Diante deste contexto, será abordado nesse trabalho a utilização destas técnicas para infiltração e diminuição do escoamento superficial, na área do estacionamento do Centro Universitário Luterano de Palmas, com intuito de apresentar as melhorias provenientes da aplicação e utilização desses dispositivos de drenagem para a população acadêmica do centro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo sobre a utilização do dispositivo de redução de vazão como estrutura de infiltração de drenagem pluvial, buscando reduzir os problemas de escoamento superficial existentes no estacionamento do campus do CEULP/ULBRA.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar a vazão de contribuição da área do estacionamento do CEULP/ULBRA.
- Dimensionar sistema de redução de vazão na fonte.
- Analisar a viabilidade de implantação de dispositivo de drenagem.

1.2 JUSTIFICATIVA

Diante do crescimento da população urbana e de suas demasiadas construções, os problemas com drenagem são quase que inevitáveis. A cidade de Palmas – TO, apesar de ser um ambiente planejado, sofre com problemas de drenagem urbana. Há locais específicos na cidade que são constantemente alagados em períodos chuvosos.

O presente trabalho visa aplicar as técnicas de sistema de infiltração que são o colchão drenante e a vala de infiltração como dispositivos de drenagem, buscando analisar se estes métodos são viáveis e quais benefícios podem ser extraídos quando os dispositivos forem aplicados.

Sabe-se que a falta de tecnologia para este tipo de problema é um dos fatores que implica tantos casos de enchentes nos grandes centros urbanos. Desta forma a utilização destes tipos de dispositivos tem como medida principal diminuir a água acumulada, assim gerando mais conforto e segurança para a população.

Em decorrências dos problemas que existem na cidade de Palmas – TO, o estudo será aplicado no estacionamento do CEULP/ULBRA, que fica localizado na cidade e também sofre com questões de grandes vazões em decorrências de grandes volumes de chuva. Com a utilização dos sistemas de infiltração, será analisada a redução de escoamento superficial.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESENVOLVIMENTO URBANO

A urbanização está elencada a uma grande aglomeração de pessoas em um determinado ambiente, de modo que nos últimos tempos foi possível observar que houve um grande aumento deste processo no mundo. Para (SILVA, 2015) a concentração humana ocorreu na transição entre o humano nômade para o sedentário, tendo assim um local para abrigar-se e dispor de alimentos e assim gerando uma vivência mais cômoda. Diante desta aglomeração também trouxe os problemas ocasionados pelo uso e ocupação do solo.

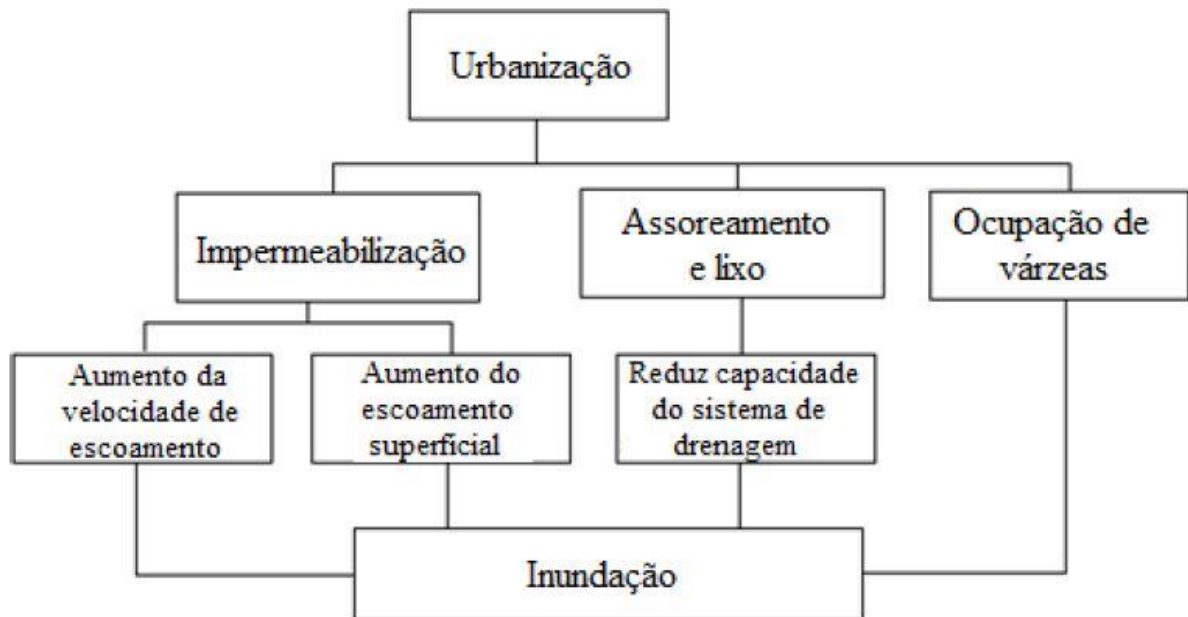
O fator socioeconômico visa aumentar cada vez mais o processo de urbanização, e este crescimento provoca consequências ambientais ocasionadas pelo desmatamento, ocupação de ambientes inapropriados, falta de planejamentos e outros fatores que podem impulsionar tais consequências.

Para Silva (2015) o processo da urbanização é considerado um dos principais fatores de que vem a alterar o comportamento das bacias hidrográficas. Ainda segundo Silva (2015 *apud* Tucci, 2007) a bacia hidrográfica é definida como uma fonte de captação natural de água, onde possa afluir o escoamento para um local de saída. O tempo de concentração (T_c) é o tempo em que a água oriunda da chuva cai sobre a bacia até o seu exutório.

Logo qualquer alteração realizada no processo natural ocasiona modificações nas condições naturais no uso do solo, interferindo na quantidade a água que vai infiltrar escoar e evaporar, alterando assim o tempo de concentração.

Os impactos ocasionados pelo processo de urbanização nos sistemas de drenagem estão relacionados ao aumento de escoamento superficial, nas reduções de evapotranspiração e do escoamento subterrâneo, no aumento do material sólido oriundo de lixo existente nas ruas o que provoca uma deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, rebaixamento do lençol freático. Estes efeitos podem ser definidos na sequência expressa na figura 1, onde visa mostrar as consequências de interferência nos setores naturais e urbano (SILVA 2015 *apud* Tucci, 2007).

Figura 1: Processos ocasionados pela urbanização.



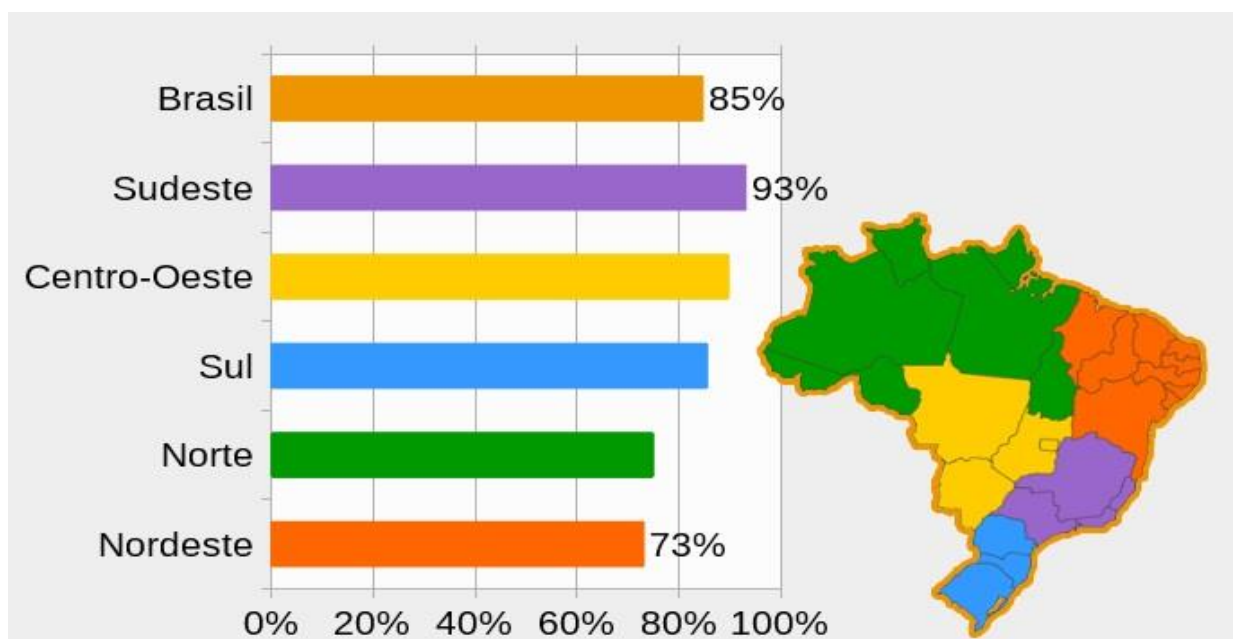
Fonte: Silva (2015).

2.1.1 DESENVOLVIMENTO URBANO NO BRASIL

O Brasil possui hoje segundo o IBGE uma população de 208,4 milhões de habitantes. Dados do PNAD de 2015 aponta que a grande maioria da população brasileira cerca de 84,72% reside em áreas urbanas e os 15,28% restantes em zonas rurais.

A figura 2 apresenta a porcentagem da população que reside em zona urbana.

Figura 2: Porcentagem da população que vive em área urbana, por região (2015).



Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2015.

De acordo com o portal IBGE Educa entre as décadas de 1970 e 1980 o país passou por um intenso processo de êxodo rural, o que engrandeceu a constante deslocação da população para as cidades.

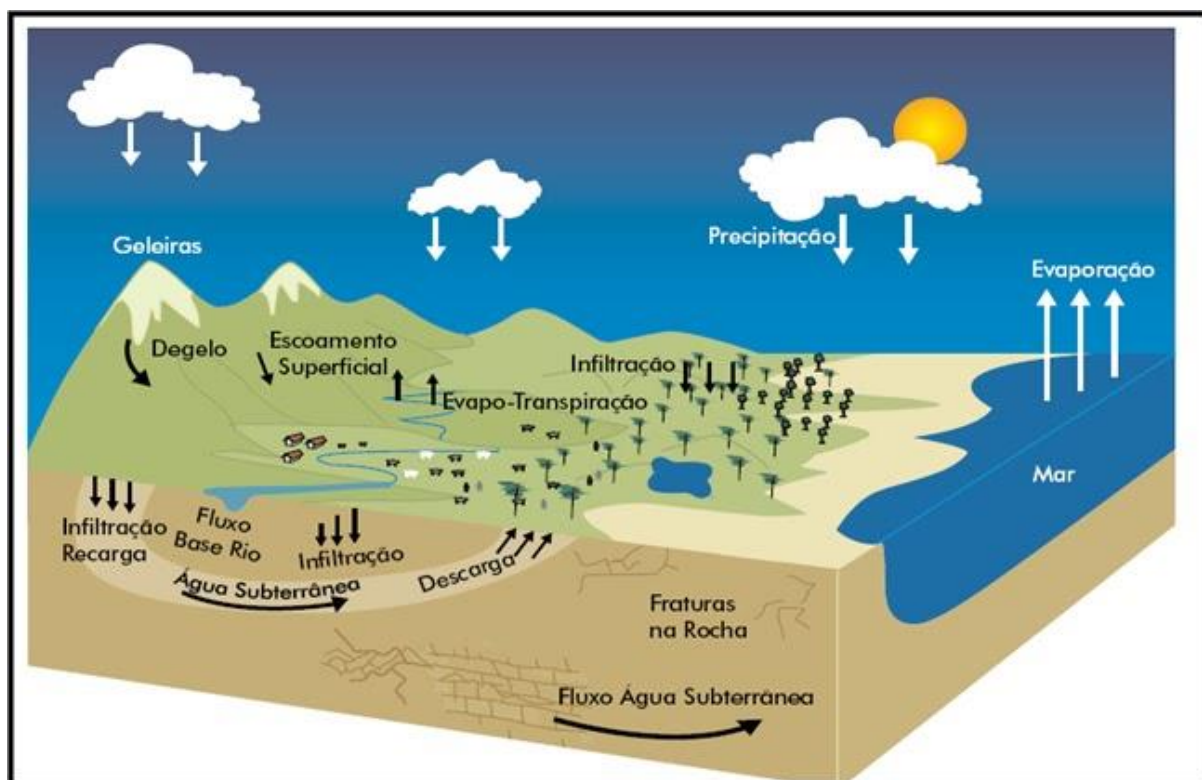
A aglomeração de pessoas para os meios urbanos trouxe a necessidade de investir em infraestruturas e assim tornando cada vez mais necessário expandir este meio.

TUCCI *et al.* (2000), diz que o processo de expansão urbana no Brasil é criado em vários cenários devido aos modelos de ações políticas e ao relevo existente e com o decorrer deste processo faz necessário envolver o planejamento urbano no processo de expansão.

2.2 CICLO HIDROLÓGICO

Ciclo hidrológico (figura 3) é conhecido como o fenômeno global de circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado pela energia do sol com a associação da gravidade e rotação da terra (SILVEIRA, 2002 *apud* GARRIDO NETO, 2012).

Figura 3: Ciclo Hidrológico.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente.

A maior concentração de água que cai sobre a superfície terrestre, encontra seu caminho para o mar. Outra fragmentação desta água evapora durante o processo de precipitação, outra evapora da superfície da terra e a outra fração é absorvida pela exsudação das plantas.

Garrido Neto (2012 *apud* Rola, 2008) o ciclo hidrológico é a origem fundamental de todo o contexto que se refere á água do planeta terra e sua composição é feita pelos processos dispostos na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Processos do ciclo hidrológico.

PROCESSO	DEFINIÇÃO
Precipitação	originada da condensação do vapor d'água, podendo ser líquida (chuva) ou sólida (neve ou gelo), é a água que se soma à superfície da terra, desde a atmosfera
Evaporação	advinda principalmente dos oceanos e também dos rios, lagos e represas, é o processo de transformação da água na sua fase líquida em vapor d'água
Transpiração	oriunda da vegetação é o processo de perda de vapor d'água, o qual se soma à atmosfera
Infiltração	é o processo no qual a água é absorvida pelo solo
Percolação	advinda da infiltração do solo, é o processo pelo qual a água se insere nas formações rochosas até o lençol freático
Drenagem	entrementes que a chuva precipita, é toda a movimentação de deslocamento de deslocamento da água pela superfície da terra

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Garrido Neto (2012).

Segundo o Jabor (2015) o ciclo hidrológico tem na sua composição duas fases, uma atmosférica e outra terrestre, onde cada uma dessas inclui:

- i. breve armazenamento de água;
- ii. deslocamento da água;
- iii. alteração do estado.

Este fenômeno apesar de mostrar ser um mecanismo contínuo devido o fato da água se movimentar de forma constante e permanente, tem na sua realidade uma grande diferença, pois a movimentação da água em cada uma das fases do ciclo é realizada de um modo bastante descontínuo, na qual apresenta uma variação tanto no espaço como no tempo (JABOR, 2015).

Em certas ocasiões a natureza se expõe de excesso quando proporciona chuvas de máximos volumes, ultrapassando assim os cursos d'águas existentes e provocando inundações. Em outras situações, faz parecer com que o mecanismo existente no fenômeno do ciclo parou com sua funcionalidade e assim com ele toda a precipitação e escoamento superficial (JABOR, 2015).

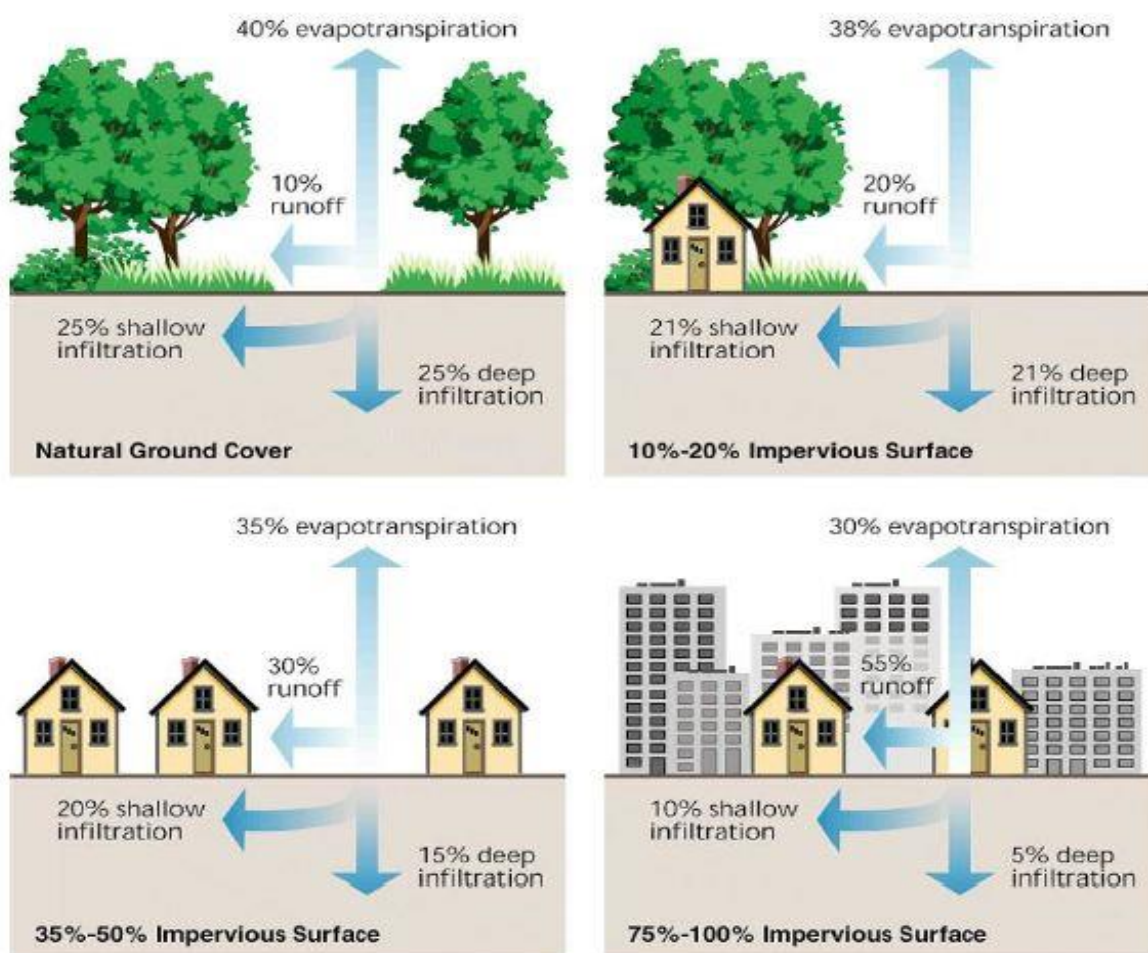
2.3 EFEITOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO NO CICLO HIDROLÓGICO

Com a crescente urbanização brasileira surgiu a necessidade de realizar obras de infraestruturas, entretanto a falta de um planejamento urbano adequado desencadeou grandes problemas.

Os impactos ocasionados pelas ações negativas da urbanização afetam diretamente no ciclo hidrológico, sendo que os principais agentes que determinam esses fatores são a impermeabilização de áreas, metodologia de desenvolvimento urbano e entre outros (SOUZA, 2005).

A figura 4 mostra os impactos gerados por estas ações.

Figura 4: Alterações hidrológicas com a urbanização.



Fonte: (Silva 2015 *apud* Arnold, Gibbons, 1996).

Segundo SOUZA (2005 *apud* Tucci, 2003) o ciclo hidrológico sofre devido a alguns impactos:

- i. com o possível aumento de precipitação, correspondente a um aumento do aquecimento nos grandes meios urbanos;

- ii. uma baixa nas taxas de evaporação, isso ocorre pela a diminuição na capacidade de infiltração e da evapotranspiração na qual é efetuada pela vegetação natural;
- iii. uma maior concentração de volumes, avanços de picos de vazão e alteração na frequência e duração do escoamento;
- iv. as taxas de infiltração sofrem uma baixa, com efeitos nas recargas dos aquíferos;
- v. uma baixa nas taxas de escoamento na superfície e subterrâneas;
- vi. maiores erosões e deslocamentos de sedimentos nos rios, ocasionados pela rapidez das águas o que contribui para uma má qualidade da água.

Para (SOUZA, 2005) os fatores citados que mais interferem na vida da sociedade são os de escoamento superficial e a recarga subterrânea. Construções com o intuito de aperfeiçoar a drenagem tem levado o aumento de volumes e velocidades, ocasionando inundações, erosões, alteração na recarga do aquífero, mudança na qualidade da água e entre outros.

2.4 DRENAGEM URBANA

Por muito tempo no Brasil e em outros países, a drenagem urbana foi abordada de uma maneira acessória no que se aplica ao parcelamento do solo para utilização urbana. Na maior parte das cidades, o crescimento das áreas com o processo de urbanização foi realizado de forma acelerada e em somente algumas o termo de drenagem urbana foi abordado como um fator dominante no planejamento (CANHOLI, 2014).

Segundo (ALENCAR, 2015) drenagem é a parte designada das instalações que tem a função de escoar o excesso de água em determinados ambientes (rodovias, zonas rurais e urbanas).

Ainda para (ALENCAR, 2015 *apud* NETO, 2005), a drenagem na zona urbana não está relacionada somente aos aspectos técnicos delimitados pela engenharia, mas a todo o conjunto de medidas que podem reduzir os riscos e prejuízos ocasionados pela as inundações nos meios ao qual a sociedade vive.

As práticas de controle de escoamento podem ser classificadas conforme suas ações na bacia hidrográfica, podendo a mesma ser distribuída ou na fonte, na microdrenagem ou na macrodrenagem (ALENCAR, 2015 *apud* TUCCI, 2006). A realização de uma medida de controle para tentar restabelecer as formas naturais da bacia depende das características do modelo utilizado, de sua instalação e a localização onde a bacia se encontra.

(GARRIDO NETO, 2012) a definição para drenagem na fonte é o escoamento que ocorre nos meios físicos como lotes, estacionamentos, parques e etc. As práticas técnicas, como telhado verdes, pavimentos permeáveis, e valas de infiltração são consideradas medidas que tem o intuito de reduzir o volume existente de água no sistema de drenagem na fonte.

(ALENCAR, 2015) defini como microdrenagem a coleta e o afastamento das águas na superfície ou as subterrâneas, através de pequenas e/ou medias galerias, fazendo ainda parte destes sistemas os componentes que permitem que este processo ocorra no projeto.

Para (GARRIDO NETO, 2012 *apud* MORALES, 2003) a macrodrenagem é definida pelo conjunto de obras que permitem melhorar as condições estabelecidas ao escoamento, de forma que os problemas com erosão, assoreamento e inundações sejam minimizados. Ela ainda é responsável pelo o volume de escoamento final, ao qual pode ser formada por canais de forma natural ou artificial.

A tabela a seguir definida por (TUCCI, 2008), mostra os tipos de fases da evolução da água nos centros urbanos, baseando em historia dos sistemas de drenagem e esgotamento sanitário.

Tabela 2: Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

FASE	CARACTERÍSTICAS	CONSEQUÊNCIA
Pré-higienista (até o início do século XX)	Esgoto em fossas ou na drenagem; sem coleta ou tratamento; e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias; grande mortalidade e inundações.
Higienista (antes de 1970)	Transporte de esgoto para longe das pessoas e canalização do escoamento	Redução das doenças, mas rios contaminados; impactos nas fontes de água; e inundações
Corretiva (entre 1970 e 1990)	Tratamento de esgoto doméstico e industrial; amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando a poluição difusa; obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável (depois de 90)	Tratamento terciário e do escoamento pluvial; novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental; redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: (Garrido Neto, 2012 *apud* Tucci, 2008).

Para a drenagem urbana, a fase delimitada como higienista, com as suas soluções clássicas e o aumento do desenvolvimento sustentável, é o que trouxe de maior influência nas práticas de realizar drenagem urbana no país (GARRIDO NETO, 2012).

Algumas medidas de controle podem ser classificadas de acordo com a sua função sobre o hidrograma das bacias mencionadas (GARRIDO NETO, 2012 *apud* TUCCI, 2003):

- i. infiltração e percolação: é um sistema que encaminha o escoamento para locais com infiltração e percolação no solo, onde utiliza-se o armazenamento e o curso subterrâneo para retardar o escoamento superficial. Para este tipo de solução, seu principal objetivo é recuperar as funções hidrológicas naturais do ambiente;
- ii. armazenamento: se dá pela utilização de reservatórios que ocupam lugares abertos e/ou fechados e que tem como efeito reter o fluxo do escoamento superficial, diminuindo o índice do pico de vazão;
- iii. aumento da eficiência do escoamento: esta ação ocorre por meio de implantação de condutos e canais, escoando assim as superfícies inundadas. Com esta técnica permite transferir enchentes de uma área para outra, proporcionando um benefício para os diferentes ambientes, desde que utilizados com um conjunto de reservatórios de retenção;
- iv. diques e estações de bombeamento: é uma técnica muito utilizada por se tratar de uma solução que controla enchentes em zonas urbanas, que não possuem áreas para enfraquecimento da inundação.

Para (GARRIDO NETO, 2012 *apud* TUCCI, 2003) a classificação de medidas para controle de inundações pode estar dividida em estrutural e não-estruturais.

- i. medidas estruturais: estão relacionadas com todas as obras de engenharia que tem como função gerenciamento de águas pluviais, onde seu objetivo é controlar os efeitos de enchentes. Podendo ser intensiva quando interage diretamente com o curso do leito natural da água e/ou extensiva quando ocorre em toda a bacia, alterando os valores de precipitação e vazão.
- ii. medidas não estruturais: são caracterizadas como aquelas de origem institucional, financeira ou administrativa, realizada em várias direções na bacia, assim os efeitos das inundações são reduzidos.

Quadro 1: Principais técnicas de controle de drenagem urbana.

MEDIDA DE CONTROLE	ATUAÇÃO
Aumento da infiltração	Utilização dispositivos como pavimentos permeáveis, valas de infiltração, planos de infiltração, entre outros. Estas medidas contribuem para a melhoria ambiental, reduzindo o escoamento superficial das áreas impermeáveis. Este tipo de medida é aplicada somente na fonte.
Armazenamento	O armazenamento amortece o escoamento, reduzindo a vazão de pico. O reservatório urbano pode ser construído na escala de lote, microdrenagem e macrodrenagem. Os reservatórios de lotes são usados quando não é possível controlar na escala de micro ou macrodrenagem, já que as áreas já estão loteadas. Os reservatórios de micro e macrodrenagem podem ser de detenção, quando é mantido a seco e controla apenas o volume. O reservatório é de retenção quando é mantido com lâmina de água e controla também a qualidade da água, mas exige maior volume. Os reservatórios de detenção também contribuem para a melhoria da qualidade da água, se parte do volume (primeira parte do hidrograma) for mantida pelo menos 24 horas na detenção.
Aumento da capacidade de escoamento	Mudando variáveis como área, rugosidade da seção do escoamento e a declividade, é possível aumentar a vazão e reduzir o nível. Esta solução, muito utilizada, apenas transfere para jusante o aumento da vazão, exigindo aumento da capacidade ao longo todo o sistema de drenagem, aumentando exponencialmente o custo.

Fonte: (Garrido Neto, 2012).

Medidas compensatórias utilizadas em drenagem urbana são técnicas que visam reduzir os impactos negativos oriundos das águas da chuva. Seus efeitos são o de tentar refazer o ciclo hidrológico que existia na área antes dos processos de urbanização. Essas medidas são aplicadas em forma de auxílio para a drenagem e o tipo de técnica varia de acordo com o ambiente que será executado, analisando as características físicas do local e as despesas para a implantação e controle (GARRIDO NETO, 2012).

Quadro 2: Principais técnicas compensatórias utilizadas em drenagem urbana.

TÉCNICA	CARACTERÍSTICA	RESPONSABILIDADE
De controle na fonte	Estão associadas a pequenas estruturas de drenagem, como os poços e as valas de infiltração e os telhados verdes.	Proprietário da área
Linear	Estão associadas a áreas maiores a serem drenadas, como ruas, estacionamentos e pátios. Nesses casos, podem ser implantadas as trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis.	Proprietário da área ou Estado
De controle centralizado	Estão associadas a estruturas de drenagem de grande porte, como as bacias de retenção e detenção que atendem a uma determinada área urbana, de expansão urbana ou rural.	Pública ou Privada

Fonte: (Garrido Neto, 2012).

2.5 CHUVA DE PROJETO

Dos tipos de precipitações que ocorrem naturalmente as precipitações pluviométricas são aquelas que mais causam impacto na rede de drenagem urbana, isso devido a sua variação de intensidade e duração de chuva apresentando um grande volume de água.

Segundo (TUCCI, 2004), para elaboração de projetos hidráulicos, como por exemplo, canais, coletores de drenagem urbana, galerias e bueiros, e entre outros, é necessário conhecer as três grandezas que estão intimamente ligadas às precipitações máximas, sendo elas: intensidade, duração e frequência das chuvas.

A avaliação hidrológica para se quantificar as chuvas intensas e então o escoamento superficial nas principais bacias urbanas de Palmas foram de suma importância nos estudos para o PDDA – (Plano Diretor de Drenagem Pluvial). Desta forma se determinou a equação de intensidade-duração-frequência para a capital do estado do Tocantins, além da modelagem matemática de transformação de chuva-vazão para se obter a vazão de projeto (PMSB, 2014).

Segundo o (PMSB, 2014) em Palmas o regime chuvoso é bem definido, no período de outubro a abril, as chuvas são intensas sendo ordinariamente maior que 80 mm/24h e se repete quase diariamente, possui um índice de 1600 mm/ano, com maior parte acontecendo em três meses. Já no período de abril a outubro, as chuvas sofrem uma redução drástica, sendo quase inexistente entre julho e agosto.

2.6 VAZÃO DE PROJETO

O método racional é recomendável para sistemas de microdrenagem em bacias com área de até 2km² onde se determina as vazões de pico. Quando se respeita suas condições de validade esse método apresenta resultados satisfatórios, pois se trata de um método simples, devido a isso também ele tem uma grande aceitação (VENTURINI, 2015).

O Plano Diretor de drenagem Urbana de Porto Alegre (2005) enumera alguns princípios básicos do método racional, entre eles:

- a) O tempo de concentração da bacia é igual à duração da precipitação máxima de projeto;
- b) Um único coeficiente de perdas, chamado C, é estimado de acordo com características da bacia;
- c) Não pode ser empregado para dimensionar reservatórios de amortecimento, pois não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

Para Atila (2011), algumas particularidades sendo essencialmente verdadeiras, esses procedimentos para estimar a vazão máxima no exutório da bacia são válidas:

- a) Os impactos do armazenamento superficial na bacia não influenciam no processo da propagação da cheia, tornando-se uniforme a partir do tempo de concentração;
- b) A intensidade da chuva permanece constante até que a duração da chuva atinja o tempo de concentração da bacia. A partir daí, com toda a área da bacia contribuindo, estabelece-se o regime permanente.
- c) A intensidade da chuva diminui conforme o tempo de precipitação aumenta, entretanto para chuvas de duração menores que o tempo de concentração, a concentração da bacia é parcial tal que, a maior vazão ocorre para chuvas de duração igual ao tempo de concentração; porém, esta situação pode não ser verdadeiras em duas situações: quando diferentes coeficientes C na bacia ou quando a mesma é alongada.
- d) A contribuição subterrânea é desprezível.

A equação (1) que determina a vazão pelo o método racional é a seguinte:

$$Q = 0,278xCxIx A \quad eq (1)$$

Onde:

Q : Vazão máxima do escoamento excedente sobre a superfície do solo, em m³/s;

C : Coeficiente de escoamento;

I : Intensidade da precipitação;

A : Área de contribuição da bacia da chuva em m².

Coeficiente de escoamento: Quando à taxa de infiltração do terreno é inferior a intensidade de precipitação ocorre o que é conhecido como escoamento superficial, que é denominada como precipitação efetiva, toda aquela que escoar na superfície. Portanto para se obter o coeficiente de escoamento superficial utiliza-se a razão entre o volume escoado superficialmente e o volume total da precipitação. Tais valores podem ser observados em campo, ou retirados de valores recomendados na literatura em função das características físicas da bacia (HORN et al., 2011).

Para se determinar o coeficiente de escoamento superficial, há de se considerar vários fatores, entre eles o tipo de solo, ocupação da área de estudo (bacia), a umidade do solo que antecede a chuva, intensidade da precipitação, entre outros fatores determinantes. Entretanto, é consenso na utilização do método racional adotar um valor constante de coeficiente, o qual deve ser feito com muito cuidado analisando detalhadamente as características do terreno (VENTURINI, 2002, apud TASSI, 2015).

Os coeficientes de deflúvio (C) recomendado para as superfícies urbanas estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Coeficiente de Deflúvio Superficial Direto

Descrição da área	C
Área Comercial/Edificação muito densa:	
Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Área Comercial/Edificação não muito densa:	
Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Área Residencial:	
residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
lotes com > 2.000 m ²	0,30 - 0,45
áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
Área industrial:	
indústrias leves	0,50 - 0,80
indústrias pesadas	0,60 - 0,90
Outros:	
Matas, parques e campos de esporte, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,05 - 0,20
parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Playgrounds	0,20 - 0,35
pátios ferroviários	0,20 - 0,40
áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Fonte: DEP, 2005.

Intensidade da precipitação: o cálculo da intensidade da chuva I, em função da IDF adotado, em função da duração da chuva (t) e do tempo de retorno (TR) – em estruturas de controle na fonte o tempo de retorno compreende há 10 anos.

Tempo de Retorno: As chuvas e em função dessas o escoamento superficial, usadas para o dimensionamento de obras hidráulicas, são definidas estatisticamente em função da sua probabilidade de ocorrer, a isso dá-se o nome de tempo de retorno. Para defini-lo, utiliza-se o valor esperado (média) do intervalo entre dois eventos críticos que excedam a capacidade da obra, ou seja, uma chuva ou valor superior ao pré-estabelecido (2011, ATILA).

2.7 PARAMETROS PARA DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE INFILTRAÇÃO

Entende-se que coeficiente de infiltração é a relação volumétrica de quanto o solo pode obter a umidade entre seus poros num determinado tempo. Segundo Child (apud COELHO NETTO, 1994) a capacidade de infiltração deve ser analisada pela consequência da condutividade hidráulica e do gradiente de sucção, de acordo com a lei de Darcy, e também como a taxa de aumento do teor de umidade no perfil do solo.

Para Silveira et al (1993) diz que a aplicação ao estudo da infiltração é aplicado no conceito de diferenciar o potencial que o solo tem de absorver água pela sua superfície, na relação de lâmina por tempo, da taxa real de infiltração que ocorre quando se tem disponibilidade de água para atravessar o solo. A determinação desta taxa depende de algumas razões de controle, tais como: o teor da matéria orgânica e a sua cobertura vegetal no solo, estado em que a superfície se encontrar, características físicas do solo, e entre outros.

O coeficiente de infiltração também pode ser estimado através da tabela 4 abaixo.

Tabela 4: Valores típicos de coeficientes de infiltração, baseados na textura do solo.

TIPO DE SOLO	COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO (MM/H)
Cascalho	10 - 1000
Areia	0,1 - 100
Areno lemoso	0,01 - 1
Lemo arenoso	0,05 - 0,5
Lemo	0,001 - 0,1
Lemo siltoso	0,0005 - 0,05
Características Calcárias	0,001 - 100
Ponto divisor para a maioria dos sistemas de infiltração	0,001
Lemo argilo arenoso	0,001 - 0,01
Lemo argilo siltoso	0,00005 - 0,005
Argila	< 0,0001
Rocha	0,00001 - 0,1

Fonte: Elaborado pelo o autor, adaptado de Watkins apud CIRIA, 1996.

Segundo (CIRIA. 1996), a taxa de infiltração deve ser reduzida por fatores de segurança, levando em conta que existe a diminuição da capacidade de infiltração do solo durante a vida do dispositivo. Os valores destes fatores de segurança são expressos na tabela 5.

Tabela 5: Fatores de segurança para o coeficiente de infiltração.

Área a ser drenada (m ²)	Nenhum dano ou inconveniência	Inconveniência menor, como alagamento de um estacionamento	Danos à construção ou estrutura, inconveniência maior, como inundação em estradas
< 100	1,5	2	10
100 a 1000	1,5	3	10
> 1000	1,5	5	10

Fonte: Elaborado pelo o autor, adaptado de CIRIA, 1996.

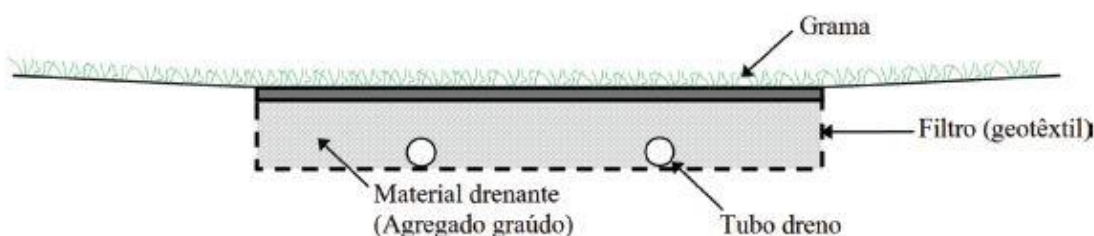
2.8 COLCHÃO DRENANTE

O colchão drenante é caracterizado como a camada contida em uma outra camada sobre o solo permeável e/ou a demais materiais que fazem a drenagem de águas do solo (BRITO *et al.* 2016 *apud* PANITZ, 2003).

Para Carvalho, *et al.* (2014) esta técnica é muito utilizada em obras rodoviárias onde compõe a estrutura de base para aterros e/ou na aplicação de pavimentos em áreas que solicitam drenagem, sendo que sua funcionalidade pode ser estendida para outros tipos de obras como estacionamento, praças e demais que necessitam de uma estrutura de infiltração de águas pluviais.

A técnica do colchão drenante utilizada para a drenagem é muito importante e vantajosa para ambientes em que o lençol freático é mais superficial e em outros que é inviável a utilização de outras técnicas como poços de infiltração e trincheiras (CARVALHO, *et al.* (2014). A figura 5 representa a seção esquemática do sistema.

Figura 5: Seção esquemática de colchão drenante.



Fonte: CARVALHO, *et al.* (2014)

2.9 VALAS DE INFILTRAÇÃO

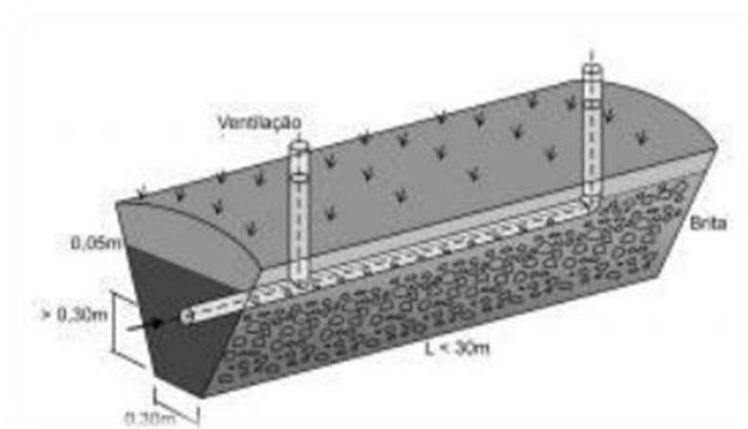
As valas de infiltração são técnicas de drenagem que atuam como medidas compensatórias compostas por simples depressões lineares abertas no solo permeável, onde exibe na sua forma paredes inclinadas e normalmente não são preenchidas (CARVALHO, *et al.* 2014).

Segundo Neto, (2012) *apud* Silva *et al.* (2017) essa estrutura de infiltração permite o armazenamento temporário de águas pluviais e trás benefícios para a infiltração no solo, permitindo controlar as águas do escoamento superficial.

Funciona como um sistema que retêm os fluxos dos ambientes adjacentes e dispõe condições, para que a infiltração aconteça em todo o comprimento da estrutura, atuando também como canais armazenando e conduzindo a água para outros tipos de estruturas de drenagem (SILVA *et al.* 2017).

Ainda segundo (SILVA *et al.* 2017) este tipo de dispositivo é caracterizado por canais rasos e coberto por vegetações, onde se torna possível a sua adaptação nos ambientes como estacionamentos, ruas e rodovias. Sua funcionalidade é reduzir a velocidade provocada por enxurradas, por meio de infiltração e/ou retenção, e outro fator é a sua contribuição para a retirada de poluentes. A figura 6 represa a seção esquemática para a vala de infiltração.

Figure 6: Seção esquemática da vala de infiltração.



Fonte: NBR 13969, 1997 *apud* SILVA *et al.* 2017.

3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado baseado em fontes bibliográficas, método exploratório para obter os dados para a realização dos métodos escolhidos.

Neste projeto é realizado um estudo prático de dimensionamento de dispositivos de redução de vazão na fonte, para analisar a eficiência que estes tipos de sistemas podem oferecer como solução de redução do escoamento superficial, de modo que o modelo selecionado ofereça conforto e segurança aos usuários do estacionamento.

A abordagem principal desse estudo é abordar a eficácia que os dispositivos não convencionais de microdrenagem podem proporcionar, onde será escolhido a área que gera vazão, área que será proposta para implantação dos dispositivos. Os modelos abordados serão os seguintes:

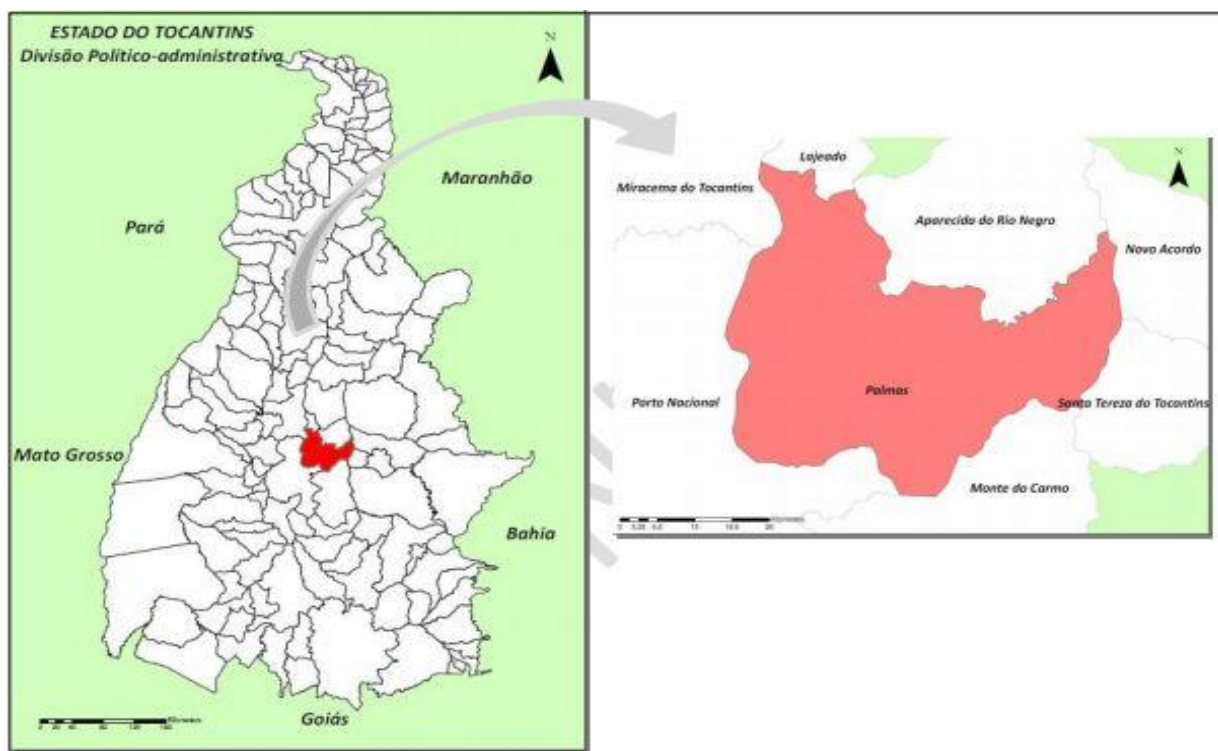
- a) Colchão Drenante
- b) Vala de Infiltração

Com estes métodos, será analisado a possibilidade de implantação de um dos métodos, devido a condicionante de espaço e capacidade de redução de escoamento. Será analisado também a consideração de custos e a real possibilidade de implantação, levando em consideração que trata apenas de um estudo de caso.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho de pesquisa teve a finalidade de fazer uma análise sobre a funcionalidade de implantação e utilização de um dispositivo de vazão na fonte como estrutura de infiltração de drenagem pluvial. O local do estudo é o estacionamento CEULP/ULBRA, na cidade de Palmas, capital do Estado do Tocantins. Palmas esta situada na região central do estado, limitando com as seguintes confrontações: ao Norte os municípios de Aparecida do Rio Negro e Lajeado, ao Sul Monte do Carmo e Porto Nacional, ao Leste Santa Tereza do Tocantins e Novo Acordo, e a Oeste Miracema do Tocantins, conforme a (figura 7), disponibilizada pelo (IBGE 2016).

Figura 7: Mapa de localização de Palmas - TO.



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB Palmas | Volume I

O Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA) está localizado na região sudoeste do município de Palmas – TO é composto por sete blocos e possui o estacionamento localizado no centro do campus, conforme mostra a figura 8.

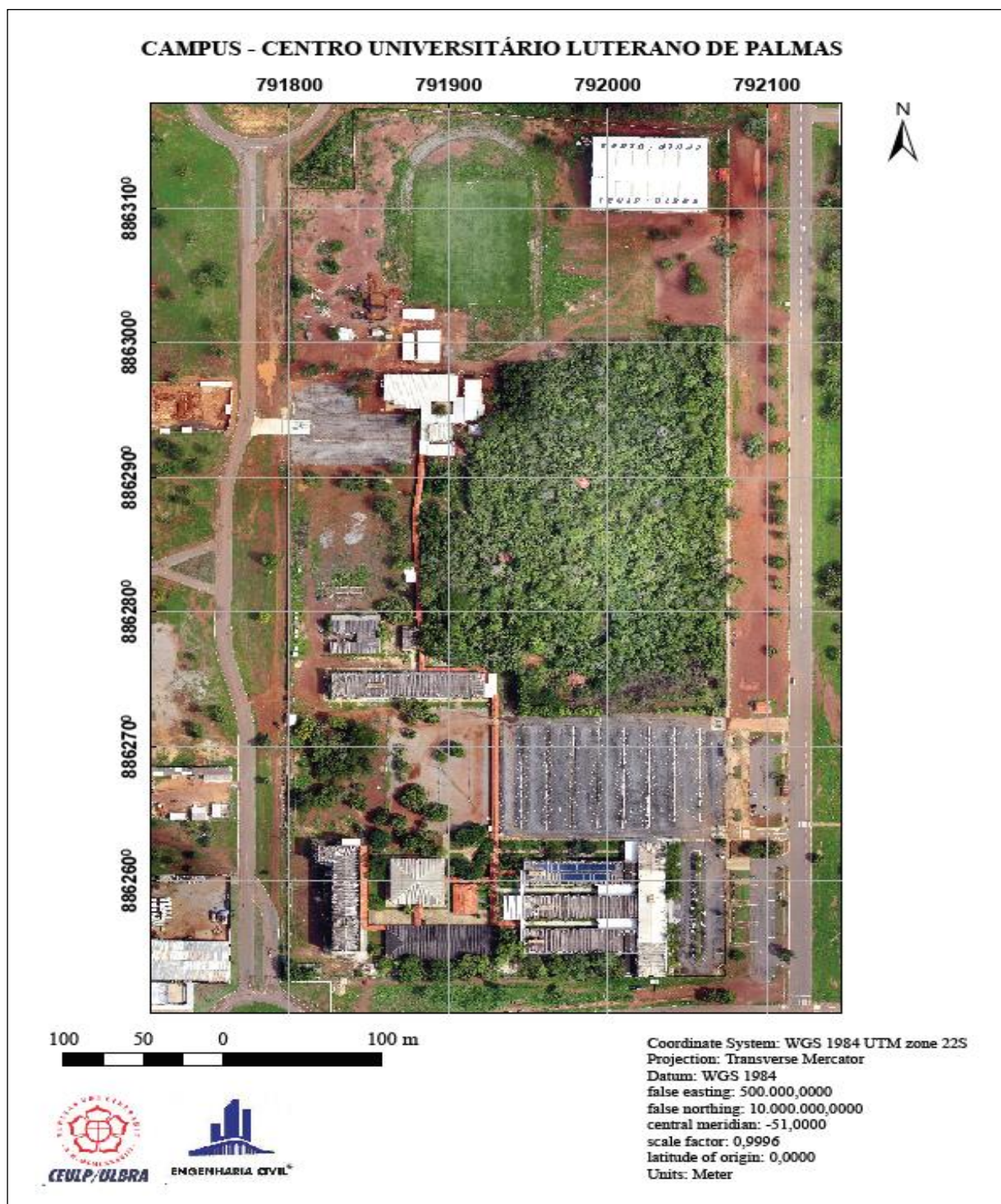
Figura 8: Localização CEULP/ULBRA, Plano Diretor Sul, Palmas – TO.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 9 é possível visualizar a área de estudo e o local onde são propostos para a aplicação dos sistemas de infiltração em planos. A área proposta para a execução está localizada entre o bloco 06 e uma área verde, ambos pertencentes a instituição.

Figura 9: Imagem foto aérea do CEULP/ULBRA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 FASES DA PESQUISA

As fases do projeto foram desenvolvidas nas seguintes etapas:

1. Listagem e levantamento de dados da área objeto da pesquisa
 - a. Estudos sobre sistema de dispositivo de drenagem como estrutura de infiltração de drenagem pluvial;
 - b. Levantamentos de dados sobre o estacionamento.

A primeira etapa constitui-se no estudo sobre os sistemas de dispositivos de drenagem, suas funcionalidades e métodos de aplicação. Levantamento de dados sobre o estacionamento (área, tipo de solo), tipo de drenagem existente e pontos de maiores ocorrência de inundações, e todos os dados necessários para chegar à vazão. As características e as áreas do local a ser drenado, foram obtidas através de imagem resultante de aerofotografia, onde possui uma alta precisão.

2. Metodologias adotadas
 - a. Métodos aplicados;
 - b. Materiais;
 - c. Ensaios.

Na segunda etapa ocorreram os estudos sobre os sistemas de infiltração que são o colchão drenante e a vala de infiltração, o método de aplicação destes sistemas estruturais, materiais para construção dos dispositivos, assim como os ensaios que são realizados para avaliar permeabilidade do solo, assim podendo caracterizá-lo para aplicação do dispositivo.

A metodologia para a implantação do colchão drenante foi desenvolvida pelo procedimento adotado por (CIRIA, 1996) e que foi abordado no Manual de drenagem urbana de Porto Alegre, na qual apresenta modelos para projetos de sistemas de infiltração em planos e pavimentos permeáveis.

Conforme a equação 1 expressa na (pág. 26) podemos aplicar o modelo do método racional para obtermos a vazão de projeto.

O IDF de Palmas – TO é obtido pela equação 2 expressa abaixo, baseadas nos estudos do PDDPA, com coeficiente de correlação em 99,97%:

$$I = \frac{749,97 \times Tr^{0,104}}{(Td+9)^{0,702}} \quad eq (2)$$

Onde:

I = Intensidade de precipitação (mm/h)

Tr = Tempo de Retorno Adotado

Td= Tempo de duração da chuva de projeto

O coeficiente de deflúvio adotado de acordo com a figura 5, da (pág. 29) onde mostra que os valores atribuídos para asfalto está entre os de 0,70 a 0,95. Para este estudo foi adotado o $C = 0,93$, valor este que se encontra dentro do intervalo permitido.

O coeficiente de infiltração (q) em Palmas – TO tem em sua grande parte a presença de um solo arenoso e em muitas vezes com presença de pedregulhos que favorece a infiltração de água no solo. Carvalho et al (2015) classifica o solo do CEULP/ULBRA como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e através da metodologia do Infiltrômetro de Anel determinou os parâmetros hídricos deste solo e chegou à conclusão que o solo do CEULP possui um coeficiente de infiltração estimado em 136 mm/h.

O valor da porosidade efetiva (ϕ) do material de preenchimento granular (volume de vazios/volume total) foi estimado através de tabela 6, conforme expressa abaixo:

Tabela 6: Porosidade efetiva para materiais típicos.

Material	Porosidade efetiva (%)
Rocha dinamitada - Brita grossa	30
Cascalho de granulometria uniforme	40
Brita graduada ($\leq \frac{1}{4}$ polegadas)	30
Areia	25
Cascalho de Jazida - Seixo rolado	15 - 25

Fonte: Elaborado pelo o autor, adaptado de Urbonas e Stahre, 1993

Durante o processo de dimensionamento faz-se necessário o cálculo da razão de drenagem, onde a razão (R) é obtida pela divisão da área a ser drenada pela a área de base do sistema.

A partir destes de dados, pode-se então dimensionar a profundidade máxima do dispositivo de redução de vazão da fonte, conforme equação (3).

$$h_{max} = \frac{t}{\phi} \cdot (R \cdot I - q) \quad eq (3)$$

Após o dimensionamento da altura máxima, faz o cálculo para o tempo de esvaziamento do dispositivo, sabendo que este deverá obedecer a um período para esgotamento entre 6 a 12 horas. A equação (4) é a utilizada para a determinação deste passo.

$$tesv = \frac{\phi \cdot h_{máx}}{q} \quad eq (4)$$

Para a implantação do segundo sistema (valas de infiltração) a metodologia adotada também foi desenvolvida pelo procedimento adotado por (CIRIA, 1996) e que foi abordado

no Manual de drenagem urbana de Porto Alegre, na qual apresenta modelos para projetos de sistemas de infiltração tridimensionais, que é válido para as valas de infiltração.

De acordo com o manual, os dados necessários para a introdução do segundo dispositivo são os mesmo necessários para o dimensionamento do primeiro, mudando apenas as formulações.

A determinação do coeficiente b é definida através da equação 5.

$$b = \frac{P.q}{Ab.\varphi} \quad eq (5)$$

A definição do valor do coeficiente a é expresso pela equação 6 abaixo:

$$a = \frac{Ab}{P} - \frac{A.I}{P.q} \quad eq (6)$$

Em seguida faz a determinação da altura máxima – h_{max} referente ao dispositivo vala de infiltração, conforme a equação (7).

$$h_{m\acute{a}x} = a.(e^{-b.t} - 1) \quad eq (7)$$

Seguindo o dimensionamento, após determinar altura máxima, faz o cálculo para o tempo de esvaziamento do segundo dispositivo, sabendo que este deverá esvaziar pela metade em 24 horas. A equação (8) é a utilizada para a determinação deste passo.

$$tesv = \frac{\varphi.Ab}{q.P} \ln \frac{h_{m\acute{a}x} + \frac{Ab}{P}}{\frac{h_{m\acute{a}x}}{2} + \frac{Ab}{P}} \quad eq (8)$$

3. Análise e comparativo dos dados resultantes.

Na terceira fase da pesquisa destina-se aos comparativos dos resultados obtidos pelos métodos da pesquisa, onde os mesmos serão analisados, aferindo se os dados do solo satisfaz ao modelo do projeto e se a área proposta será suficiente, podendo simular diferentes tamanhos de áreas para determinar alturas, e assim verificar se tais tamanhos atende ao sistema implantado.

Compreende também a esta etapa uma confrontação de custos e viabilidade para a implantação dos sistemas de projeto e uma análise comparativa entre os dois modelos. Para tais, foram realizados no sistema desonerado, com a base de dados do SINAPI de setembro de 2019.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estacionamento de alunos e visitantes do CEULP/ULBRA possui uma área de aproximadamente 12.449m², esta área é a que será usada como fator de contribuição para dimensionamento da vazão.

No estacionamento do campus devido à impermeabilização existente no solo, há um fator de contribuição de drenagem convencional que ao receber grandes volumes de chuva ocorrem pontos de alagamentos.

Estes alagamentos geram transtornos que causam comprometimento da mobilidade nestes pontos ainda são agravados pela circulação de veículos e pedestres. Com os elevados níveis d'água e o os fluxos no local, aparecem os danos à pavimentação. As figuras 10 e 11 mostram o estacionamento objeto desta pesquisa no momento em que ocorre uma chuva.

Figura 10: Estacionamento do CEULP/ULBRA em período de chuva.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11: Estacionamento do CEULP/ULBRA em período de chuva.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado da vazão de contribuição do estacionamento do campus foi obtido através da equação 1 (pág. 26) citada anteriormente, onde o C adotado foi igual à 0,93. Para obter a vazão máxima encontramos um valor de IDF para Palmas através da equação 2 (pág. 34), para diferentes durações de chuva e um período de recorrência de 10 anos, tempo normalmente usado para obras de microdrenagem.

Com o auxílio de imagens obtidas pela ferramenta do Google Earth, elaborou-se a planta do campus, e foram posicionados os componentes do projeto de microdrenagem, como a área em azul que está gerando a vazão de contribuição, conforme mostra a figura 12.

Figura 12: Área do estacionamento do campus.



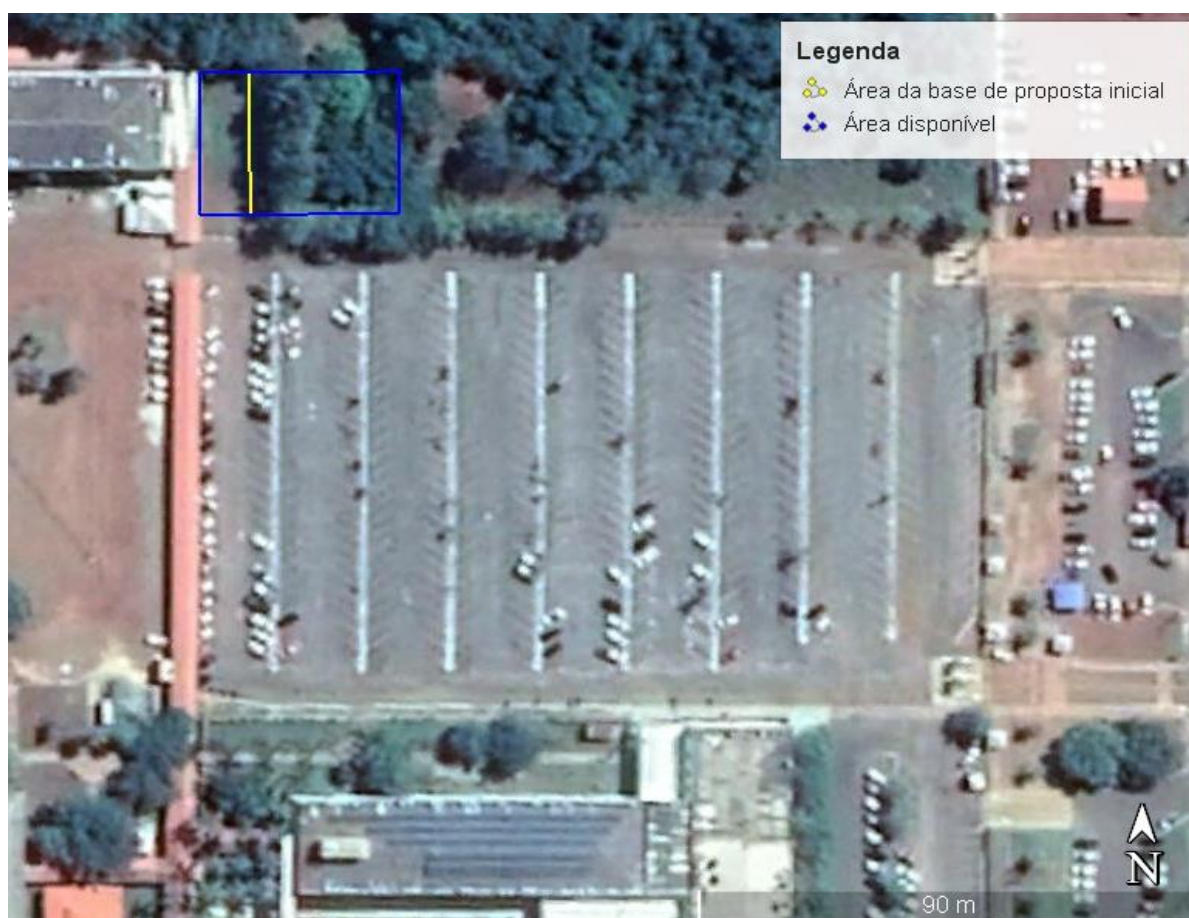
Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 13 mostra os traçados referentes a área proposta inicialmente para a implantação do sistema e a área disponível para ser trabalhada, onde as mesmas foram definidas através da ferramenta AutoCad a partir de um alinhamento obtido da imagem de satélite.

A escolha deste local partiu da disponibilidade da área sem edificação e sem destinação até o momento e também devido o terreno neste ponto possuir uma cota mais baixa em relação ao ponto mais alto do estacionamento.

Para analisar as cotas, foi utilizado o software Global Mapper que processa Base de Dados do Google Earth, e nesse programa é gerado o Modelo Digital do Terreno com as Curvas de Nível, depois esses dados são exportados para o Software AutoCad para a criação da Planta Topográfica, conforme consta no apêndice D.

Figura 13: Área disponível para implantação e área inicial de base.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Resultado das vazões

No quadro 3 abaixo, são apresentados os resultados das vazões de contribuições que foram dimensionados com 05 intervalos de tempos diferentes.

Quadro 3: Cálculo de vazão com a contribuição da área do estacionamento, com diferentes intervalos de tempo.

t (min)	t (h)	C	I (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
10	0,2	0,93	119,8951	0,0124	0,386
30	0,5	0,93	72,2661	0,0124	0,233
60	1,0	0,93	48,36	0,0124	0,156
120	2,0	0,93	31,13	0,0124	0,100
240	4,0	0,93	19,59	0,0124	0,063

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Após o cálculo das vazões, foi iniciado o dimensionamento dos dois modelos de dispositivos propostos, seguindo as metodologias aqui já descritas.

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS

O quadro 4 dispõe dos dados necessários para o dimensionamento dos sistemas de redução de vazão na fonte aqui propostos. O mesmo dispõe dos dados como a taxa de infiltração (q), a porosidade do material utilizado para preenchimento (ϕ), que neste caso é a brita comercial 3 e a área a ser drenada.

Quadro 4: Dados para o dimensionamento.

q (m/h)	0,1360
q corrigido (m/h)	0,0272
ϕ	0,4
A (m²)	12.449

Fonte: Elaborado pelo o autor.

4.2.1 Colchão Drenante

No quadro 5 são apresentados os resultados para o dimensionamento do colchão drenante, onde foram obtidos diferentes valores para altura máxima do dispositivo, de acordo com a equação 3 expressa na (pág. 35), cada uma correspondendo ao tempo de concentração de chuva.

Quadro 5: Dimensionamento para a altura máxima – colchão drenante.

Ab (m²)	t (min)	10min	30min	60min	120min	240min
	I (m/h)	119,90	72,27	48,36	31,13	19,59
250	h máx (m)	2,45	4,38	5,79	7,30	8,85
500		1,21	2,14	2,78	3,42	3,97
750		0,79	1,39	1,78	2,13	2,35
1000		0,58	1,01	1,28	1,48	1,53

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Para a finalização do dimensionamento do dispositivo calcula-se o tempo de esvaziamento, que se faz a partir da equação 4 da (pág. 35), onde a mesma utiliza a altura máxima obtida para cada área. Os resultados encontram no quadro 6 abaixo.

Quadro 6: Tempos de esvaziamentos – Sistema 01

Tempo de Esvaziamento (h)		
Área (m²)	Classificação	Tempo
250	<i>tesv-1</i>	39,05
500	<i>tesv-2</i>	17,52
750	<i>tesv-3</i>	10,35
1000	<i>tesv-4</i>	6,76

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Pode-se observar que para os tempos *tesv-1* e *tesv-2* os valores encontram-se fora do intervalo aceitável, desta forma somente os tempos de esvaziamento *tesv-3* e *tesv-4* estão dentro do limite permitido de acordo com o que foi abordado na metodologia.

As alturas máximas escolhidas foram a de 2,35m e 1,53m referentes às áreas de 750m² e 1000m² respectivamente, estas são as maiores dimensões na variação de tempo proposta na pesquisa.

4.2.2 Vala de Infiltração

O dimensionamento do segundo dispositivo se desenvolveu através da metodologia apresentada para encontrar a altura máxima do sistema, seguindo os dados apresentados no quadro 4, já descrita no dimensionamento anterior.

Assim como o dimensionamento do primeiro sistema, este também foi trabalhado com a disponibilidade de 05 tempos distintos para melhor trabalhabilidade da altura desejada, conforme equação 07 (pág.35). O quadro 7 apresenta os resultados deste dimensionamento.

Quadro 7: Dimensionamento para a altura máxima – vala de infiltração.

Ab (m ²)	t (min)	10min	30min	60min	120min	240min
	I (m/h)	119,90	72,27	48,36	31,13	19,59
250	h máx (m)	2,44	4,31	5,61	6,83	7,77
500		1,20	2,11	2,73	3,28	3,66
750		0,79	1,37	1,75	2,06	2,20
1000		0,58	1,00	1,26	1,44	1,45

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Após o dimensionamento da altura máxima do dispositivo, calcula-se o tempo de esvaziamento, através da equação 8 da (pág. 36). Os resultados obtidos para os tempos de esvaziamentos calculados encontram-se no quadro 8 abaixo.

Quadro 8: Tempos de esvaziamentos – Sistema 02

Tempo de Esvaziamento (h)		
Área (m ²)	Classificação	Tempo
250	<i>tesv-1</i>	6,43
500	<i>tesv-2</i>	5,40
750	<i>tesv-3</i>	3,91
1000	<i>tesv-4</i>	2,81

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Para este sistema os valores relacionados ao tempo de esvaziamento estão todos dentro dos padrões propostos, conforme foi citado na metodologia. Diante dos resultados expressos

no quadro 7 pôde-se observar que a dimensão de altura para a área de base de 250m² obtém-se um valor relativamente alto, o que faz optar por uma área maior que a proposta inicial.

Desta forma será trabalhado as áreas de 500m² e 750m² que possuem as alturas de 3,66m e 2,20m respectivamente.

4.3 ORÇAMENTO

Depois de concluídas todas as análises de tamanho da(s) área(s), cotas do terreno, vazão, profundidade máxima dos dispositivos e todos os outros fatores referentes ao dimensionamento dos sistemas de redução de vazão aqui apresentados, pôde-se orçar e obter os valores para cada sistema.

Nos quadros 9 e 10 abaixo é possível observar os valores de volumes para cada área escolhida para os dois sistemas de estudos.

Quadro 9: Volume do dispositivo gerado por área.

Capacidade de Armazenamento do dispositivo		
Colchão Drenante		
Área (m ²)	Altura (m)	Volume (m ³)
750,00	2,35	1762,50
1000,00	1,53	1530,00

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Quadro 10: Volume do dispositivo gerado por área.

Capacidade de Armazenamento do dispositivo		
Vala de Infiltração		
Área (m ²)	Altura (m)	Volume (m ³)
500,00	3,66	1830,00
750,00	2,20	1650,00

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Abaixo, os quadros 11 e 12 consistem no orçamento sintético das etapas necessárias para a execução da obra, e após o cálculo do custo total será expresso o valor unitário para cada sistema. O memorial de cálculo referente às planilhas orçamentarias constam nos apêndices A e B.

Quadro 11: Planilha Orçamentaria para o sistema Colchão Drenante.

LOCALIDADE: PALMAS-TO						
OBRA: DISPOSITIVOS DE ESTRUTURA DE INFILTRAÇÃO - ESTACIONAMENTO DO CAMPUS CEULP/ULBRA						
SINAPI: 09/2019						
BDI: 25%						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND.	QNT.	CUSTO (R\$)	TOTAL (R\$)
1		COLCHÃO DRENANTE				397.459,69
1.1		SERVIÇO PRELIMINARES				8.068,21
1.1.1	01CA0003	PLACA DE OBRA - (2,00 X 4,00M) - FIXACAO EM MADEIRA	UN	1,00	1.458,11	1.458,11
1.1.2	99058	LOCACAO DE OBRA CIVIL C/ GABARITO DE MADEIRA C/ EQUIP TOPOGRAFICO	M²	750,00	6,79	5.092,50
1.1.3	98526	REMOÇÃO DE RAÍZES REMANESCENTES DE TRONCO DE ÁRVORE COM DIÂMETRO MAIOR OU IGUAL A 0,20 M E MENOR QUE 0,40 M.AF_05/2018	UND	20,00	68,13	1.362,60
1.1.4	98525	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS.AF_05/2018	M²	500,00	0,31	155,00
1.2		LEITO FILTRANTE				389.391,48
1.2.1	83338	ESCAVACAO MECANICA, A CEU ABERTO, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA, COM ESC AVADEIRA HIDRAULICA, CAPACIDADE DE 0,78 M3	m³	1.498,13	2,80	4.194,76
1.2.2	94099	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5M	M³	88,13	2,66	234,65
1.2.3	83336	ESCAVACAO MECANICA PARA ACERTO DE TALUDES, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA , COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	M³	176,25	5,03	885,66
1.2.4	73873/002	LEITO FILTRANTE - FORN.E ENCHIMENTO C/ BRITA NO. 4	M³	1.762,50	215,76	380.281,41
1.2.5	72849	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MISTURAS DE SOLOS E AGREGADOS (BASES EST ABILIZADAS EM USINA) COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3	T	1.150,00	3,30	3.795,00
		TOTAL GERAL				397.459,69

Fonte: Elaborado pelo o autor.

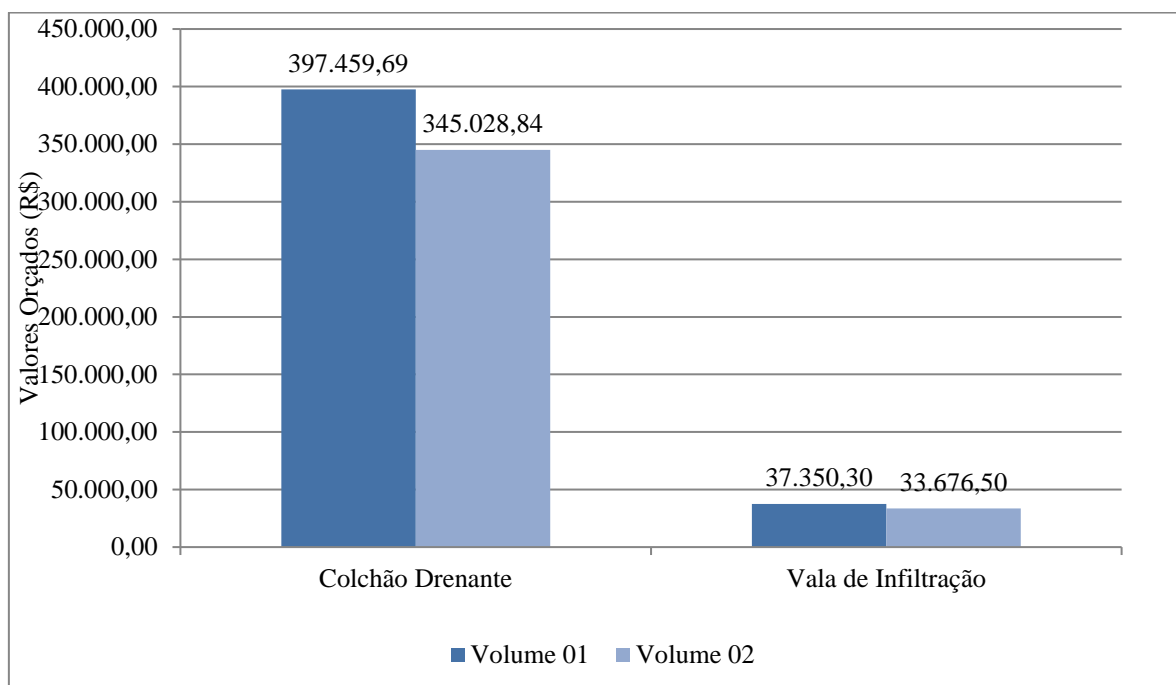
Quadro 12: Planilha Orçamentaria para o sistema Vala de Infiltração.

LOCALIDADE: PALMAS-TO						
OBRA: DISPOSITIVOS DE ESTRUTURA DE INFILTRAÇÃO - ESTACIONAMENTO DO CAMPUS CEULP/ULBRA						
SINAPI: 09/2019						
BDI: 25%						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND.	QNT.	CUSTO (R\$)	TOTAL (R\$)
1		VALA DE INFILTRAÇÃO				37.348,06
1.1		SERVIÇO PRELIMINARES				6.293,21
1.1.1	01CA0003	PLACA DE OBRA - (2,00 X 4,00M) - FIXACAO EM MADEIRA	UN	1,00	1458,11	1458,11
1.1.2	99058	LOCACAO DE OBRA CIVIL C/ GABARITO DE MADEIRA C/ EQUIP TOPOGRAFICO	M²	500,00	6,79	3395,00
1.1.3	98526	REMOÇÃO DE RAÍZES REMANESCENTES DE TRONCO DE ÁRVORE COM DIÂMETRO MAIOR OU IGUAL A 0,20 M E MENOR QUE 0,40 M.AF_05/2018	UND	20,00	68,13	1362,60
1.1.4	98525	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS.AF_05/2018	M²	250,00	0,31	77,50
1.2		LEITO FILTRANTE				31.054,85
1.2.1	83338	ESCAVACAO MECANICA, A CEU ABERTO, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA, COM ESC AVADEIRA HIDRAULICA, CAPACIDADE DE 0,78 M3	m³	1.555,50	2,80	4355,40
1.2.2	94099	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5M	M³	91,50	2,66	243,62
1.2.3	83336	ESCAVACAO MECANICA PARA ACERTO DE TALUDES, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA , COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	M³	183,00	5,03	919,58
1.2.4	73873/002	LEITO FILTRANTE - FORN.E ENCHIMENTO C/ BRITA NO. 4	M³	100,00	215,76	21576,25
1.2.5	72849	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MISTURAS DE SOLOS E AGREGADOS (BASES EST ABILIZADAS EM USINA) COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3	T	1.200,00	3,30	3960,00
		TOTAL GERAL				37.348,06

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Os resultados do orçamento entre os sistemas Colchão Drenante e Vala de Infiltração relacionado aos valores de volumes correspondes expressos nos quadros 09 e 10, estão ilustrados no gráfico 1.

Gráfico 1: Valores correspondente ao orçamentos dos sistemas.



Fonte: Elaborado pelo o autor.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A disponibilidade de área é um fator que deve ser levado em consideração no momento da análise da escolha do sistema, pois deve verificar se existe essa área disponível, se não gera um grande impacto ambiental e entre outros fatores.

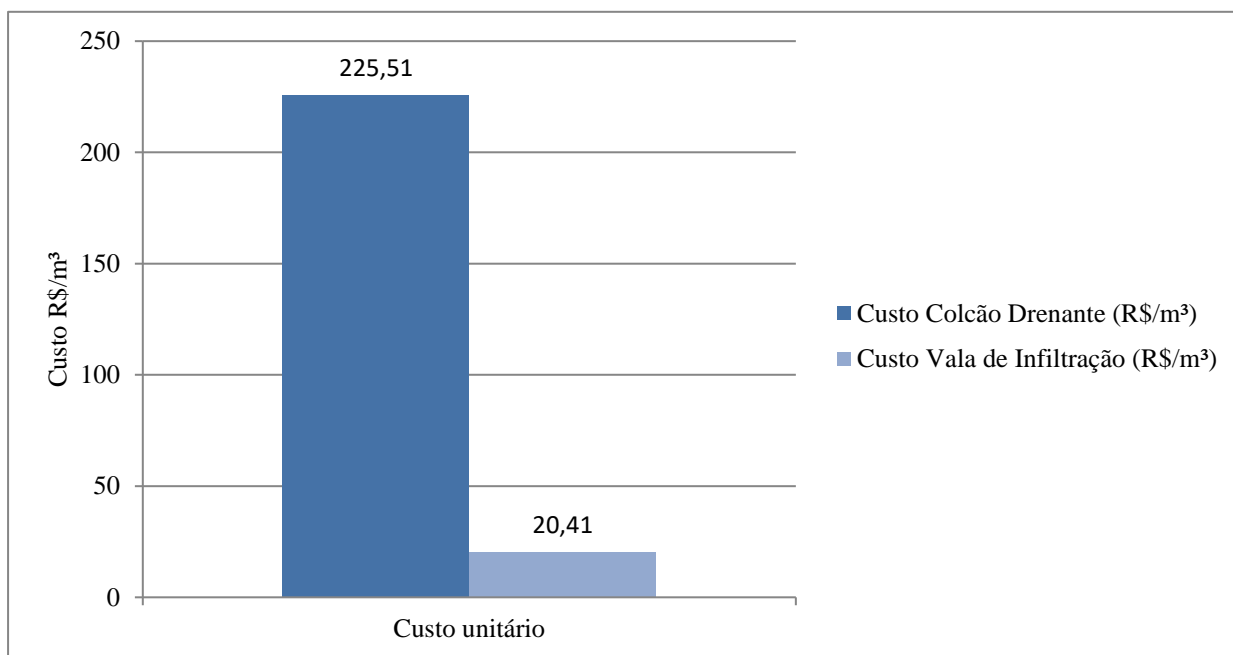
É possível aferir através do dimensionamento destes sistemas que a de Vala de Infiltração foi o dispositivo que apresentou melhor resultado, pois é aquele que pode ser trabalhado utilizando menores valores de área.

O uso do Colchão drenante, tem a limitação referente à área que torna muito maior comparando com a utilizada para o sistema de Vala de infiltração, isto ocorre pelo fato do cálculo de tempo de esvaziamento ter sido elevado se trabalhado com menores valores de área.

Esses dispositivos são mais viáveis se planejados junto com a construção da edificação, pois, eles requerem um espaço considerável e se projetados após a construção da edificação estes sistemas tornam limitados ou inviáveis, devido ser necessário um maior investimento, pois, pode ser necessário fazer alterações no sistema de microdrenagem existente.

Analisando o custo orçamentário pôde-se observar que os valores apresentados dispõem de uma grande discrepância entre os dois sistemas, no qual o custo unitário por m³ foi de R\$ 225,51 para o Colchão Drenante, e de R\$ 20,41 referente ao sistema Vala de Infiltração, apresentando o último um custo de 90,96% menor, se comparado com o outro sistema. O gráfico 2 apresenta o valor unitário por metro cúbico de cada solução, evidenciando a diferença entre as duas alternativas.

Gráfico 2: Custo/m³ entre Colchão Drenante e Vala de Infiltração



Fonte: Elaborado pelo o autor.

Diante dos resultados aqui discutidos, recomenda-se a vala de infiltração como a estrutura que melhor demonstrou eficiência. Dentre as dimensionadas a que apresenta a área de 750,00m² é a mais aconselhada, devido a menor altura, uma área relativamente baixa e com um custo mais acessível. A ilustração do método escolhido encontra-se no apêndice C.

5. CONCLUSÃO

Desde que o desenvolvimento urbano surgiu, houve a necessidade de desenvolver práticas e técnicas de drenagem urbana, que seriam capazes de interligar com o ciclo hidrológico. Com o grande crescimento dos meios urbanos, foi observado que estas práticas são essenciais para um bom uso do solo e para intervir em ações ocasionadas por grandes vazões.

Diante destas necessidades surgiram técnicas de estruturas de infiltração redutoras de vazões que podem infiltrar e escoar águas provenientes de chuva, devolvendo ao solo sua capacidade natural de infiltrar. A importância de um planejamento urbano neste caso mostra que a utilização de técnicas de estruturas de infiltração, são soluções capazes reduzir impactos ocasionados pela falta de infiltração do solo.

Para o desenvolvimento desta pesquisa houve a necessidade de estudar e obter conhecimentos específicos sobre estas técnicas, para que pudesse ser realizado um modelo que pudesse atender as necessidades do campus.

O estudo foi realizado para dimensionar dois sistemas redutores de vazões, e para tanto fez necessário conhecer a intensidade de chuva para a cidade de Palmas – TO, a área de contribuição e alguns coeficientes que de acordo com o solo existentes foram adotados e assim obteve a vazão de contribuição do campus.

Com os dados anteriormente citados, foi realizado o dimensionamento dos dispositivos, onde os dois foram dimensionados a partir de áreas preestabelecidas e chegando assim as alturas máximas pertinentes a estas áreas. Após o dimensionamento dos dispositivos foi realizando um orçamento para os dois métodos, onde foram observados os valores unitários que cada um apresentou.

Analisando estas áreas, alturas e o orçamento elaborado pôde-se observar que o sistema Vala de Infiltração apresentou um desempenho maior se comparado ao Colchão Drenante, nisso analisando as áreas utilizadas e os valores de custo unitário que cada sistema apresentou.

6. REFERÊNCIAS

ALENCAR, Paulo Cezar Dias de. **Avaliação Experimental do Concreto Poroso na Atenuação do Escoamento Superficial em Parcelas Urbanizadas**. 2013. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ARNOLD, C. L; GIBBSON, C. J. (1996), “**Impervious Surface Coverage. The Emergency of a Key Environmental Indicator**”. American Planning Association. Journal of the American Planning Association; Spring 1996; 62, 2; ABI/INFORM Global. 243p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. . **Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/água/recursos-hidricos/águas-subterraneas/ciclo-hidrologico.html>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

BRITO, Natália Jéssica Canuto Oliveira et al.. **Elaboração e Implantação de Protótipo de Colchão Drenante Sob Pavimento Permeável em Calçadas**. In: CONG. BRASILEIRO MEC. DOS SOLOS E ENG. GEOTÉCNICA - 2016, Belo Horizonte. Cobramseg, 2016.

CANHOLI, A. P. (2014). **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos.

CARVALHO, José Camapum de et al. In: CONG. BRASILEIRO MEC. DOS SOLOS E ENG. GEOTÉCNICA, 2014. **Enchentes, Alagamentos e Inundações: Causas, Consequências e Soluções**. Goiânia: Cobramseg, 2014.

CIRIA (1996). **Infiltration drainage - Manual of good practice**. Roger Bettes Bsc PhD MCIWEM. CIRIA Report 156

GARRIDO NETO, Pedro de Souza - **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva**: Elaboração de dois projetos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil/ Pedro de Souza Garrido Neto – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2012.

IBGE Educa. **POPULAÇÃO RURAL E URBANA**. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

JABOR, Marcos Augusto. **Drenagem de Rodovias**: Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem. Belo Horizonte: Drenagem de Rodovias, 2015. 182 p.

MORALES, Paulo Roberto Dias. **Curso de Drenagem Urbana e Meio ambiente**. Instituto Militar de Engenharia – IME. Rio de Janeiro, 2003.

NETO, A. C., **Sistemas Urbanos de drenagem (2005)**. ANA. Disponível em <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA**: Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

ROLA, Sylvia Meimaridou. **A naturalização como ferramenta para a sustentabilidade de cidades**: Estudo da capacidade do sistema de naturalização em filtrar a água de chuva. 2008. 222

SILVA, K. C. **Análise Socioambiental e Econômica de Inundações: Vulnerabilidade Humana e Natural**. 2015. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. **Drenagem Urbana**: Aspectos de Gestão. 1 ed. 2002. 70 f. Apostila do curso Gestores Regionais de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisa Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq) – UFRGS, Rio Grande do Sul, 2002.

SOUZA, Christopher Freire. **MECANISMOS TÉCNICO-INSTITUCIONAIS PARA A SUSTENTABILIDADE DA DRENAGEM URBANA**. 2005. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, abr. 2008.

TUCCI, C. E. M. (2006). “**Processos hidrológicos naturais e antrópicos.**” In: Tucci, C. E. M.; Mendes, C. A. Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente- MMA/SQA, Brasília, DF, 169-324. Disponível em <http://galileu.iph.ufrgs.br/aguasurbanas/Contents/Cursos/AAIB/PDF/AAIB_Apresentacao.pdf> Acesso em 09 abr. 2019.

TUCCI, C. E. M. (2008). **Águas Urbanas**. Revista Estudos Avançados. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, nr 63, São Paulo, SP.

TUCCI, C.E.M. (2007), **Inundações Urbanas**. Ed.ABRH. Porto Alegre: 2007.

TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão In: Carlos E. M. Tucci; David da Motta Marques. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre, RS: EDUFRGS, 2000.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

VENTURINE, André borin. **Imagens de Veículos aéreos não tripulados aplicados para dimensionamento de redes de microdrenagem pluvial**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

APÊNDICES

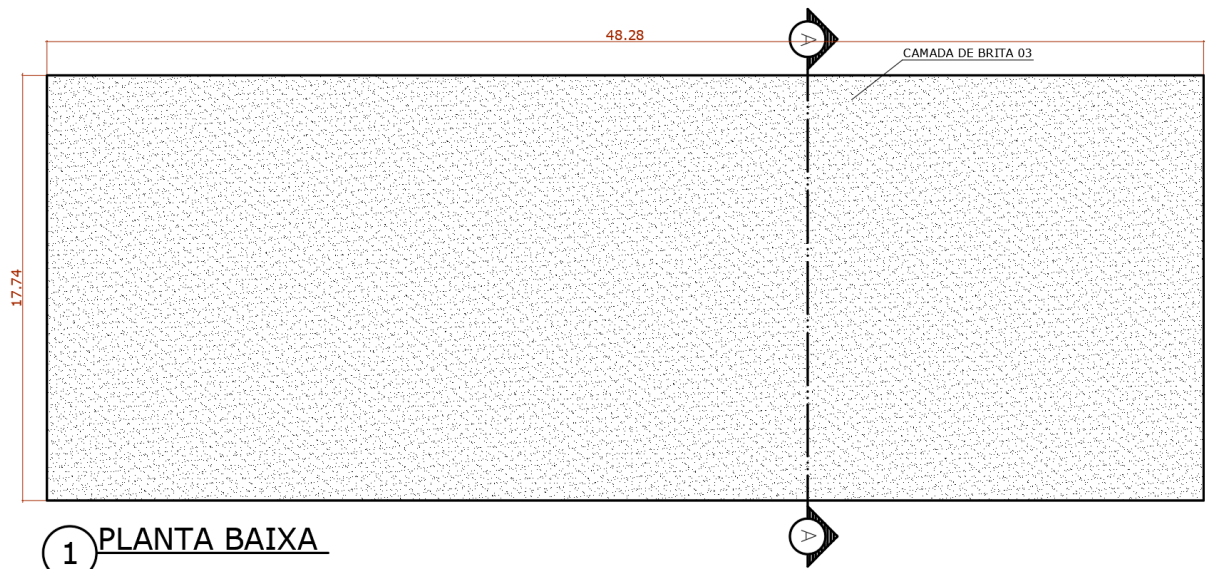
APÊNDICE A – Memorial de Cálculo Colchão Drenante

MEMORIAL DE CÁLCULO			
LOCALIDADE: PALMAS-TO			
OBRA: DISPOSITIVOS DE ESTRUTURA DE INFILTRAÇÃO - ESTACIONAMENTO DO CAMPUS CEULP/ULBRA			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND.	QNT.
1	COLCHÃO DRENANTE		
1.1	SERVIÇO PRELIMINARES		
1.1.1	PLACA DE OBRA - (2,00 X 4,00M) - FIXACAO EM MADEIRA	UN	1,00
Placa de Obra =		UND	1,00
1.1.2	LOCACAO DE OBRA CIVIL C/ GABARITO DE MADEIRA C/ EQUIP TOPOGRAFICO	M²	750,00
Área total de locação = Área de projeto =		M²	750,00
1.1.3	REMOÇÃO DE RAÍZES REMANESCENTES DE TRONCO DE ÁRVORE COM DIÂMETRO MAIOR OU IGUAL A 0,20 M E MENOR QUE 0,40 M.AF_05/2018	UND	20,00
Número de árvores =		UND	20,00
1.1.4	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS.AF_05/2018	M²	500,00
Área de projeto =		M²	750,00
Área desmatada =		M²	250,00
Área total de locação = Área de projeto - Área desmatada =		M²	500,00
1.2	LEITO FILTRANTE		
1.2.1	ESCAVACAO MECANICA, A CEU ABERTO, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA, COM ESC AVADEIRA HIDRAULICA, CAPACIDADE DE 0,78 M3	m³	1.498,13
Área de projeto =		M²	750,00
Altura do dispositivo =		M	2,35
Volume total = Área de projeto * altura do dispositivo		M³	1.762,50
Volume de escavação = Volume total * 85%		M³	1.498,13
1.2.2	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5M	M³	88,13
Volume total =		M³	1.762,50
Volume de preparo de fundo = Volume total * 5%		M³	88,13
1.2.3	ESCAVACAO MECANICA PARA ACERTO DE TALUDES, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA , COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	M³	176,25
Volume total =		M³	1.762,50
Volume de preparo de fundo = Volume total * 10%		M³	176,25
1.2.4	LEITO FILTRANTE - FORN.E ENCHIMENTO C/ BRITA NO. 4	M³	1.762,50
Volue de leito filtrante = Volume total =		M³	1.762,50
1.2.5	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MISTURAS DE SOLOS E AGREGADOS (BASES EST ABILIZADAS EM USINA) COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3	T	1.150,00
Volume de Transporte = Volume total*1,30		M³	2.291,25
Peso especifico =		t/m³	0,50
Peso total = Volume total * peso especifico =		T	1.145,63
Adotar =		T	1.150,00

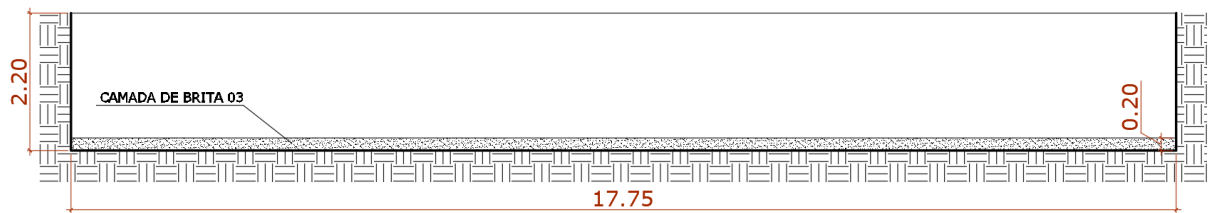
APÊNDICE B – Memorial de Cálculo Vala de Infiltração

MEMORIAL DE CÁLCULO			
LOCALIDADE: PALMAS-TO			
OBRA: DISPOSITIVOS DE ESTRUTURA DE INFILTRAÇÃO - ESTACIONAMENTO DO CAMPUS CEULP/ULBRA			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND.	QNT.
1	VALA DE INFILTRAÇÃO		
1.1	SERVIÇO PRELIMINARES		
1.1.1	PLACA DE OBRA - (2,00 X 4,00M) - FIXACAO EM MADEIRA	UN	1,00
Placa de Obra =		UND	1,00
1.1.2	LOCACAO DE OBRA CIVIL C/ GABARITO DE MADEIRA C/ EQUIP TOPOGRAFICO	M²	500,00
Área total de locação = Área de projeto =		M²	500,00
1.1.3	REMOÇÃO DE RAÍZES REMANESCENTES DE TRONCO DE ÁRVORE COM DIÂMETRO MAIOR OU IGUAL A 0,20 M E MENOR QUE 0,40 M.AF_05/2018	UND	20,00
Número de árvores =		UND	20,00
1.1.4	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS.AF_05/2018	M²	250,00
Área de projeto =		M²	500,00
Área desmatada =		M²	250,00
Área total de locação = Área de projeto - Área desmatada =		M²	250,00
1.2	LEITO FILTRANTE		
1.2.1	ESCAVACAO MECANICA, A CEU ABERTO, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA, COM ESC AVADEIRA HIDRAULICA, CAPACIDADE DE 0,78 M3	m³	1.555,50
Área de projeto =		M²	500,00
Altura do dispositivo =		M	3,66
Volume total = Área de projeto * altura do dispositivo		M³	1.830,00
Volume de escavação = Volume total * 85%		M³	1.555,50
1.2.2	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5M	M³	91,50
Volume total =		M³	1.830,00
Volume de preparo de fundo = Volume total * 5%		M³	91,50
1.2.3	ESCAVACAO MECANICA PARA ACERTO DE TALUDES, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA , COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	M³	183,00
Volume total =		M³	1.830,00
Volume de preparo de fundo = Volume total * 10%		M³	183,00
1.2.4	LEITO FILTRANTE - FORN.E ENCHIMENTO C/ BRITA NO. 4	M³	100,00
Espessura =		M	0,20
Volume de leito filtrante = Área de Projeto x Espessura		M³	100,00
1.2.5	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE MISTURAS DE SOLOS E AGREGADOS (BASES EST ABILIZADAS EM USINA) COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3	T	1.200,00
Volume de Transporte = Volume total*1,30		M³	2.379,00
Peso especifico =		t/m³	0,50
Peso total = Volume de transporte * peso especifico =		T	1.189,50
Adotar =		T	1.200,00

APÊNDICE C – Esboço do dimensionamento da Vala de Infiltração.



1 PLANTA BAIXA



1 CORTE A

APÊNDICE D – Planta topográfica.



ANEXOS

ANEXO A: Relatório CopySpider

