



**UNICEPLAC**

CENTRO UNIVERSITÁRIO

**Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC**

**Curso de Engenharia Civil**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS PARA CONTROLE DE  
ESCOAMENTO SUPERFICIAL: APLICAÇÃO EM UMA  
MICRORREGIÃO DO NOVO GAMA - GO**

Gama-DF

2021

**YGOR BRITO DOS REIS**

**TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS PARA CONTROLE DE  
ESCOAMENTO SUPERFICIAL: APLICAÇÃO EM UMA  
MICRORREGIÃO DO NOVO GAMA - GO**

Monografia apresentada como requisito  
para conclusão do curso de Engenharia Civil do  
Centro Universitário do Planalto Central  
Apparecido dos Santos – Uniceplac.

Orientador(a): Prof(a). Dra. Aline  
Carolina da Silva

Gama-DF

2021

*R375t*

Reis, Ygor Brito dos.

Técnicas compensatórias para controle de escoamento superficial: aplicação em uma microrregião do Novo Gama - GO. / Ygor Brito dos Reis. – 2021.

80 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC, Curso de Engenharia Civil, Gama-DF, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Aline Carolina da Silva.

1. Técnicas compensatórias. 2. Drenagem. 3. Novo Gama. I.  
Título.

CDU: 624

**YGOR BRITO DOS REIS**

**Técnicas compensatórias para controle de escoamento superficial:** aplicação em  
uma microrregião do Novo Gama - GO

Monografia apresentada como requisito  
para conclusão do curso de Engenharia Civil do  
Centro Universitário do Planalto Central  
Apparecido dos Santos – Uniceplac.

Orientador(a): Prof(a). Dra. Aline  
Carolina da Silva

Gama, 08 de dezembro de 2021.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Aline Carolina da Silva  
Orientador

---

Prof. Maycol Coutinho  
Examinador

---

Prof. Thiago Primo  
Examinador

Dedico a mim mesmo que sempre  
desejei fazer alguma diferença no mundo,  
mesmo que pequena.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a todos os professores ao longo dos ciclos básicos que despertaram em mim o desejo de fazer ciência.

Aos meus pais por terem me fornecido todos os instrumentos que possibilitaram que eu chegasse onde me encontro atualmente.

A minha orientadora Aline Caroline por sempre se mostrar disponível mediante questionamentos e por abrir um vasto caminho que não havia me sido mostrado.

Ao mestre e coordenador do curso de engenharia civil da Uniceplac Maycol Coutinho por ter contribuído para o meu TCC.

Ao meu amigo David, que me auxiliou em diversos momentos da confecção deste trabalho.

Aos meus amigos, que direta ou indiretamente conseguiram amenizar o peso deste último ano.

## RESUMO

A drenagem urbana é um ramo do Saneamento Básico que é fundamental para a manutenção das cidades, entretanto, várias cidades e municípios estão sujeitas a eventos como inundações e enchentes ocasionada pela má ou inexistência do sistema de drenagem urbana, gerando vários ônus a jusante, como poluição dos corpos d'água, caso do Loteamento Grande Vale, localizado no município do Novo Gama - GO. Uma técnica sustentável para controle de escoamento superficial são as técnicas compensatórias, no qual geram o menor impacto possível à região em que são instaladas, sendo compostas por pavimentos permeáveis, poços de infiltração e trincheiras de infiltração. O dimensionamento das técnicas compensatórias para o Loteamento Grande Vale – GO, se deu com o uso da metodologia proposta por Peixoto (2011) nos poços de infiltração e Mediondo et. al. (2008) para as trincheiras de infiltração. Foram dimensionadas 4 trincheiras de infiltração, com volume de 175,36m<sup>3</sup> para TR01, 174,63m<sup>3</sup> para TR02, 191,03m<sup>3</sup> para TR03 e 165,02 para TR04. Para abater a porcentagem de 29% da vazão da área de contribuição, foi necessário o uso de 2 poços de infiltração com volume de 4,49 m<sup>3</sup> cada. As dimensões das trincheiras de infiltração são elevadas, todavia, abatem toda vazão a que estão submetidas. Os poços de infiltração não são adequados para áreas de contribuição grandes, porque são gerados volumes incompatíveis com a realidade construtivas para esses dispositivos de drenagem urbana. Os resultados gerados podem contribuir futuramente como base para aplicação de técnicas de drenagem urbana no Loteamento Grande Vale – GO.

**Palavras-chave:** Técnicas Compensatórias. Drenagem. Sustentabilidade. Novo Gama.

## ABSTRACT

Urban drainage is a branch of Basic Sanitation that is essential for the maintenance of cities, however, several cities and municipalities are submitted to events such as floods caused by the poor or non-existence of the urban drainage system, generating several costs downstream, such as pollution of water bodies, the case of Loteamento Grande Vale, located in the municipality of Novo Gama - GO. A sustainable technique to control surface runoff are Compensatory Techniques, which generate the least possible impact on the region in which they are installed, consisting of permeable pavements, infiltration wells and infiltration trenches. The dimensioning of compensatory techniques for Loteamento Grande Vale – GO, took place using the methodology proposed by Peixoto (2011) in infiltration wells and Mediondo et. al. (2008) for the infiltration trenches. Four infiltration trenches were dimensioned, with a volume of 175.36m<sup>3</sup> for TR01, 174.63m<sup>3</sup> for TR02, 191.03m<sup>3</sup> for TR03 and 165.02 for TR04. To reduce the 29% percentage of the flow in the contribution area, it was necessary to use 2 infiltration wells with a volume of 4.49 m<sup>3</sup> each. The dimensions of the infiltration trenches are high, however, they reduce any flow to which they are submitted. Infiltration wells are not suitable for large contribution areas, because volumes that are incompatible with the constructive reality are generated for these urban drainage devices. The results generated may contribute in the future as a basis for the application of urban drainage techniques in Loteamento Grande Vale – GO.

**Keywords:** Compensatory Techniques. Drainage. Sustentability. Novo Gama - GO.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Bacia de Detenção superficial em Porto Alegre .....	33
Figura 2 - Bacias de Infiltração – Cenário A: Infiltração; Cenário B: Aplicação da Bacia de Infiltração.....	33
Figura 3- Bacia de retenção em Caminha, Portugal .....	34
Figura 4 – Esquema e aplicação da Vala de Infiltração .....	35
Figura 5 – Trincheira de Infiltração.....	36
Figura 6 - Pavimento CPA .....	37
Figura 7- Pisos Intertravados.....	38
Figura 8 – Detalhes genéricos de um poço de infiltração.....	38
Figura 9 - Município de Novo Gama e suas divisas em vermelho.....	40
Figura 10– Imagem de satélite do Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO), em vermelho .....	41
Figura 11 – Principal entrada do Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO) (Coordenadas DMS: -16.058881, -48.049124) .....	42
Figura 12 – Rua contendo o posto de saúde da região do Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO).....	42
Figura 13 – Delimitação da área de estudo: Rua 09 .....	43
Figura 14– Microbacia hidrográfica do Novo Gama.....	45
Figura 15 – Tipos de usos na microbacia .....	48
Figura 16 - Planta de situação.....	56
Figura 17 – Locais de implantação das TC .....	56
Figura 18 - Áreas de contribuição .....	57
Figura 19 – Perímetro urbano do município do Novo Gama, conforme lei complementar nº634 .....	58
Figura 20 – Trincheira de Infiltração 01 .....	72
Figura 21– Trincheira de Infiltração 02.....	72
Figura 22– Trincheira de Infiltração 03.....	73
Figura 23– Trincheira de Infiltração 04.....	73
Figura 24 - Poços de Infiltração 01 e 02.....	74

**LISTA DE QUADRO E TABELAS**

Quadro 1 - Categorias de Técnicas Compensatórias .....	32
Quadro 2 - Vantagens e desvantagens das técnicas escolhidas .....	44
Tabela 1 - Cálculo do fator CN .....	48
Tabela 2 – Características do talvegue .....	49
Tabela 3 – Tempo de Concentração .....	49
Tabela 4 – Características da área de contribuição - Trincheira 01.....	59
Tabela 5 – Características da área de contribuição - Trincheira 02.....	60
Tabela 6– Características da área de contribuição - Trincheira 03.....	60
Tabela 7– Características da área de contribuição - Trincheira 04.....	60
Tabela 8– Volume de projeto das trincheiras de infiltração .....	61
Tabela 9– Volume Total e dimensões finais das Trincheiras de Infiltração .....	62
Tabela 10 – Informações de entrada para dimensionamento .....	66

**LISTA DE GRÁFICO**

Gráfico 1 - Hietograma de projeto.....	50
Gráfico 2 -- Volume Infiltrado: Trincheira 01.....	63
Gráfico 3– Volume infiltrado – Trincheira 02.....	63
Gráfico 4– Volume Infiltrado – Trincheira 03 .....	64
Gráfico 5– Volume Infiltrado – Trincheira 04 .....	64
Gráfico 6– Comparação entre volumes infiltrados das trincheiras de infiltração .....	65
Gráfico 7– Cenário 01: Poço de infiltração com diâmetro de 2,0 metros. ....	67
Gráfico 8– Cenário 02: Poço de infiltração com diâmetro de 1,50 metros. ....	67
Gráfico 9– Cenário 03: Poço de infiltração com diâmetro de 1,0 metro.....	68
Gráfico 10– Cenário 04: Uso de 2 poços de infiltração com 2,0 metros de diâmetro.....	69
Gráfico 11– Cenário 05: Uso de 2 poços de infiltração com 1,5 metros de diâmetro.....	69
Gráfico 12– Cenário 06: Uso de 2 poços de infiltração com diâmetro de 1,0 metro .....	70
Gráfico 13 – Comparação entre os cenários 01 a 06 .....	70

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>
1.1 Objetivo geral.....	23
1.2 Objetivos específicos .....	23
1.3 Problema.....	23
1.4 Hipótese .....	24
1.5 Justificativa .....	24
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>25</b>
2.1 Definição e Contexto Histórico .....	25
2.1.1 Fase Higienista .....	25
2.2 Cenário Brasileiro.....	26
<b>2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....</b>	<b>27</b>
2.3.1 Técnicas Sustentáveis .....	27
2.3.1.1 Low Impact Urban Design and Development (LIUDD) .....	27
2.3.1.2 Water Sensitive Urban Design (WSUD) .....	28
2.3.1.3 Best Management Practices (BMP) .....	28
<b>2.4 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS .....</b>	<b>29</b>
2.4.1 Medidas não estruturais.....	29
2.4.1.1 Plano Diretor.....	30
2.4.1.2 Código de Meio Ambiente .....	30
2.4.1.3 Lei de Uso e Ocupação do Solo.....	31
2.4.2 Medidas estruturais.....	31
2.4.2.1 Bacia de Detenção e Bacia de Infiltração .....	32
2.4.2.2 Bacia de Retenção .....	34
2.4.2.3 Vala de Infiltração .....	35
2.4.2.4 Trincheira de Infiltração.....	36
2.4.2.5 Pavimento Permeável.....	37
2.4.2.6 Poço de Infiltração .....	38
<b>2.5 SOLO .....</b>	<b>39</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1 Município do Novo Gama .....	40
3.2 Escolha das Técnicas Compensatórias.....	43

	21
3.3 Bacia Hidrográfica .....	44
3.4 Hietogramas.....	45
3.4.1 Método dos Blocos Alternados .....	46
3.4.2. Equação Intensidade-Duração-Frequência .....	46
3.4.3. Tempo de concentração .....	46
3.4.4 Coeficiente de permeabilidade do solo.....	51
3.4.5 Período de Retorno.....	51
3.5 Dimensionamentos.....	52
3.5.1. Poços de Infiltração .....	52
3.5.2 Trincheiras de Infiltração .....	53
3.6 Área de contribuição .....	55
<b>4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....</b>	<b>57</b>
4.1. Plano Diretor do Novo Gama.....	57
4.2 Dimensionamento .....	59
4.2.1. Trincheiras de Infiltração .....	59
4.2.2. Poços de Infiltração .....	66
<b>5.0 PROJETO DE DRENAGEM.....</b>	<b>71</b>
<b>6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>75</b>
<b>7.0 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A – COEFICIENTES CURVE NUMBER.....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Drenagem Urbana é um dos componentes do Saneamento Básico, onde a Lei Federal nº 11.445/2007 estabelece a universalização e o pleno atendimento aos serviços vistos como essenciais (BRASIL, 2007). Ela é definida pela Lei Federal nº 14.026/2020 como as medidas e instalações construídas com o objetivo de transportar, deter ou reter as águas pluviais para diminuição de seu impacto, incluindo o seu tratamento e disposição final (BRASIL, 2020).

Segundo Christofidis *et. al.* (2019), a drenagem urbana passou por diversas fases nas quais eram propostas soluções baseadas no entendimento que os especialistas tinham em cada época. A primeira fase é a Higienista ou Tradicional, na qual a água era tratada como algo a se livrar o mais rapidamente possível, segundo Christofidis *et. al.* (2019), para que não circulasse pela superfície e contaminasse a população com doenças de veiculação hídrica, entretanto, esta metodologia foi avaliada como falha por transferir o problema a jusante do escoamento, afetando outras regiões (TUCCI, 2012).

No Brasil, a forma com que a drenagem é tratada atualmente não é diferente da abordada anos atrás, visto que Souza (2013) apontou que a atuação das cidades e municípios em postergar e terceirizar o cuidado com as águas pluviais ocorre em várias das cidades brasileiras. Por conseguinte, se sucede uma divergência entre o planejamento urbano e o desenvolvimento sustentável, contribuindo para eventos de alagamentos e inundações. Uma infraestrutura urbana ineficaz ou deficiente pode favorecer o surgimento desses fenômenos (TASCA *et al.*, 2017).

Neste contexto, as enchentes são eventos que afetam drasticamente diversas áreas da dinâmica urbana, tais como transporte, saúde e habitação, como observado por Miguez (2015), que afirmou ser o fenômeno natural que mais causa prejuízos e destruição. Segundo JHA *et. al* (2012), no contexto urbano a tendência mundial foi de aumento de eventos de inundações nas últimas décadas, onde estes eventos podem ser facilmente relacionados com o aumento da urbanização nesse mesmo período. Martins (2012) discorre o exemplo da cidade do Rio de Janeiro e New Orleans, vítimas de grandes alagamentos, explicitando ainda mais a necessidade de um sistema de drenagem urbana que não demande excessivamente do solo ou dos recursos hídricos.

Outro fator que influencia a eficiência da Drenagem Urbana é o investimento feito pelo Estado, visto que quanto mais capital é voltado para a implantação de equipamentos de infraestrutura, mais necessidades são supridas. O investimento feito em Saneamento Básico entre os anos de 2016 e 2020 no Brasil possui bruscas variações e baixa estabilidade, onde no

ano de 2020 houve aumento de verba de 125,09% comparado com o ano de 2019, destinado ao setor (CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO, 2021). Tradicionalmente, os maiores gastos são direcionados ao Esgotamento Sanitário e Abastecimento, precarizando o atendimento a drenagem urbana (BRASIL, 2011)

Conforme as pautas do Desenvolvimento Sustentável se tornaram mais necessárias, outras soluções de infraestrutura urbana surgiram em substituição às antigas. Deste modo, as Técnicas Compensatórias ou *Low Impact Development* (LID) são técnicas em que o foco da abordagem é a fonte do escoamento, simulando o fenômeno do escoamento e infiltração ao mais próximo do que acontece naturalmente, desobstruindo e exigindo menos do sistema de drenagem tradicional, segundo Almeida *et. al.* (2014). Estão inclusos os Telhados Verdes, Valas de Infiltração, Bacias de retenção, Pavimentos Porosos, dentre outros (DUTRA; SILVA, 2019).

Nas circunstâncias anteriormente citadas e visando a diminuição do volume de águas pluviais escoados superficialmente numa microrregião do município do Novo Gama – GO, este trabalho objetiva-se aos estudos das características físicas, legislativas e de Normas Técnicas para aplicação de Técnicas Compensatórias na região supracitada.

### 1.1 Objetivo geral

Propor projeto com Técnicas Compensatórias para o controle do escoamento superficial em uma microrregião do Novo Gama – GO.

### 1.2 Objetivos específicos

- Compreender as variáveis que possibilitam a aplicabilidade de Técnicas Compensatórias no município de Novo Gama – GO.
- Dimensionar Técnicas Compensatórias.
- Analisar melhor adequação de Técnicas Compensatórias, para escoamento superficial de águas pluviais na microrregião do município de Novo Gama.

### 1.3 Problema

No Brasil, não existe na maior parte das cidades e municípios, um entendimento por parte dos governantes dos impactos que a má gestão da Drenagem Urbana pode causar, pois não há na maioria das cidades e municípios um prestador de serviço responsável pela drenagem

urbana, apenas indivíduos isolados que atuam no setor (IPEA, 2010).

Diante do cenário apresentado, o município do Novo Gama – GO possui somente 20,4% de suas residências com acesso a urbanização apropriada (IBGE, 2010), não sendo uma porcentagem satisfatória para um município com 117.703 habitantes (IBGE, 2020), logo, a maior parte dos moradores não se encontram em locais com Drenagem Urbana adequada.

#### 1.4 Hipótese

As Técnicas Compensatórias projetadas no município do Novo Gama, poderão diminuir o volume de água pluvial escoado superficialmente.

#### 1.5 Justificativa

Segundo Almeida (2014), normalmente os projetos de Drenagem Urbana exigem uma quantia considerável de capital para a sua execução, o que não é compatível com a realidade orçamentária da maioria dos municípios brasileiros. Neste sentido, as técnicas compensatórias abordam a fonte do escoamento, logo, o volume a jusante é menor e por conseguinte necessita de menos custos com drenagem a posterior. Outra vantagem é a integração do equipamento de Drenagem Urbana que tem como função inicial de absorver águas pluviais servir também como objeto paisagístico do local onde é instalado (ALMEIDA, 2014).

A discussão e o entendimento que o desenvolvimento desenfreado das cidades poderiam ser prejudiciais à infraestrutura urbana, surgiu há somente 30 anos, expõe Martins (2012). Desde então, foram publicados trabalhos sobre ações e medidas que auxiliam a Drenagem Urbana, tais como as Técnicas Compensatórias. No Brasil, a maior parte dos trabalhos desenvolvidos referente às Técnicas Compensatórias voltam-se para regiões mais urbanizadas como o Sudeste ou Sul, como por exemplo os estudos de GONÇALVES *et. al.* 2019 e OLIVEIRA *et. al.* 2016, não sendo considerados cenários além desses.

Ressalta-se que uma das atribuições concedidas pelo CONFEA (2016), confere ao engenheiro civil a capacidade de projetar e planejar um sistema de drenagem urbana eficiente e sustentável, considerando novas possibilidades e variáveis conforme os contextos se alteram, logo, o cenário do município apresentado a priori torna-se uma oportunidade de contribuir com a literatura de drenagem urbana.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Definição e Contexto Histórico

Segundo Funasa (2019), a drenagem pode ser definida como o sistema de canais fechados ou abertos que transportam o escoamento de um local para o outro. Este conceito, quando aplicado no contexto da Drenagem Urbana, pode ser entendido como os serviços e infraestruturas que possibilitam que o escoamento superficial proveniente da água da chuva seja retido ou drenado para posterior tratamento e disposição.

Como meio de garantir a sua sobrevivência, a espécie humana se desenvolvia preferencialmente ao longo de locais que proovessem os recursos dos quais mais necessitavam, como a água e comida, como no caso da cidade de Roma (MIGUEZ, 2015). Na antiguidade, a cidade de Roma foi exemplo na construção de estradas, abastecimento de água e de drenagem, onde este último item foi fator decisivo no assentamento da cidade em função do rio Tibre com sua margem úmida (MIGUEZ, 2015).

Conforme as cidades se desenvolviam econômica e tecnologicamente, foram construídos sistemas que conferiam a possibilidade de a população habitar locais que anteriormente não eram possíveis, devido à alagamentos naturais ou às calhas secundárias dos cursos de água (ABES, 2009). Com o advento da Revolução Industrial, o desenvolvimento foi elevado a patamares nunca antes observado, de modo que houve um êxodo por parte da população rural em direção às cidades, ocasionando um desequilíbrio em função do desenvolvimento desenfreado dos indivíduos (BENEVOLO, 2001 apud MIGUEZ, 2015).

#### 2.1.1 Fase Higienista

Segundo Tucci (2012), em virtude do desequilíbrio causado pelo descontrole populacional, a preocupação pairava sobre as doenças de veiculação hídrica, visto que a população infectava os corpos de água que viriam a consumir posteriormente. As cidades eram reconhecidas por serem o núcleo de diversas doenças desde a antiguidade, de tal forma que havia uma linha de estudos denominada “Topografia Médica”, cujo objetivo era estudar e apontar as condições sanitárias das cidades, que geraram diversas ponderações sobre o tema, de acordo com Chasles (2016). Logo, para que as doenças de veiculação hídrica não se propagassem ainda mais, foram tomadas medidas que seriam classificadas como higienistas.

De acordo com Christofidis et. al. (2014), higienismo, que se sucedeu entre 1855 e 1990,

foi a denominação dada para medidas que tinham como cerne principal a disposição tardia e subterrânea das águas da chuva, onde eram vistas como indesejáveis e como passíveis de serem transportadas o mais rapidamente possível. Ainda de acordo com o mesmo autor, os resultados dessas medidas causaram menor tempo de concentração das águas pluviais nas vias e agravamento no pico das cheias dos corpos d'água, visto que o volume que outrora infiltrava no solo passou a ser direcionado diretamente ao corpo d'água. Na prática, foram construídas estruturas de drenagem que melhoraram o escoamento local e o aumento da largura das ruas e, tais medidas, em consonância com outras voltadas à saúde pública, resultaram na diminuição da mortalidade (CHASLES, 2016).

Em paralelo, a forma como as águas pluviais escoavam eram prejudiciais ao meio ambiente, uma vez que esse volume não era submetido a nenhum tratamento ou meio que diminuísse o nível de carreamento de sujeiras e impurezas levadas aos rios e córregos. A limpeza das vias impacta na quantidade e na qualidade da água, pois a precipitação carrega os resíduos para o sistema de drenagem (MARAIS et. al. 2004, apud VALENCIA 2016). Em suma, os corpos d'água eram poluídos novamente.

A partir da década de 90, houve uma mudança na abordagem que era submetida o tema da Drenagem Urbana. Em função dos alagamentos, enchentes e poluição dos rios, entendeu-se que a variável “meio ambiente” deveria ser considerada na equação de um bom sistema de drenagem. Logo, medidas como o tratamento terciário que consiste na remoção de metais pesados e partículas específicas, em conjunto com a otimização máxima do sistema natural ocasionam em melhores condições de vida, redução das enchentes e conservação ambiental (TUCCI, 2012; VLACAVIK, 2010).

## **2.2 Cenário Brasileiro**

No cenário brasileiro, grandes cidades como São Paulo, Brasília, Porto Alegre e Campo Grande ainda se encontram na fase higienista. Segundo Hirata *et. al.* (2013), a cidade de São Paulo vive sujeita a diversos transtornos relacionados a alagamentos devido a forma com que a ocupação se deu, visto que não foi planejada. Somente no mês de março de 2013, houve 57 pontos intransitáveis na cidade em função de alagamentos, que são comuns no verão em decorrência do alto volume de chuva neste período e ao alto nível de impermeabilização da cidade (SÃO PAULO, 2013; HIRATA *et. al.*, 2013).

Brasília, apesar de ter sido planejada com várias áreas verdes ao longo de toda a capital que poderiam atuar na infiltração das águas pluviais, está sujeita a vários trechos com

inundação. A razão desses fenômenos acontecerem na cidade, se deve em virtude do mal planejamento e do crescimento das regiões adjacentes (STEINKE, 2004 apud PARIZOTTO, 2016). A construção da capital do país foi finalizada na década de 60, logo, mediante a tudo o que foi supracitado referente a lógica de Drenagem Urbana, pode se entender que o planejamento que foi idealizado pelos fundadores da cidade é coerente com o a linha de pensamento higienista da época sobre drenagem urbana (JACQUES; JUNIOR, 2017).

## **2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

O Desenvolvimento Sustentável parte do princípio de que os recursos naturais devem ser preservados e utilizados com parcimônia em prol das futuras gerações. A primeira menção a um termo semelhante a esse foi cunhado em 1973 por Maurice Strong, mencionando o conceito de “ecodesenvolvimento” (BRÜSEKE, 1994). Atualmente, o termo é aplicado em diversos projetos que buscam ampliar o olhar e considerar na problemática do desenvolvimento a questão ambiental (BRÜSEKE, 1994).

### **2.3.1 Técnicas Sustentáveis**

Em paralelo, outras perspectivas mais amigáveis e responsáveis em relação ao meio ambiente surgiram, conforme o debate sobre meios mais sustentáveis entrou em pauta. Cada país respondeu criando conceitos e definições mais convenientes às regiões onde viviam (LOTTERING, 2015).

#### *2.3.1.1 Low Impact Urban Design and Development (LIUDD)*

Segundo Fletcher *et. al.* (2014), a abordagem “Low Impact Urban Design and Development (LIUDD)” surgiu na Nova Zelândia como uma vertente das Técnicas Compensatórias (TC), visto que as duas tem como objetivo não somente transportar as águas pluviais por meio de dutos e canais, mas sim fazê-lo utilizando artifícios mais naturais se comparado com o que era feito antes de 1990. A LIUDD tem primordialmente como linha de ação a aplicação de técnicas voltadas a diminuição da poluição, onde a vegetação possui grande papel e é protagonista nas abordagens, não sendo necessariamente aplicada somente no cenário da Drenagem Urbana (IGNATIEVA *et. al.*, 2008).

Ainda de acordo com Ignatieva *et. al.* (2008), a vegetação é um componente que

possibilita a criação da identidade de um local, logo, além de proporcionar ferramentas que auxiliam a infraestrutura das cidades, contribui para o senso de pertencimento dos indivíduos para com a cidade.

### *2.3.1.2 Water Sensitive Urban Design (WSUD)*

Segundo Wong *et. al.* (2002) apud Fletcher *et. al.* (2014), a abordagem Water Sensitive Urban Design (WSUD) baseia-se na “abordagem filosófica para o planejamento urbano que visa minimizar os impactos hidrológicos do desenvolvimento urbano em torno do meio ambiente. A gestão das águas pluviais é um componente da WSUD direcionada a prover o controle de inundações, gestão do escoamento, melhora da qualidade da água e oportunidades de reter as águas pluviais para suplementar redes de água para usos não potáveis” (tradução do autor).

Surgiu na Austrália na década de 90, onde busca boas práticas com as águas pluviais, incluindo: captação e reutilização da água, redução do escoamento de água da chuva, garantia da qualidade das águas de Drenagem Urbana e uso de técnicas como telhados verdes (FLETCHER *et. al.*, 2014; LOTERRING *et. al.*, 2015).

### *2.3.1.3 Best Management Practices (BMP)*

A partir das prescrições da Clean Water Act nos Estados Unidos em 1987, que previa a definição de critérios para a qualidade da água juntamente com a sua proteção, as Best Management Practices (BMP) prescreveram métodos que deveriam ser utilizados e serviriam futuramente como parâmetro de cumprimento no que diz respeito a não poluição dos corpos d’água, no qual o governo poderia atestar mediante cumprimento das diretrizes contidas na BMP, que incluem manter a integridade do meio físico, químico e biológico dessas águas (United States Environmental Protection Agency, 2004).

Segundo Fletcher *et. al.* (2014), na conjuntura internacional, as BMP são muito utilizadas no contexto da agricultura, visto que a água é um dos elementos que são usados no processo de desenvolvimento do que se está plantando e pesticidas podem poluir o solo e corpos d’água. Ainda de acordo com Fletcher *et. al.* (2014), na conjuntura da Drenagem Urbana, são prescritas majoritariamente medidas não estruturais como diminuição do uso dos fertilizantes e pesticidas.

## 2.4 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS

De acordo com Almeida (2014), as Técnicas Compensatórias (TC) são métodos estruturais e não estruturais que consistem em aplicações de táticas de Drenagem Urbana com descentralização do fluxo do escoamento superficial, em prol do foco na origem do escoamento. No que tange à classificação, as TC se enquadram nas denominadas *Low Impact Development* (LID), vertente da drenagem que visa aplicar técnicas com o menor impacto ambiental possível.

Conforme art. 1º da Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986, o impacto ambiental pode ser definido como:

“(...) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – as atividades sociais e econômicas;

III – a biota;

IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V – a qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA, 1988)

As características gerais das TC são as vantagens em função da minimização dos custos visto que não há necessidade de tantas tubulações se comparado com o método tradicional, redução do tempo de vazão e diminuição da vazão de pico, já que a água pode ser retida ou detida (ALMEIDA, 2014). Entretanto, cada tipo de Técnica Compensatória possui características e vantagens a depender da variação escolhida.

### 2.4.1 Medidas não estruturais

De acordo com Taylor e Fletcher (2007) apud Kawatoko (2012), as medidas não estruturais são estratégias que tangem o planejamento, gerenciamento e procedimentos, no qual ferramentas como leis e diretrizes, incluindo o Plano Diretor, podem ser adotados. O autor ainda aponta diversos exemplos que foram e podem ser aplicados, variando desde a implantação de campanhas educativas a fim de reduzir o volume de poluição na Austrália, até a construção de estabelecimento para pesca recreativa nas bacias de retenção com objetivo de conscientizar a população em Bangladesh. Tucci (2012) complementa que tais medidas exigem a colaboração de toda a população, visto que as medidas não estruturais devem integrar todos os aspectos do meio urbano.

#### *2.4.1.1 Plano Diretor*

O Plano Diretor é uma ferramenta prescrita pela Lei Federal nº 10.257, conhecida como Estatuto das Cidades, que objetiva estabelecer critérios da dinâmica urbana, dentre eles: políticas públicas sobre uso e desuso do solo, garantias de direitos fundamentais que o município deve prover tais como acesso ao saneamento básico, infraestrutura urbana e outros serviços públicos; medidas que garantem a segurança do meio ambiente, entre outros critérios estabelecidos no art. 2º (BRASIL, 2001).

Segundo Soluções para Cidades e ABCP (2013), o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) tem como função fornecer ferramentas que possibilitem o gerenciamento das variáveis referentes à drenagem, tais como a gestão da micro e macrodrenagem, zoneamento urbano e bacia hidrográfica. É prevista pela Lei do Saneamento 11.445/2007, art. 17, § 1º: “O plano regional de saneamento básico poderá contemplar um ou mais componentes do saneamento básico, com vista à otimização do planejamento e da prestação do serviços” (BRASIL, 2007).

Em virtude do Plano Diretor nortear a dinâmica com relação ao uso do solo, o mesmo também pode prescrever orientações referentes ao PDDU. No que tange à aplicação do PDDU, Rocha (2014) disserta que os municípios tendem a reproduzir o Plano Diretor de Drenagem Urbana de outros municípios, não considerando peculiaridades do local em que será aplicado.

Ainda segundo Rocha (2014), deve haver a compatibilidade entre o desenvolvimento urbano e sustentável, que deve ser atingido com o auxílio de um Plano Diretor bem redigido. Alguns exemplos de PDDU que integram esses dois aspectos, são os das capitais de São Paulo e Rio Grande do Sul, no qual o último explicita que “O controle deve ser realizado considerando a bacia como um todo e não em trechos isolados” (PORTO ALEGRE, 2005), sendo compatíveis com a linha de ação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (IPEA, 2010).

#### *2.4.1.2 Código de Meio Ambiente*

A Constituição Federal em seu art. 23, inciso VI, discorre que a responsabilidade de zelar pelo meio ambiente é da União, dos Estados e Municípios (BRASIL, 1988). Logo, os municípios têm a possibilidade de criar medidas que garantam o pleno atendimento do que foi prescrito na constituição, visto que o art. 6 da Lei Federal nº 9.605/1998 prescreve que cabe a autoridade competente a imposição de pena (BRASIL, 1998).

#### *2.4.1.3 Lei de Uso e Ocupação do Solo*

A Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) afirma e regulamenta as prescrições do Plano Diretor, no qual a Constituição Federal no art. 30, inciso IX, responsabiliza o município pela divisão dos usos: “IX – promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” (BRASIL, 1988).

A necessidade da LUOS surge em decorrência da adequação que deve ser feita a cada área do município ou cidade por parte das prefeituras, de forma que seja compatível com as características físicas do local e do que se espera atingir para a região em estudo.

Na conjuntura da Drenagem Urbana, Tucci (2012) aponta que há descon sideração por parte dos municípios em incluir o aspecto da drenagem e inundações no zoneamento, ademais, em conjunto com a leis restritivas em relação ao meio ambiente sem possibilidade de negociação mediante infração, tais medidas geram desobediência, estimulando loteamentos irregulares.

Exemplificando o exposto por Tucci, em consulta a LUOS da cidade de Santos (2018), não é destacado a importância da drenagem urbana, abstendo-se a discorrer sobre a taxa de permeabilidade e ao assoreamento da drenagem. Em contramão do anterior, a prefeitura de São Paulo por meio do art. 3, inciso III, deixa claro a importância que a drenagem possui no tema do zoneamento e uso do solo estabelecendo como diretriz: “III – a promoção da qualificação ambiental do Município, em especial nos territórios de intensa transformação, de forma a contribuir na gestão integrada das águas com ênfase na drenagem urbana e na melhoria da cobertura vegetal”.

#### **2.4.2 Medidas estruturais**

As medidas estruturais tangem as obras físicas propriamente ditas, onde objetiva-se captar, transportar e armazenar as águas pluviais decorrentes do escoamento superficial, alterando o fluxo que outrora era natural (FUNASA, 2019).

Os dispositivos estruturais podem ser divididos em alguns grupos de acordo com a forma com que funcionam quando instalados no local, conforme Quadro 01:

Quadro 1 - Categorias de Técnicas Compensatórias

<b>Categoria</b>	<b>Tipo</b>
<b>Detenção do Escoamento</b>	Bacia de Detenção
	Bacia de Retenção
<b>Dispositivos de Infiltração</b>	Bacia de Infiltração
	Pavimento Poroso
	Trincheira de Infiltração
	Vala de Infiltração

Fonte: Adaptado de PROSAB (2009)

#### *2.4.2.1 Bacia de Detenção e Bacia de Infiltração*

As Bacias de Detenção são dispositivos que podem ser usados em conjunto com a rede tradicional de drenagem, com intuito de receber e diminuir a vazão a jusante por meio da detenção do volume de água a montante, durante o evento da chuva, de forma que o volume a posterior é menor do que o de entrada (GRIBBID, 2006 apud CEOLIN, 2019). Ainda segundo Ceolin (2019), por deterem o volume de chuva e serem esvaziados em seguida, ficam secos quando não há pluviosidade.

Podem ser divididas em dois tipos: as superficiais e as subterrâneas ou profundas. As bacias de detenção superficiais são construídas a céu aberto, podendo deter maiores volumes do que as subterrâneas, visto que esta última é executada quando não há muito espaço disponível (CEOLIN, 2019). Por necessitar de maiores volumes escavados, as bacias de detenção subterrâneas são mais caras, dentre 3 a 5 vezes, entretanto, na maioria das vezes em que este tipo é instalado, a laje superior é usada como local recreativo, o que não ocorre com o do tipo superficial (PORTO ALEGRE, 2021). A Figura 1 mostra uma bacia de detenção superficial instalada na Avenida Polônia, Porto Alegre, que utiliza escadas para o talude formando uma arquibancada no local.

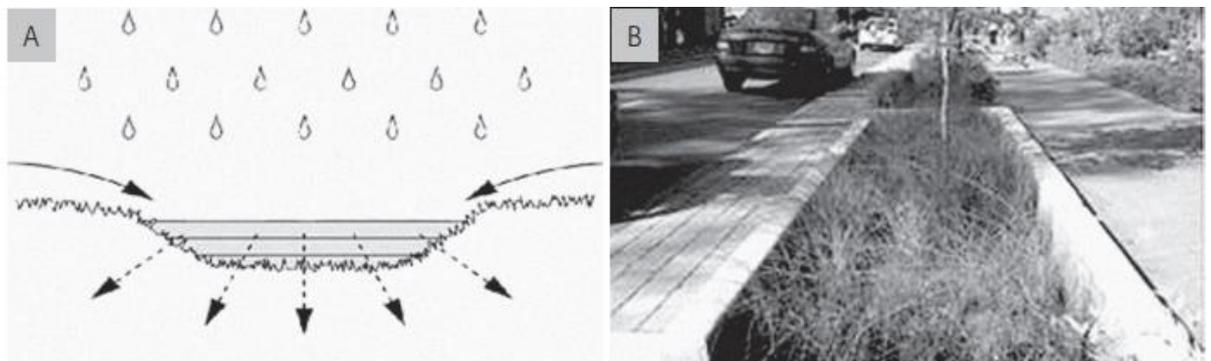
Figura 1 - Bacia de Detenção superficial em Porto Alegre



Fonte: Porto Alegre, 2021

As Bacias de Infiltração são semelhantes às bacias de detenção, em que um fator que as diferencia é o uso na maior parte das vezes separado da rede de drenagem urbana tradicional (PROSAB, 2009). Assim como as bacias de detenção, são facilmente incorporadas a paisagem urbana, podendo ser constituída de vegetação, retirando as impurezas da água que está sendo infiltrada. A Figura 2 expõe dois cenários: o cenário A indica o funcionamento da bacia de infiltração, no qual as águas pluviais são a ela direcionada e então são absorvidas pelas paredes e base; o cenário B mostra uma aplicação bem comum para essas bacias.

Figura 2 - Bacias de Infiltração – Cenário A: Infiltração; Cenário B: Aplicação da Bacia de Infiltração



Fonte: Landcareresearch apud PROSAB 2009

#### 2.4.2.2 *Bacia de Retenção*

Segundo Vieira (2014), as Bacias de Retenção são dispositivos de armazenamento que visam acumular os volumes excessivos das águas pluviais por meio de estruturas semelhantes das bacias de detenção.

Além de diminuir propriamente os excessos das chuvas, a estrutura pode servir como fonte de água para combate a incêndios, como local recreativo e ainda como fonte de água para a vegetação, tais como jardins (VIEIRA, 2014; PROSAB, 2009). Em função da sua característica, as bacias de retenção atuam como locais de decantação de partículas que outrora poderiam adentrar no canal de drenagem tradicional, possuindo a capacidade de decompor substâncias, melhorando a qualidade da água (PROSAB, 2009).

Para que o nível de água seja constante ou não seque, o local de instalação da bacia de retenção deve estar numa cota menor, recebendo as águas a montante de uma região numa cota superior, além de necessitar de uma área relativamente grande e plana (VIEIRA, 2014; PROSAB, 2009). Na Figura 3 é mostrada um exemplo de bacia de retenção construída na Vila Praia de Âncora, com finalidade de diminuir os alagamentos que ocorrem na região (MUNICÍPIO DE CAMINHA, 2018).

Figura 3- Bacia de retenção em Caminha, Portugal



Fonte: Câmara Municipal de Caminha, 2018

### 2.4.2.3 Vala de Infiltração

Segundo Frello (2016), as Valas de Infiltração são estruturas escavadas linearmente ao longo do plano de aplicação, que absorvem as águas pluviais a ela direcionada. Além da água da chuva, as valas também podem ser aplicadas em sistemas de tratamento de efluentes sanitários, tais como estruturas que atuam como filtrantes do efluente sanitário, como filtros sépticos e sumidouros (LIMA, 2016).

No contexto da drenagem urbana, são usadas para amenizar o impacto do deflúvio. É comumente inserido no sistema construtivo das valas, agregados graúdos a fim de reter partículas, visto que a depender do tipo de solo e das condições da água que chega à vala, há o risco de entupimento, comprometendo o funcionamento da estrutura (FUNASA, 2019; PROSAB, 2009).

Há diversos tipos de valas, dentre elas há as retangulares e trapezoidais, sendo este último o mais utilizado quando pretende-se drenar as águas pluviais (FRELLO, 2016). São empregadas quando o fluxo possui pequena velocidade e volume, pois o solo satura rapidamente anulando o efeito da infiltração (PACHECO, 2015). Ainda de acordo com a mesma autora, caso as chuvas sejam recorrentes e fracas, há a possibilidade de proliferação de insetos e doenças, já que o solo sempre ficará saturado, criando poças e não secando completamente.

A Figura 4 mostra uma vala de infiltração, instalada em um local muito comum às valas de infiltração, próximo a guia da calçada.

Figura 4 – Esquema e aplicação da Vala de Infiltração



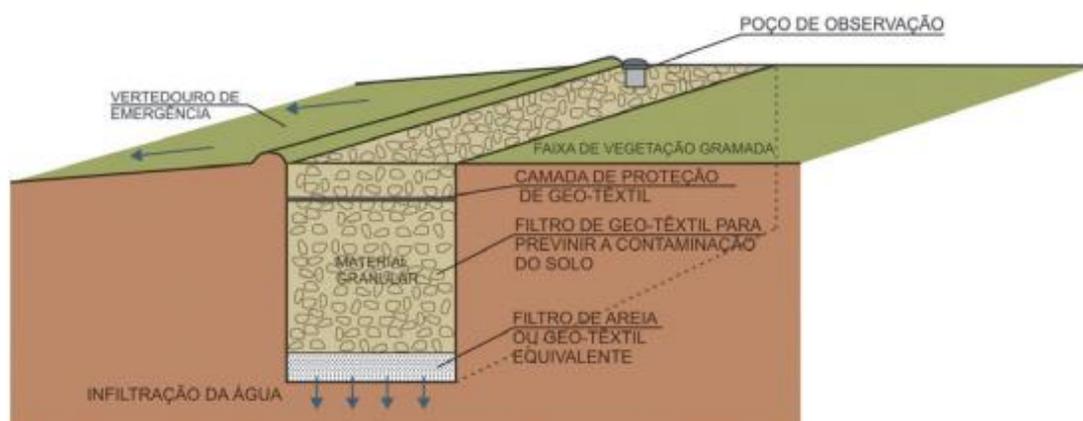
Fonte: Thcahill apud PROSAB, 2009

#### 2.4.2.4 Trincheira de Infiltração

Segundo ADASA (2018), as trincheiras de infiltração são estruturas lineares que possuem capacidade de diminuir o impacto das águas pluviais. São semelhantes às valas de infiltração, diferenciando-se em função da área disponível para drenagem, visto que as trincheiras possuem maiores profundidades, logo, são capazes de receberem maiores volumes de águas pluviais.

O formato da trincheira pode ser retangular ou trapezoidal e superficial ou profunda, em que o fator predominante da escolha de qual será o tipo escolhido, é o espaço disponível para instalação do dispositivo (MELO *et. al.*, 2016). É composta basicamente de uma trincheira, com material granular envolto em membrana geotêxtil, que possui função de diminuir a colmatação da trincheira de infiltração, como indicado na Figura 5 (FEITOSA, 2015). Feitosa (2015) ainda pontua que há a possibilidade de ser instalados tubos e outras estruturas, afim de conduzir as águas pluviais excessivas para a rede tradicional de drenagem urbana.

Figura 5 – Trincheira de Infiltração



Fonte: São Paulo, 2012

Silva (2007) sugeriu a aplicação de garrafas PET nas trincheiras de infiltração como componente que poderia potencialmente substituir os agregados graúdos da estrutura, de forma que mediante os seus estudos, concluiu que a inserção dos plásticos contribui com a estabilidade das trincheiras, além de direcionar o uso desses itens que possuem longa vida útil.

#### 2.4.2.5 Pavimento Permeável

De acordo com Pinto (2011), os pavimentos permeáveis são obras de pavimentação que tem como objetivo permitir a entrada de água no pavimento, seja por meio dos poros do material a ser usado ou por meio de vazios entre a estrutura.

Ainda segundo o mesmo autor, os tipos de revestimentos mais acessíveis são os blocos de concreto e o revestimento poroso, conhecido como Camada Porosa de Atrito (CPA). Segundo a norma que rege este tipo de pavimento, a DNER-ES 386/99 define que o CPA é “(...) constituída de agregado, material de enchimento (fíler) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente” (DNER, 1999).

O CPA em si não deve ser considerado como um substituto de equipamentos de drenagem urbana, como bocas de lobo, bueiros, sarjetas, entre outros, visto que o intuito inicial dele é diminuir os riscos de aquaplanagem na via (LUIZ *et. al.*, 2020).

Os pisos intertravados e estruturas semelhantes são classificados como semipermeáveis, em que são usados blocos de concreto industrial, blocos de concreto vazados, possuindo base granular e filtro para que as partículas de areia se movam de lugar (AGOSTINHO; POLETO, 2012). A NBR 15953/2011 prescreve os passos necessários para a execução do piso intertravado de concreto, em que em suma indica os mesmos procedimentos e etapas de verificação para pavimentos flexíveis.

Nas Figuras 6 e 7, são indicados os pavimentos permeáveis do tipo CPA e os semipermeáveis, sendo eles os pisos intertravados e semelhantes.

Figura 6 - Pavimento CPA



Fonte: USP

Figura 7- Pisos Intertravados

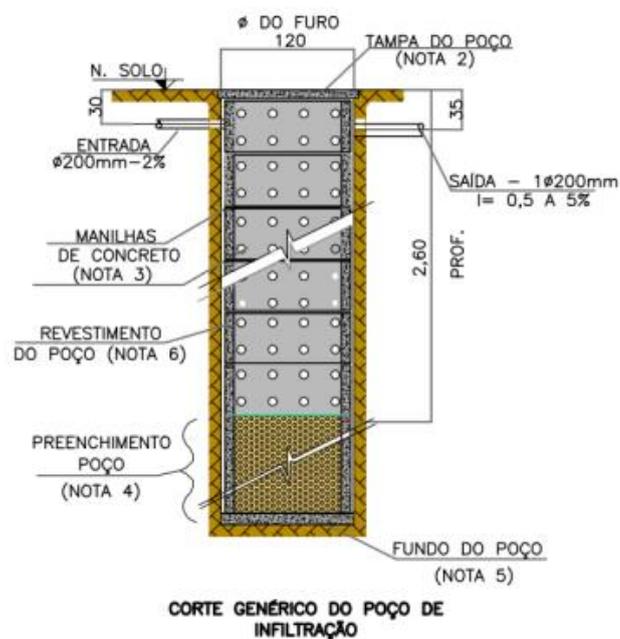


Fonte: AGOSTINHO; POLETO, 2012

#### 2.4.2.6 Poço de Infiltração

Segundo Peixoto (2011), os poços de infiltração são estruturas que atuam pontualmente no escoamento superficial, sendo constituídos basicamente de um poço escavado que pode ser ou não revestido com tubo de concreto, um poço de inspeção que direciona a água do local em que está sendo absorvida a água para a estrutura do poço de infiltração e, por último, filtros drenantes e canalizações que direcionam a água que não foi absorvida pelo poço de infiltração para o poço de inspeção, para que em fim seja conduzido para a rede tradicional de drenagem urbana. O esquema desta estrutura está indicada na Figura 8, indicando os detalhes genéricos de um poço de infiltração revestido com manilhas de concreto.

Figura 8 – Detalhes genéricos de um poço de infiltração



Fonte: CEASA, 2019

Em vista das características de que o poço de infiltração possui de amortecer localmente o deflúvio, a prefeitura de São Carlos no estado de SP, incluiu na sua legislação municipal a obrigatoriedade do proprietários dos lotes instalarem esse tipo de técnica compensatória afim de diminuir o volume de escoamento superficial (FERREIRA *et. al.*, 2018).

## **2.5 SOLO**

Em decorrência das Técnicas Compensatórias possibilitarem que as águas pluviais adentrem e infiltrem o solo, as características pedológicas devem ser determinadas visto que fazem parte dos parâmetros de dimensionamento. Um dos principais fatores que devem ser analisados mediante possibilidade de implantação de medidas de controle na fonte que atuam sob infiltração, é a colmatção do dispositivo de drenagem.

Segundo Matos *et. al.* (2018), colmatção é o processo em que a redução de vazios ocorre, em que no contexto dos dispositivos de infiltração, acontecem devido ao direcionamento e carreamento de materiais e substâncias juntamente com as águas pluviais, interferindo no tempo e na taxa de infiltração (LUCAS *et. al.*, 2015).

## **3 METODOLOGIA**

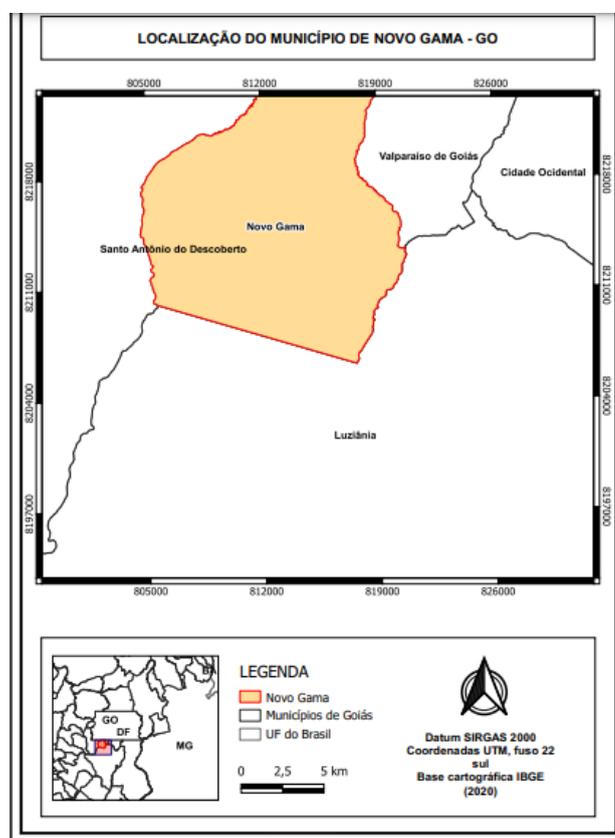
Segundo EPA (2000), as Técnicas Compensatórias devem abordar primordialmente os seguintes contextos: análise hidrológica, práticas de gerenciamento, erosão e controle de sedimentos, planejamento do local e divulgação a população. A área a ser estudada deve ser caracterizada, no qual deve conter as informações como uso e tipo do solo, índice pluviométrico da região e normativas referente ao Plano Diretor e as suas disposições. As variáveis supracitadas serão obtidas por trabalhos contidos na bibliografia e nos manuais de drenagem urbana de cidades e municípios do Brasil. A Associação de Normas Técnicas Brasileiras (ABNT) não possui disposições ou recomendações sobre o cálculo ou considerações de dimensionamento dos equipamento de Técnicas Compensatórias, logo, será usado como dispositivo orientador o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Distrito Federal, em conjunto com o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (volume II).

Em seguida, mediante caracterização da área de estudo, será analisado o volume de chuva no trecho considerado e em consonância com as outras características da região, será verificado qual Técnica Compensatória é adequada para a área de estudo

### 3.1 Município do Novo Gama

O município do Novo Gama fica localizado no entorno do Distrito Federal, estado de Goiás, possuindo uma área de 194.586 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020). A sua formação se deu por meio de financiamento habitacional do FGTS para imigrantes do Nordeste, por volta da década de 70, para que pudessem estabelecer moradia e executar serviços de desenvolvimento do DF (CODEPLAN, 2013; IBGE, 2015). A Figura 9 indica os municípios que o Novo Gama (GO) faz divisa, sendo eles Santo Antônio do Descoberto (GO), Valparaíso de Goiás (GO), Gama (DF) e Luziânia (GO).

Figura 9 - Município de Novo Gama e suas divisas em vermelho



Fonte: Autor, 2021

Inicialmente o município do Novo Gama (GO) fazia parte do município de Luziânia (GO), distantes 33 km, entretanto, com o aumento da população, foi instituído por meio da Lei Estadual nº 12.680/1995 a transformação “(...) em município, com topônimo de Novo Gama, o atual Distrito do mesmo nome, do Município de Luziânia, deste Estado (...)” (GOIÁS, 1995). O município do Novo Gama (GO) é distante em cerca de 40 km da capital do país, Brasília (DF).

Referente às características hidrológicas da região, o município recebe as águas do

Ribeirão Paiva, Córrego São Sebastião e Rio Alagado, constituintes da Bacia Hidrográfica do Paraná (SNIRH, 2021). Fonseca e Costa (2016) realizaram um estudo sobre medidas de proteção e recuperação das nascentes do Ribeirão Paiva, em que concluíram que as nascentes não encontram-se preservadas, onde poderiam ser aplicadas medidas de proteção como cercas convencionais, cercas vivas e propagandas educativas para conscientização da população.

Neste interim, a microrregião que será abordada neste estudo é o Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO). Criado no ano de 1993, a região era tida como irregular visto que os moradores não possuíam Certidão de Matrícula, não havendo meios de comprovar a propriedade do imóvel, todavia, esta situação mudou mediante iniciativa da prefeitura de regularização dos imóveis por meio da regularização fundiária (NOVO GAMA, 2020).

Ainda segundo o município do Novo Gama (2013), referente aos equipamentos urbanos a área de estudo não possui pavimentação asfáltica, por conseguinte, não possui sistema de drenagem, todavia, é completamente atendida com abastecimento de água. A Figura 10 mostra a imagem de satélite do Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO).

Figura 10– Imagem de satélite do Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO), em vermelho



Fonte: Autor, 2021

De acordo com o Plano de Regularização Fundiária (2013), o tamanho estimado da área é de 15,8 ha e o tamanho médio dos lotes é de cerca de 200 m<sup>2</sup>. No que tange ao uso e ocupação de solo, a região é residencial e possui baixa densidade populacional com 0,84 hab./km<sup>2</sup> e taxa de ocupação de 0,4, sendo classificada como baixa para o município (NOVO GAMA, 2013).

As Figuras 11 e 12 indicam o atual estado das vias do loteamento, onde é possível notar o grande volume de poeira que encontra-se presente nas vias. Há estudos que relacionam a quantidade de poeira no ar com diversos casos de internações em função de problemas

respiratórios, como os estudos de Ma (2016), Liu *et. al.* (2017) e Yang *et. al.* (2020), dentre outros autores, logo, é possível concluir que este volume de solo desprendido pode vir a contribuir com internações em decorrência de problemas respiratórios, principalmente em idosos e crianças com comorbidades que residem no Grande Vale, Novo Gama (GO).

Figura 11 – Principal entrada do Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO)  
(Coordenadas DMS: -16.058881, -48.049124)



Fonte: Próprio autor, 2021

Figura 12 – Rua contendo o posto de saúde da região do Loteamento Grande Vale, Novo Gama (GO)



Fonte: Próprio autor, 2021

Em específico, será abordado a Rua 09 do Loteamento Grande Vale, visto que é ligado a entrada principal da região e possui área gramada favorável à implantação de técnicas compensatórias. As quadras foram divididas em blocos, para que o entendimento do efeito da impermeabilização e por conseguinte, do escoamento superficial dos telhados e outras estruturas fosse facilitado. A Rua 09 está indicada na Figura 13, por meio do traçado vermelho.

Figura 13 – Delimitação da área de estudo: Rua 09



Fonte: Autor, 2021

### 3.2 Escolha das Técnicas Compensatórias

Os poços e vala de infiltração foram as técnicas compensatórias escolhidas para serem dimensionadas para a área de estudo, em função primordialmente do espaço que essas técnicas podem vir a ocupar no Loteamento Grande Vale (GO), visto que são estruturas que podem ter suas dimensões alteradas com flexibilidade, além de serem adequadas em áreas sujeitas a risco sedimentológico (ADASA, 2018).

A seguir no Quadro 2, estão descritas as principais características das técnicas compensatórias escolhidas, em que são listadas as vantagens e desvantagens de cada uma. De forma geral, as duas técnicas abrangem as mesmas desvantagens, diferindo significativamente nas vantagens já que a infiltração em cada uma dessas estruturas ocorrem de forma diferente em função da geometria.

Quadro 2 - Vantagens e desvantagens das técnicas escolhidas

<b>Técnica Compensatória</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Poços de Infiltração</b>	Boa integração no meio urbano	Manutenção para evitar colmatção
	Possível recarga do aquífero subterrâneo	Risco de poluição do lenol freático
	Redução dos volumes advindos da rede de drenagem clássica	Baixa capacidade de armazenamento
<b>Trincheira de Infiltração</b>	Redução das dimensões dos dispositivos de drenagem urbana convencionais	Manutenção para evitar colmatção
	Ganho paisagístico	Risco de poluição do lençol freático
	Fácil execução	Diminuição da eficácia a depender da declividade

Fonte: São Paulo, 2012; Frello, 2012

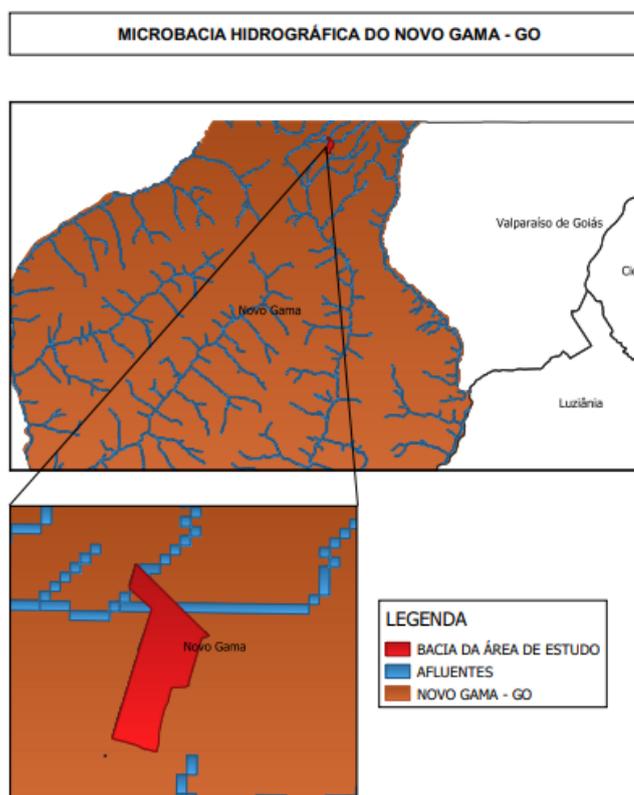
### 3.3 Bacia Hidrográfica

Segundo Emprapa (2003), as Bacias Hidrográficas são áreas que estão sujeitas à diversas circunstâncias geográficas, de modo que as águas pluviais são escoadas e drenadas por um curso d'água principal, até que esse volume hídrico seja direcionado para uma foz.

A classificação das Bacias no que tange ao tamanho traz clareza sobre os efeitos que nela incidem, visto que no caso de Bacias Pequenas, fatores como precipitação de alta intensidade e as características do revestimento do solo, afetam incisivamente o seu equilíbrio e geram impactos mais significativos do que em Bacias maiores (TEODORO *et. al.*, 2007). Ainda segundo referido autor, há diversas classificações, dentre elas a que sub-bacias não possuem áreas limitadas ou fixas, dependendo da saída do seu canal coletor.

A bacia hidrográfica que contempla a região de estudo está indicada a seguir, na Figura 14:

Figura 14– Microbacia hidrográfica do Novo Gama



Fonte: Autor, 2021

A delimitação da microbacia hidrográfica foi realizada por meio do programa QGIS 3.4, onde foi plotado as curvas de nível a cada 5 metros, de forma que fosse possível traçar o polígono correspondente a microbacia hidrográfica que contempla a área de estudo, de forma que a área equivalente é de 7,8 ha.

### 3.4 Hietogramas

Segundo Abreu *et. al.* (2018), os hietogramas são representações do comportamento da intensidade da precipitação ao longo de um determinado tempo, de forma que são usados como dados iniciais em modelos de dimensionamento de dispositivos de drenagem. Ainda segundo os mesmos autores, os hietogramas como parâmetros da determinação da chuva de projeto são aceitáveis em regiões que não possuem dados detalhados do comportamento da chuva, em função da simplicidade de serem obtidos.

### 3.4.1 Método dos Blocos Alternados

O método dos blocos alternados consiste no uso das equações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para determinação da chuva de projeto, de forma que as lâminas de água são distribuídas em blocos de forma alternada (TOMAZ, 2010).

Tomaz (2010) descreve que o primeiro passo a ser executado para obtenção do hietograma, é o cálculo da equação IDF para o tempo de retorno escolhido. Nesta etapa, deve ser decidido qual é o intervalo de tempo que os blocos deverão ser considerados para análise, seja de 5 em 5 minutos, 10 em 10 minutos, dentre outros tempos, a variar no tempo de duração da chuva escolhido. Em seguida, deve ser realizado a relocação dos blocos gerados pela equação IDF, de forma que a chuva com maior intensidade seja alocada no meio, ou seja, na metade do tempo de duração da chuva. Os outros blocos são dispostos à direita e à esquerda, conforme diminuem a sua intensidade, alternativamente.

### 3.4.2. Equação Intensidade-Duração-Frequência

A equação IDF indica qual é a chuva crítica mediante a um determinado tempo de retorno estipulado, em que para a região do Distrito Federal, a ADASA (2018) estipula que deve ser utilizada a seguinte equação:

Equação 1 – Equação IDF para o DF

$$I = \frac{4.374,17 \cdot T^{0,207}}{(td + 11)^{0,884}}$$

Onde:

T = tempo de retorno, em anos

td = duração da chuva, em minutos

### 3.4.3. Tempo de concentração

De acordo com Mota e Kobiyama (2015), o tempo de concentração é o tempo em que a chuva leva para escoar entre o ponto mais longínquo da bacia até o exutório. É um componente importante para o dimensionamento e há várias metodologias para sua determinação, entretanto, será usado para este trabalho o método do Soil Conservation Service (SCS) em função dos motivos a seguir.

A determinação do tempo de concentração pelo método do SCS foi pensado para bacias rurais com áreas de até 8 km<sup>2</sup>, em que são necessárias algumas adaptações para aplicação em bacias urbanas, podendo se adaptar especificamente à área de estudo (SÃO PAULO, 2012). Ainda segundo o Manual de Drenagem de São Paulo (2012), o tempo de concentração com esse método é intrínseco ao Curve Number (CN), que relaciona o tipo de uso do solo com valores numéricos específicos, em que a superfície se altera conforme o uso. Os valores CN está presente no Anexo A.

O ajuste para as bacias é feito realizando a média entre as áreas com diferentes usos, indicado na equação 2:

Equação 2 – Ajuste do CN para bacias com múltiplos usos

$$CN = \frac{(A_1 * CN_1) + (A_2 * CN_2) + (A_3 * CN_3) + \dots (A_n * CN_n)}{\text{Área total}}$$

Onde:

CN = Curve Number

$A_n$  = Enésima área

$CN_n$  = Enésimo CN

A expressão que equivale ao tempo de concentração pelo método SCS está descrito na equação 3:

Equação 3 – Tempo de Concentração da bacia

$$t_c = 3,42 * L^{0,8} * \left[ \left( \frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0,7} * S^{-0,5}$$

Onde:

$t_c$  = Tempo de concentração (min)

$L$  = Extensão do talvegue (km)

$S$  = Declividade em m/m

CN = Curve number

O método do SCS exige que seja feita uma adaptação para bacias com diversos tipos de uso e então realizada a média dos coeficientes CN, assim como exposto na equação 2. A discretização dos tipos de usos na microbacia hidrográfica está indicada a seguir na Figura 15.

Figura 15 – Tipos de usos na microbacia



Fonte: Autor, 2021

A área da microbacia foi dividida conforme os tipos de uso explicitados no Anexo A, em que resultou em 2 tipos de uso predominantes: residencial e pavimento de terra. A delimitação das áreas foi realizada baseando-se no plugin do QGIS do Google Satelites, em que mediante observação foi facilmente designada o tipo de uso de cada solo. O cálculo do CN da microbacia está indicado a seguir, na Tabela 1.

Tabela 1 - Cálculo do fator CN

TIPOS DE USO		
Grupo Hidrológico C	Residencial	Pavimento de terra
Área (km <sup>2</sup> )	0,0637	0,000987
CN da área	90	87
CN DA MICROBACIA		
	89,95	

Fonte: Autor, 2021

Foram escolhidos os coeficientes do grupo hidrológico C, visto que mediante caracterização realizada por Fonseca e Costa (2016) na região de estudo, as autoras constataram que o solo predominante é cerrado *stricto sensu*, logo, do tipo latossolo.

Para cálculo do tempo de concentração, foi necessário a obtenção da declividade e da extensão do talvegue da microbacia, cuja representação está indicado a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do talvegue

**TALVEGUE DA BACIA**

Extensão (m)	438,47
Declividade (m/m)	0,057
Cota Superior (m)	1085
Cota Inferior (m)	1060

Fonte: Autor, 2021

A declividade do talvegue foi obtida dividindo a diferença de cotas superior e inferior, pela extensão total, em que foi obtido a declividade de 0,057 m/m. Após a obtenção dos dados necessários para o cálculo do tempo de concentração, a variável foi obtida e está demonstrada a seguir na Tabela 3.

Tabela 3 – Tempo de Concentração

**TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (minutos)**

SCS- Soil Conservation Service	12,52
--------------------------------	-------

Fonte: Autor, 2021

O resultado obtido para o tempo de concentração da microbacia é de aproximadamente 10 minutos para que as águas pluviais do início da bacia percorra toda a sua extensão, considerando a extensão de cerca de 438,47 metros.

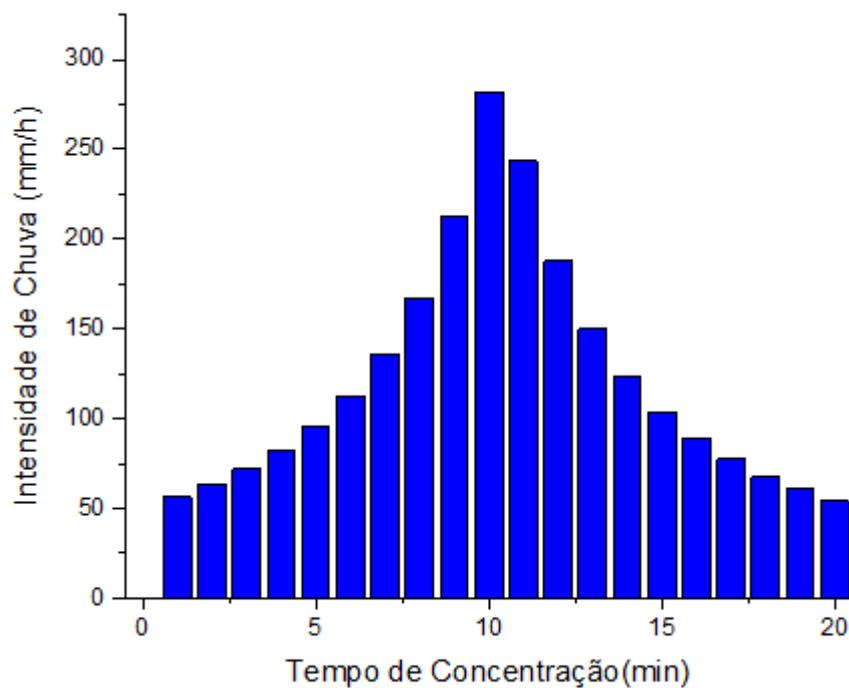
Após obtenção do tempo de concentração para a microbacia, é possível determinar o hietograma, ou seja, a relação das chuvas mediante o tempo de concentração da bacia. Inicialmente, foi determinado que o tempo de retorno para as técnicas compensatórias é de 10 anos, visto que a ADASA (2018) e o Manual de Drenagem de São Paulo (2012) recomendam

esta duração por se tratar de uma obra de microdrenagem.

Em seguida, foi realizada a divisão do tempo de concentração da microbacia de 1 em 1 minuto, até o tempo de concentração encontrado no Gráfico 01. Esse procedimento é necessário para que o comportamento das chuvas fosse aferido e que assim seja possível aplicar o método dos blocos alternados. Por último, as intensidades de chuva obtidas pela equação IDF foram discretizadas de modo a serem obtidas somente a lâmina d'água em um determinado tempo de concentração.

A maior lâmina d'água com tempo de concentração de 20 minutos foi realocada para a metade dessa duração, logo, 10 minutos. A partir disso, as lâminas foram realocadas alternadamente para todas os tc. O hietograma resultante dessas lâminas d'água estão apresentadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Hietograma de projeto



Fonte: Autor, 2021

O hietograma indica que o tempo com a maior lâmina de água que será usado para a determinação da vazão da bacia, é de 10 minutos.

#### 3.4.4 Coeficiente de permeabilidade do solo

Rodriguez *et. al.* (2015) define a permeabilidade do solo como uma propriedade que relaciona as características do solo, como: o diâmetro das partículas, estrutura e saturação, com as características do próprio fluido, como a viscosidade, de forma que seja medido como a percolação do fluido se dá em relação ao meio físico do solo pelos seus vazios. O critério que é usado para a classificação do quanto um determinado solo é suscetível a infiltração, é denominado de coeficiente de permeabilidade do solo ou taxa de infiltração do solo.

A ADASA (2018) possui o mapeamento dos tipos de solo presentes no Distrito Federal, de forma que também é possível aferir o coeficiente de permeabilidade do solo a partir do relatório fornecido pela empresa sobre os riscos e recomendações a serem feitas mediante análise do solo.

Ainda segundo a ADASA (2018), o tipo de solo prevalente no Distrito Federal é do tipo latossolo vermelho, em que este tipo de solo possui coeficiente de permeabilidade na superfície e em profundidade (0,5 metros a 2,0 metros) em torno  $10^{-4}$  a  $10^{-7}$  m/s e  $10^{-6}$  a  $10^{-7}$  m/s, respectivamente. O segundo tipo de solo predominante é o cambissolo, em que a qualidade da infiltração pode variar bastante e se caracteriza principalmente, como um solo relativamente recente, com presença de pedregulhos, cascalhos e rochas, em que sua taxa de permeabilidade em superfície é de  $10^{-4}$  a  $10^{-8}$  m/s e para profundidades maiores que a de 1 metro possui coeficiente por volta de  $10^{-8}$  m/s (IBGE, 2007; ADASA, 2018).

#### 3.4.5 Período de Retorno

O dimensionamento e projetos de drenagem urbana estão submetidos à principal variável que não pode ser diretamente controlada: a precipitação. Diante disso, ao dispor um equipamento de drenagem urbana para uma região com um determinado regime de chuvas, deve ser considerado que a vazão máxima para qual o equipamento foi projetado, possa ser em algum momento ultrapassado, logo, é necessário prever o período útil e o risco atrelado a construção desses dispositivos (SÃO PAULO, 2012).

O período de retorno ( $Tr$ ) é matematicamente definido como o inverso da frequência, visto que quanto menor é o tempo de retorno, maiores são as chances de não ocorrer uma chuva que ultrapasse as vazões de projeto, exposta na equação 4 a seguir:

Equação 4 – Período de retorno

$$F = \frac{1}{Tr}$$

### 3.5 Dimensionamentos

#### 3.5.1. Poços de Infiltração

O dimensionamento dos poços de infiltração será realizado por meio da metodologia proposta por Peixoto (2011). O objetivo da tese do autor era executar uma análise paramétrica da influência do coeficiente de condutividade hidráulica e comportamento da retenção dos solos mediante infiltração de água, por meio de poços de infiltração em solos não saturados. A partir da análise das curvas de retenção, Peixoto (2011) desenvolveu fórmulas baseadas nas suas conclusões, em que a condutividade hidráulica do solo é o fator mais significativo no processo de infiltração. Sua metodologia foi confirmada mediante comparação com dimensionamento de poços de infiltração de outro autor, logo, há base para ser usado neste trabalho. A equação para o dimensionamento da profundidade do poço está descrita a seguir na equação 5:

Equação 5 – Dimensionamento de poços de infiltração

$$h = \frac{r \cdot i \cdot t \cdot A - 153 \cdot k_s \cdot j \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t^{0,89}}{j \cdot \pi \cdot (0,25 \cdot d^2 + 612 \cdot k_s \cdot d \cdot t^{0,89})}$$

Onde:

h= profundidade do poço de infiltração (m)

r= porcentagem de abatimento da vazão (%)

i= intensidade de chuva (m/h)

$k_s$ = condutividade hidráulica (m/h)

j= quantidade de poços (unidade)

d= diâmetro do poço de infiltração (m)

t= tempo de chuva (h)

A= área de contribuição (m<sup>2</sup>)

O dimensionamento ocorre de forma que é inicialmente estabelecido um diâmetro para

o poço, a quantidade de poços que deseja-se projetar para o abatimento da vazão da área de contribuição e a porcentagem da vazão que visa ser infiltrada pelos poços de infiltração. Com os parâmetros do local de aplicação junto com as variáveis supracitadas, é gerado uma profundidade. O processo é iterativo, de forma que as variáveis devem ser alteradas até que seja encontrado dimensões executáveis e viáveis para a área de aplicação.

Para a análise de viabilidade executiva dos poços de infiltração, será estabelecido seis cenários: os cenários 01, 02 e 03 irão considerar apenas 1 poço de infiltração, com diâmetro de 2,0 metros, 1,5 metros e 1,0 metros, respectivamente. Os cenários 04, 05 e 06 levarão em conta 2 poços de infiltração com diâmetro de 2,0 metro, 1,5 metros e 1,0 metros, respectivamente. Em conjunto com a variação das dimensões, a porcentagem do abatimento será outra variável a ser levada em conta, visto que quanto maior a vazão abatida, maior deverá ser o volume da estrutura.

### 3.5.2 Trincheiras de Infiltração

Segundo Peiter e Poletto (2012), as trincheiras de infiltração são estruturas em que geometricamente um eixo é consideravelmente maior do que o outro, de forma a possibilitar a infiltração das águas pluviais na base e nas paredes da técnica compensatória.

Na literatura, há diversos modelos em que são considerados diferentes fatores para a determinação do comportamento da infiltração em um solo, tais como o modelo de Kostikov, Darcy, Horton e modelos computacionais. Para este trabalho será usado para dimensionamento das trincheiras o modelo de infiltração proposto por Philip (1957).

De acordo com Mediondo *et. al.* (2008), o modelo de infiltração de Philip considera o fenômeno da percolação como sendo unidimensional, não levando em conta o efeito da infiltração em todos os eixos. Por conseguinte, o uso deste modelo não simula fielmente o comportamento de um fluido mediante percolação, todavia, é adequado em contextos em que não é possível obter muitos dados sobre as características físicas do solo, razão pela qual foi escolhido. Mediondo *et. al.* (2008) utiliza em seu dimensionamento de trincheira de infiltração, uma forma modificada da fórmula de infiltração de Philip, indicada a seguir na equação 6.

Equação 6 – Modelo de infiltração de Philip

$$i = \frac{C}{2\sqrt{t}}$$

Onde:

C= sortividade ( $\frac{m^3}{s^2} \cdot m^2$ ).

t= tempo (segundos)

i= taxa de infiltração no momento t ( $\frac{m^3}{s} \cdot m^2$ )

Ruth *et. al.* (2018) descrevem que o fator C é relacionado diretamente as características do solo, em que pode ser definido como a capacidade física que uma partícula de solo tem de transportar um fluido por meio da capilaridade. A forma de infiltração acumulada da Equação 7 está indicada a seguir.

A sortividade usada para este trabalho será a mesma que Mediondo *et. al.* (2008) encontrou mediante análise de solo da sua área de estudo, em São Carlos/SP. Segundo Trevisan *et. al.* (2018), o município de São Carlos possui cerca de 70% da sua área composta com solos do tipo latossolo, logo, visto que a área de estudo se encontra no cerrado cujo solo majoritariamente presente em toda sua extensão é latossolo (MINGOTI *et. al.*, 2015), essa aproximação será utilizada. Todavia, vale ressaltar que a sortividade é um parâmetro que varia em uma mesma porção de solo, conforme apresentado por Lopes (2017) em que foi avaliado as dinâmica da infiltração da água em determinados tipos de solos com vegetação.

Equação 7 – Infiltração acumulada no momento t

$$I = C\sqrt{t}$$

O volume da trincheira que será usada em projeto, é indicada na Equação 8, em que é relacionada a área de drenagem que tange a trincheira, a intensidade de precipitação e o tempo de chuva.

Equação 8 – Volume de projeto

$$V_p = \left( \frac{10^3}{3,6} i \cdot t_d \cdot A_d \right)$$

Onde:

$V_p$ = volume de projeto ( $m^3$ )

i= intensidade de precipitação (mm/h)

$t_d$ = tempo de chuva (segundos)

$A_d$  = área de contribuição (m<sup>2</sup>)

Após encontrado o volume de projeto, ou seja, o volume da trincheira que estará sujeita a uma determinada precipitação e que a trincheira deverá suportar, é possível determinar as dimensões do equipamento de drenagem.

Equação 9 – Volume da trincheira de infiltração

$$V_T = \frac{\left[ \left( \frac{10^3}{3,6} i \cdot t_d \cdot A_d \right) - (I \cdot L \cdot H) \right]}{\emptyset}$$

Onde:

$V_T$  = volume total de infiltração (m<sup>3</sup>)

$i$  = intensidade de precipitação (mm/h)

$t_d$  = tempo de chuva (segundos)

$A_d$  = área de contribuição (m<sup>2</sup>)

$I$  = Infiltração acumulada até o momento  $t$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)

$H$  = profundidade da trincheira (m)

$L$  = comprimento da trincheira (m)

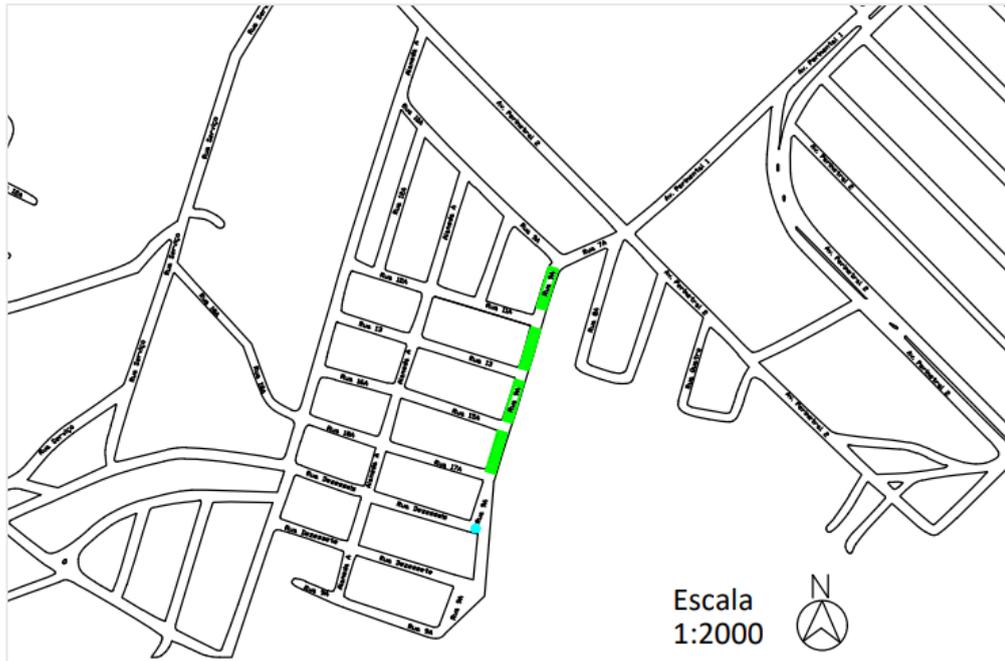
$\emptyset$  = porosidade do material de preenchimento da trincheira (%)

A solução da determinação das dimensões da trincheira é realizada por meio de iteração, em que são escolhidas medidas arbitrárias para as variáveis  $L$  e  $H$ , até que seja satisfeito o volume de projeto, visto que é o volume que estará sujeito a precipitação.

### 3.6 Área de contribuição

A planta de situação da área de estudo está indicada a seguir na Figura 16. O posicionamento dos possíveis locais de implantação das trincheiras estão mostradas na figura 17.

Figura 16 - Planta de situação



Fonte: Autor, 2021

Figura 17 – Locais de implantação das TC



Fonte: Autor, 2021

O posicionamento das trincheiras de infiltração foi determinado em função do espaço que podem vir a ocupar na via de tráfego, logo, as estruturas serão projetadas ao longo da Rua 09 do lado esquerdo do pavimento, visto que há canteiros com vegetação nessas áreas, não diminuindo a largura de trânsito útil para as ruas. O poço de infiltração foi posto no fim da via de estudo, já que poderia captar uma grande quantidade de água pluvial, visto a área de

contribuição indicada na Figura 17.

A área de contribuição de cada um dos possíveis locais de projeção das trincheiras, foi determinada conforme o manual da ADASA (2018), a seguir na Figura 18.

Figura 18 - Áreas de contribuição



Fonte: Autor, 2021

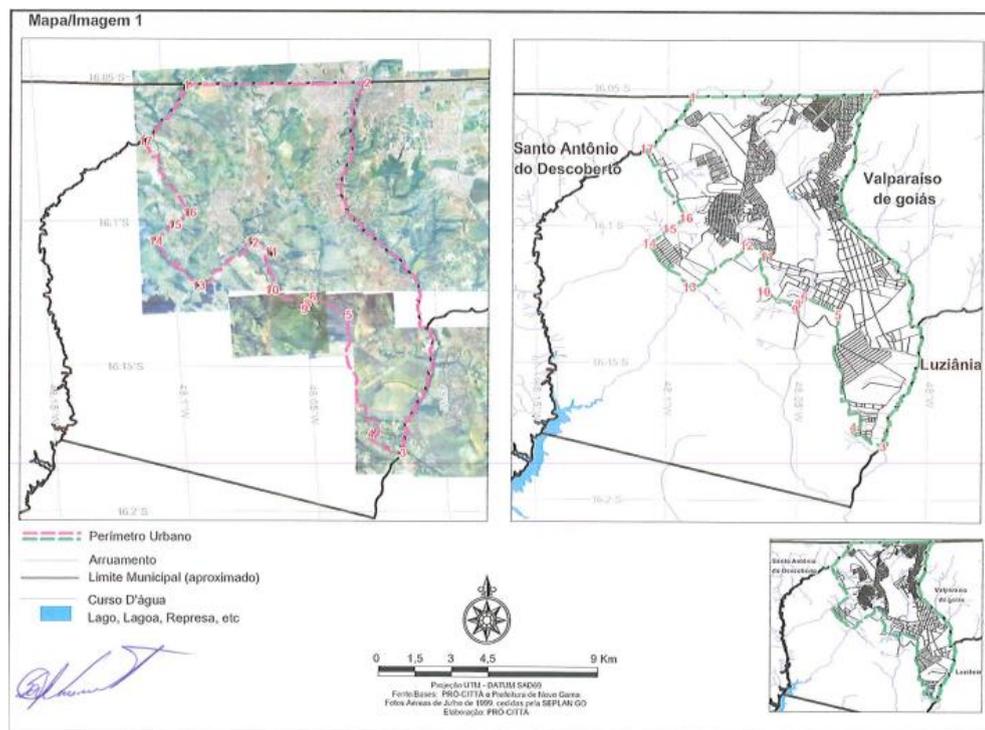
## 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

### 4.1. Plano Diretor do Novo Gama

A Lei nº 10.257/2001, também conhecida como Estatuto das Cidades, é uma ferramenta que visa definir as orientações referente ao desenvolvimento urbanístico que a cidade ou município deverá seguir durante o período no qual foi prescrito.

O Plano Diretor do Novo Gama (GO) foi instituído conforme Lei Complementar nº 634, de 07 de dezembro de 2006, que além de firmar o compromisso de guiar o desenvolvimento do município, estabelece algumas definições referente às áreas que irão abranger o Plano Diretor, que são indicadas nos mapas anexados a esta mesma Lei, conforme Figura 19.

Figura 19 – Perímetro urbano do município do Novo Gama, conforme lei complementar nº634



Fonte: Prefeitura do Novo Gama, 2006

O mapa apresentado na Figura 19 delimita o perímetro urbano do município, onde é possível visualizar os bairros que compõem Novo Gama (GO). Segundo Instituto Federal de Goiás (IFG) (2013), na época de criação do Plano Diretor o município contava com cerca de 94.662 habitantes, que quando comparado com a população atual, apresenta uma alta de 20,87%.

O Plano Diretor em seu art. 45 preescreve que seria formulado um Plano Municipal de Drenagem de Águas Pluviais, vinculado ao Programa de Proteção e Recuperação de Nascentes e Cursos D'Água, entretanto, não há registros de tais programas disponíveis no Portal do Cidadão do Novo Gama, sistema cujo objetivo é facilitar e possibilitar que os cidadãos adquirem informações do seu município.

O Estatuto das Cidades determina que os Planos Diretores devem ser revisados a cada 10 (dez) anos, todavia, o Plano Diretor do Novo Gama (PDNG) está defasado em 5 anos, em vista que o mesmo foi criado em 2006. Em decorrência deste atraso, o Ministério Público de Goiás (MP-GO) instaurou processo civil contra o município exigindo que o mesmo fosse atualizado, já que a área do município aumentou em cerca de 2,5 milhões de km<sup>2</sup> desde a criação

do Plano Diretor (MPGO, 2020). O mesmo ocorre para a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS).

A Lei de Uso e Ocupação de Solo (LUOS) estabelece alguns zoneamentos que são comuns a todos as LUOS, tais como zonas especiais (ZE), zona de expansão urbana (ZEU), zonas de uso mista (ZUM), zonas de atividades econômicas (ZAE), dentre outras, porém, apesar do PDNG indicar a existência de um mapa no anexo do documento contendo quais regiões do município estão submetidas a determinadas zonas, o documento não encontra-se presente no Plano e no Portal do Cidadão da Prefeitura do Novo Gama. Por esta razão, não é possível identificar em qual dessas zonas a área de estudo é contemplada, nem estabelecer quais são os parâmetros mínimos para a região e para o município.

## 4.2 Dimensionamento

### 4.2.1. Trincheiras de Infiltração

Para o dimensionamento das trincheiras, foi necessário estabelecer as características de cada área de contribuição, conforme já exposto na Figura 18. As informações de cada trincheira de infiltração estão expostas a seguir nas tabelas 4, 5, 6 e 7.

Tabela 4 – Características da área de contribuição - Trincheira 01

<b>TRINCHEIRA 01</b>	
Tempo de Retorno (anos)	10
Comprimento do Talvegue (m)	67,57
Cota superior (m)	1085
Cota inferior (m)	1082,5
Declividade (m/m)	0,0369
Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	1679

Fonte: Autor, 2021

Tabela 5 – Características da área de contribuição - Trincheira 02

**TRINCHEIRA 02**

Tempo de Retorno (anos)	10
Comprimento do Talvegue (m)	62,54
Cota superior (m)	1082,5
Cota inferior (m)	1076,8
Declividade (m/m)	0,0911
Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	1672

Fonte: Autor, 2021

Tabela 6– Características da área de contribuição - Trincheira 03

**TRINCHEIRA 03**

Tempo de Retorno (anos)	10
Comprimento do Talvegue (m)	68,29
Cota superior (m)	1076,8
Cota inferior (m)	1068
Declividade (m/m)	0,1288
Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	1829

Fonte: Autor, 2021

Tabela 7– Características da área de contribuição - Trincheira 04

**TRINCHEIRA 04**

Tempo de Retorno (anos)	10
Comprimento do Talvegue (m)	59,66
Cota superior (m)	1068
Cota inferior (m)	1062,5
Declividade (m/m)	0,0921
Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	1580

Fonte: Autor, 2021

O comprimento do talvegue de cada trincheira é a extensão da área de contribuição. A menor declividade dentre as áreas de contribuição contempla a trincheira 01 (Tabela 04), com

declividade de aproximadamente 0,0369 m/m, enquanto as outras trincheiras estão inseridas em áreas com declividades altíssimas, visto que a maior declividade dentre as áreas de contribuição é a da trincheira 03, com declividade de 0,1288 m/m.

O Manual de Drenagem Urbana de São Paulo não estabelece um limite máximo de declividade para projeto de trincheiras de infiltração, entretanto, o Manual da ADASA ressalta que caso seja considerado trincheiras para locais com declividade maior que 5%, devem ser realizadas ponderações, em decorrência da alta velocidade da água pluvial.

Após estabelecer as características de cada área de contribuição, foi possível determinar o volume de projeto por meio da equação 9. O material de preenchimento das trincheiras de infiltração será com brita nº 03, que possui porosidade de 45%. A manta geotêxtil será considerada em projeto, mas não no cálculo visto que a equação é referente ao material de preenchimento e não de revestimento. Ademais, segundo Silva (2014) a porosidade da manta geotêxtil do tipo não tecido varia entre 92% a 93%, logo, inicialmente pode ser concluído que a manta não interfere significativamente na infiltração da água no solo.

Tabela 8– Volume de projeto das trincheiras de infiltração

TRINCHEIRA 01 (m <sup>3</sup> )	TRINCHEIRA 02 (m <sup>3</sup> )	TRINCHEIRA 03 (m <sup>3</sup> )	TRINCHEIRA 04 (m <sup>3</sup> )
78,91	78,58	85,96	74,26

Fonte: Autor, 2021

O maior volume de projeto gerado foi a da trincheira 03, visto que possui a maior área de contribuição, conforme mostrado na Tabela 8. As trincheiras 01 e 02 geraram volumes de projetos semelhantes, pois possuem áreas de contribuição aproximadas.

Para que seja possível abater os volumes de projetos, o cálculo do volume total efetivo de infiltração é realizado, sendo possível definir quais são as dimensões de cada trincheira de infiltração, conforme Tabela 9.

Tabela 9– Volume Total e dimensões finais das Trincheiras de Infiltração

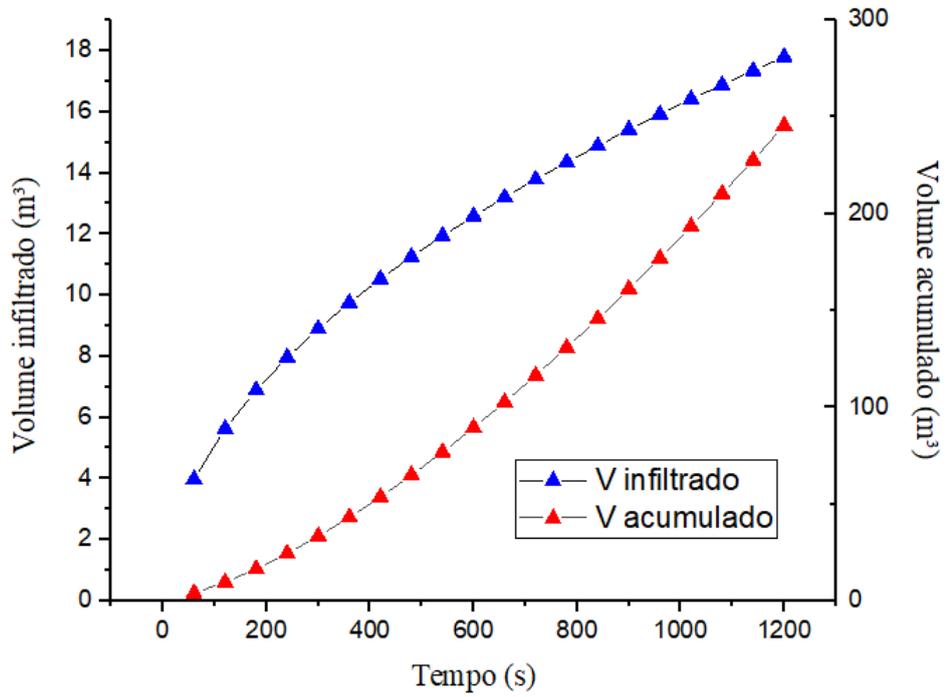
	<b>TRINCHEIRA 01</b>	<b>TRINCHEIRA 02</b>	<b>TRINCHEIRA 03</b>	<b>TRINCHEIRA 04</b>
Volume total (m <sup>3</sup> )	175,36	174,63	191,03	165,02
Comprimento (m)	60	55	60	50
Largura (m)	0,88	0,95	0,96	1
Profundidade (m)	1,5	1,5	1,5	1,5

Fonte: Autor, 2021

O volume total é o volume que a trincheira é capaz de receber considerando o volume de projeto e as características da trincheira, como comprimento e profundidade, além da porosidade do material de preenchimento. A iteração foi realizada de forma que o comprimento das trincheiras fossem menor que o comprimento das quadras em que foram projetadas, visto que as trincheiras não foram consideradas para atravessar o pavimento. Por outro lado, o critério máximo para a largura das trincheiras foi de 1 metro, visto que dimensões maiores que essa poderiam diminuir o espaço útil de trânsito da Rua 09. Por fim, a profundidade máxima adotada para os dispositivos foi de 1,5 metros, já que em decorrência do processo de funcionamento das trincheiras, os solos se tornam colapsíveis (ADASA, 2018), portanto, não foram consideradas grandes profundidades para as trincheiras. Além dos critérios supracitados, as dimensões foram iteradas para atingir o volume de projeto, ou seja, para abater 100% da vazão da área de contribuição, logo, as dimensões finais para a trincheira 01 é de 60x0,88x1,5 metros, para trincheira 02 55x0,95x1,5 metros, trincheira 03 com 60x0,96x1,5 metros e por último, trincheira 04 com 50x1x1,5 metros.

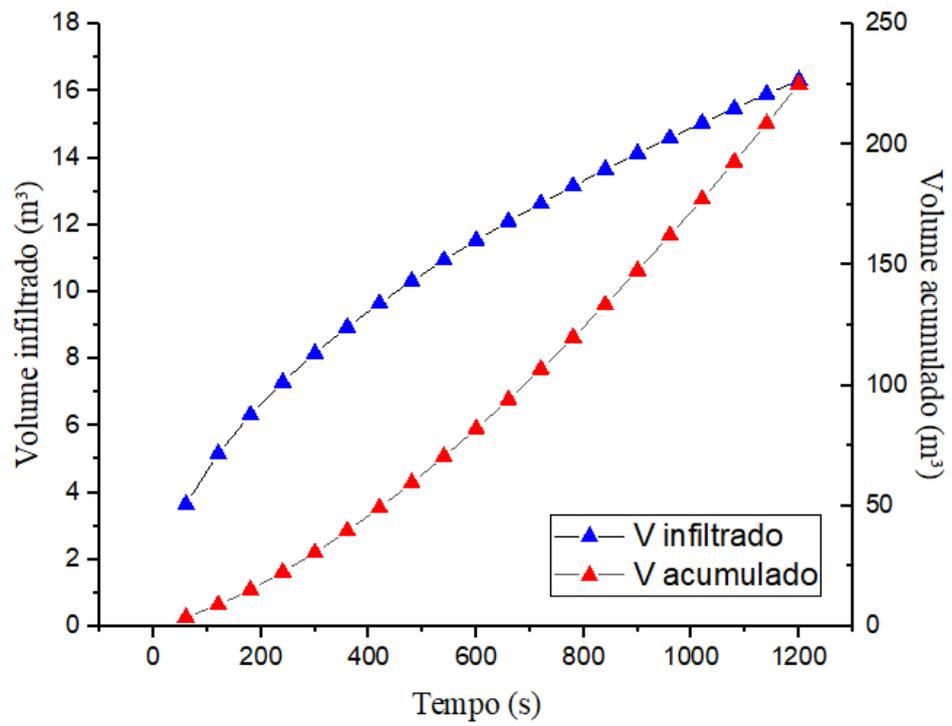
Comparando os volumes de projetos indicados na tabela 9, é possível afirmar que o volume total é mais do que suficiente para lidar com o volume de projeto, visto que a trincheira 01 é capaz de aportar 175,36 m<sup>3</sup>, a trincheira 02 174,63m<sup>3</sup>, trincheira 03 191,03 m<sup>3</sup> e a trincheira 165,02 m<sup>3</sup>, portanto, volumes superiores ao volumes de projeto de cada uma das áreas de contribuição que contemplam as trincheiras. Os gráficos 2, 3, 4 e 5 indicam o comportamento de cada trincheira mediante infiltração acumulada.

Gráfico 2 -- Volume Infiltrado: Trincheira 01



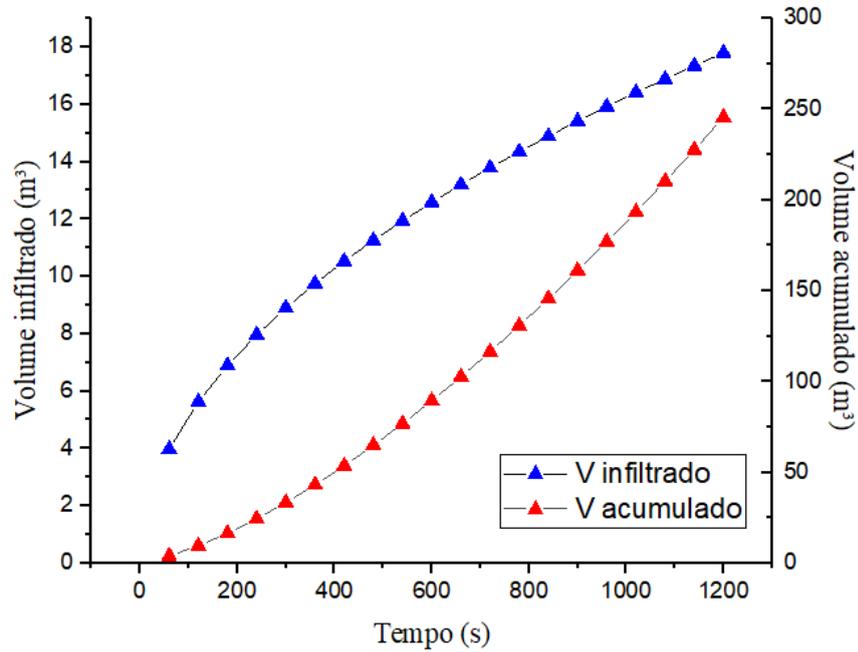
Fonte: Autor, 2021

Gráfico 3-- Volume infiltrado – Trincheira 02



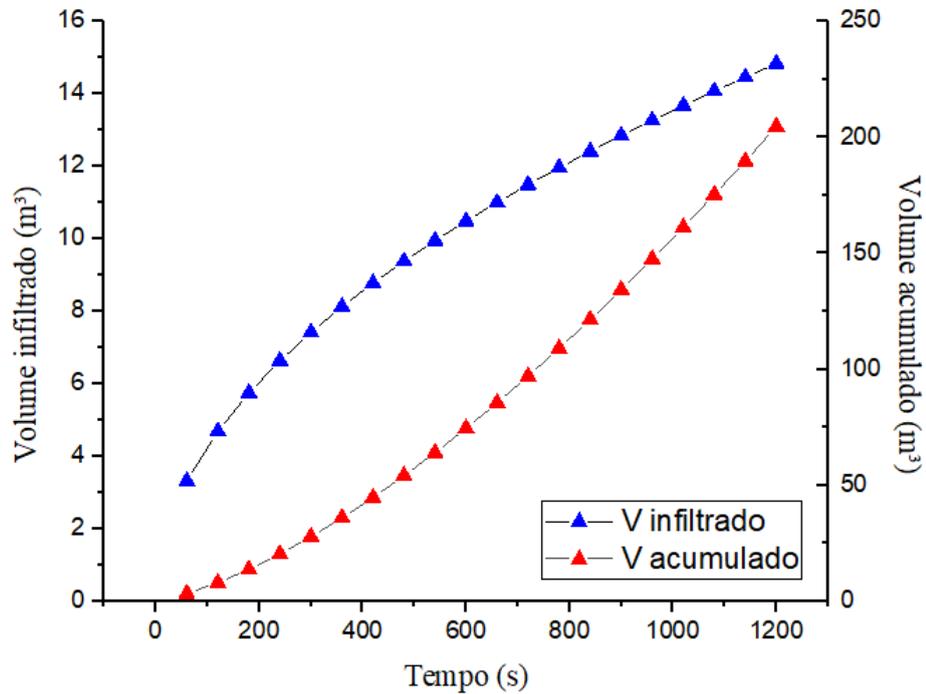
Fonte: Autor, 2021

Gráfico 4– Volume Infiltrado – Trincheira 03



Fonte: Autor, 2021

Gráfico 5– Volume Infiltrado – Trincheira 04



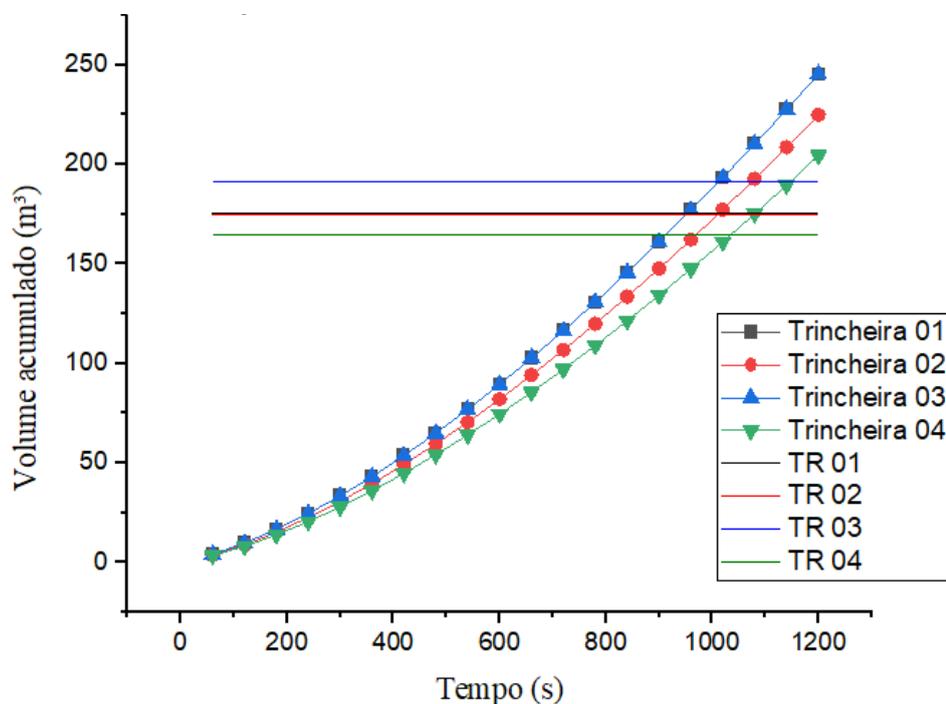
Fonte: Autor, 2021

O volume infiltrado indicado pelos gráficos 2 a 5 mostram comportamentos e valores muito semelhantes entre si, mesmo com áreas de contribuição diferentes. Uma vez que o volume acumulado está relacionado a sortividade do solo e a área infiltrada e, este último às

dimensões da trincheira que foram alteradas em função do volume de projeto, não há razão de haver discrepâncias significativas entre os volumes infiltrados, visto que os volumes de projetos também são semelhantes. O tempo considerado para o entendimento da infiltração foi o mesmo do hietograma de projeto.

Somente há risco de extravasamento das trincheiras com tempos de chuva muito superiores ao considerado em cálculo, conforme indicado no gráfico 6, no qual é indicado a relação do volume acumulado das 4 trincheiras.

Gráfico 6– Comparação entre volumes infiltrados das trincheiras de infiltração



Fonte: Autor, 2021

Como as trincheiras 01 e 03 possuem volume de projeto praticamente iguais, o comportamento da trincheira 01 está sobreposto pelo comportamento do volume infiltrado da trincheira 03. O gráfico 6 indica o tempo necessário para que o volume infiltrado acumulado ultrapasse o volume efetivo de projeto, no qual para a trincheira 01 o tempo necessário para transbordar é 960 segundos (16 minutos), trincheira 02, 03 e 04 com aproximadamente 1020 segundos (17 minutos).

Visto que o tempo necessário para extravasamento é próximo do tempo de chuva adotado no dimensionamento, o projeto considerará estrutura para direcionamento do volume excedente.

#### 4.2.2. Poços de Infiltração

Os dados necessários para dimensionamento do poço de infiltração estão expostos a seguir na Tabela 10

Tabela 10 – Informações de entrada para dimensionamento

<b>Poço de Infiltração</b>	
Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	2000
Condutividade hidráulica (m/h)	0,204
Porosidade do material (%)	45
Chuva de projeto (m/h)	0,289
Tempo de chuva (h)	0,167

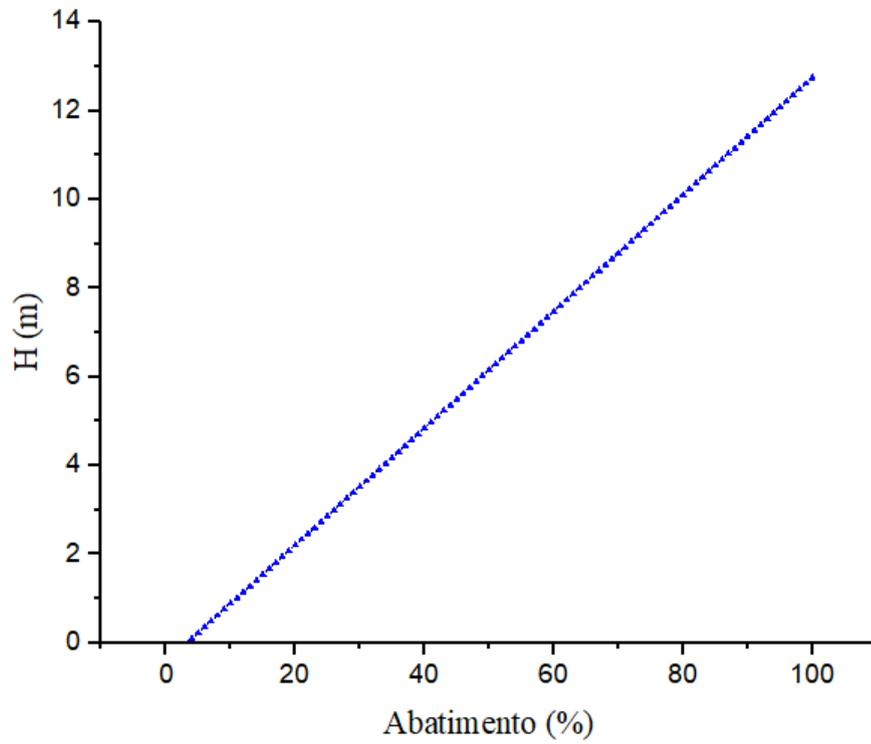
Fonte: Autor, 2021

O material que será usado para preenchimento do poço de infiltração será brita nº03, que possui porosidade de 45%. Barbassa et. al. (2014) também considerou o preenchimento dos poços de infiltração com brita nº 03, além de manta geotêxtil e areia. A manta geotêxtil, assim como nas trincheiras de infiltração serão consideradas no projeto, mas não no cálculo, visto que a equação considera o material de preenchimento do dispositivo e não o seu revestimento.

Com os dados da área e do solo, é possível determinar as dimensões do poço de infiltração. A equação 5 foi usada para determinação da profundidade do poço, em que 6 cenários de projeto foram considerados para a área: os cenários 01 a 03 consideram apenas 1 poço de infiltração com diâmetro no intervalo de 2,0 metros a 1,0 metro; já os cenários 04 a 06 consideram 2 poços de infiltração na área com diâmetro no mesmo intervalo dos cenários supracitados.

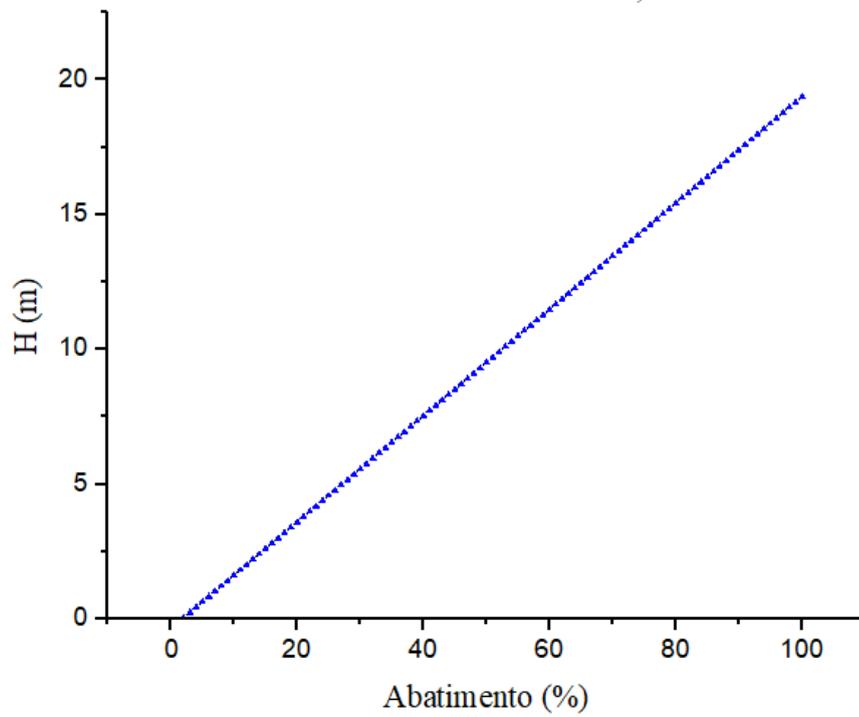
Os gráficos a seguir mostram a relação do abatimento da vazão da área de contribuição e a profundidade que seria necessário atender para que seja cumprida o abatimento.

Gráfico 7– Cenário 01: Poço de infiltração com diâmetro de 2,0 metros.



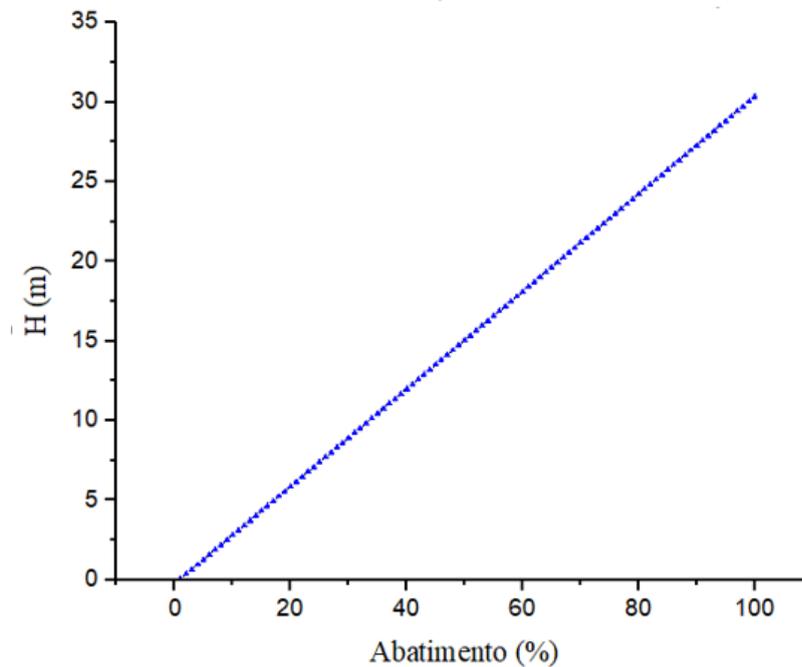
Fonte: Autor, 2021

Gráfico 8– Cenário 02: Poço de infiltração com diâmetro de 1,50 metros.



Fonte: Autor, 2021

Gráfico 9– Cenário 03: Poço de infiltração com diâmetro de 1,0 metro

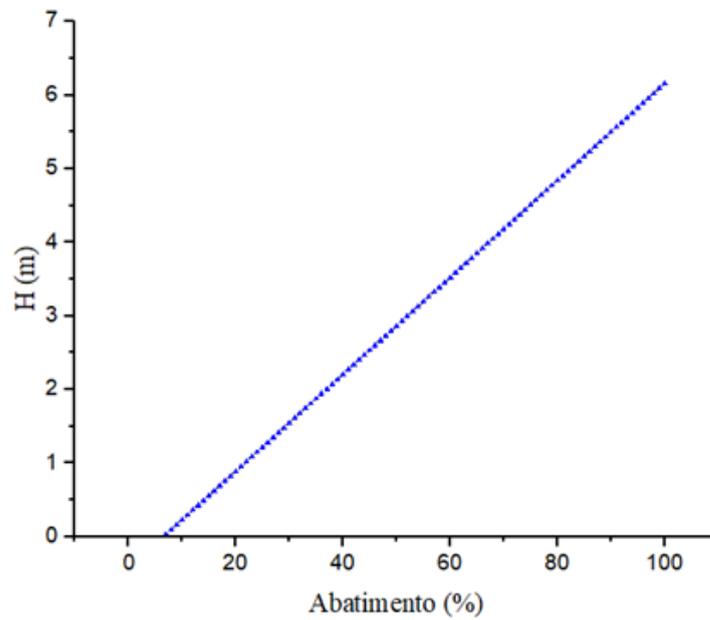


Fonte: Autor, 2021

Os cenários 01 a 03 indicam o aumento linear da profundidade do poço de infiltração em função do aumento da porcentagem de abatimento. Para o abatimento em 100% de todos os cenários, seriam necessários profundidades incompatíveis com a realidade construtiva desses dispositivos, visto que o cenário 03 por exemplo, exige um poço de infiltração com cerca de 30 metros de profundidade para atender a vazão da área de contribuição. O cenário que melhor atende as características da região utilizando de apenas 1 poço de infiltrado é o cenário 01, visto que um poço possuindo cerca de 2,5 metros de profundidade é capaz de abater 23% da vazão.

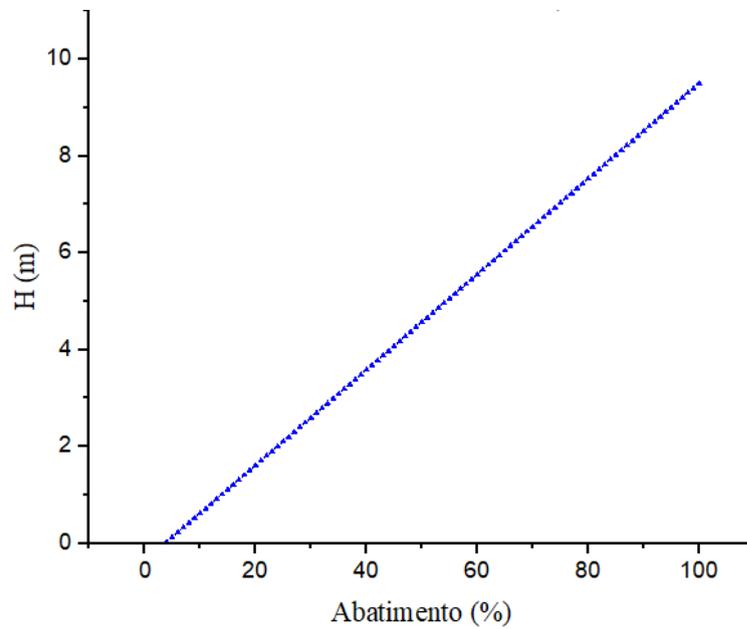
A seguir são mostrados os cenários 04 a 06, considerando o uso de 2 poços de infiltração para lidar com a vazão.

Gráfico 10– Cenário 04: Uso de 2 poços de infiltração com 2,0 metros de diâmetro



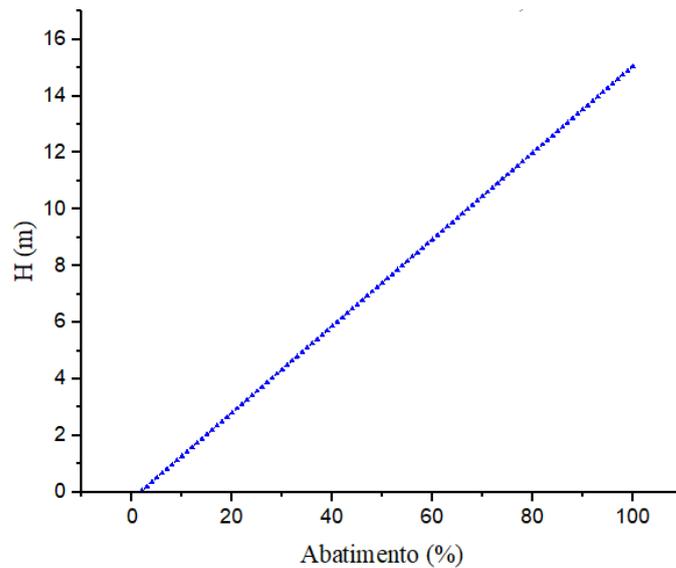
Fonte: Autor, 2021

Gráfico 11– Cenário 05: Uso de 2 poços de infiltração com 1,5 metros de diâmetro



Fonte: Autor, 2021

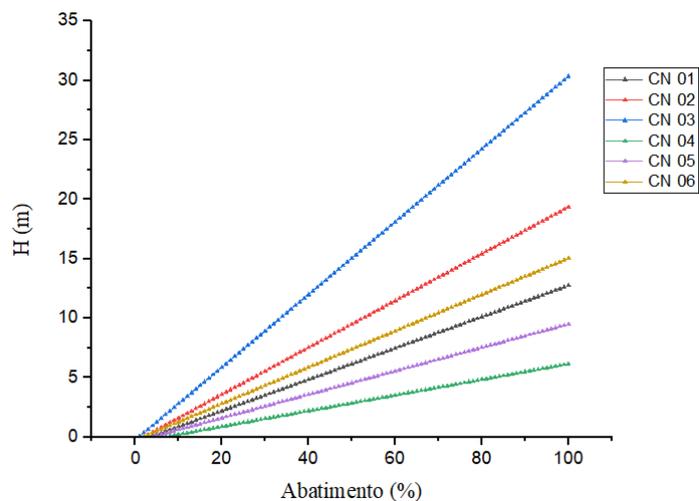
Gráfico 12– Cenário 06: Uso de 2 poços de infiltração com diâmetro de 1,0 metro



Fonte: Autor, 2021

Os cenários considerando o uso de 2 poços de infiltração assim como os cenários com apenas 1 poço de infiltração, para o abatimento de 100% da vazão da área possuem dimensões fora da realidade construtiva. O cenário 04 possui abatimento mais viável do que os cenários 05 e 06, visto que determinado a profundidade em 2,5 metros para escavação, os dois poços são capazes de infiltrar 45% da vazão da região. Todos os cenários juntos estão indicados a seguir no gráfico 13.

Gráfico 13 – Comparação entre os cenários 01 a 06



Fonte: Autor, 2021

O Gráfico 13 mostra que o cenário 03 requisita as maiores profundidades de operação dentre todos os cenários, visto que é considerado apenas 1 poço de infiltração com diâmetro de

1,0 metro, não sendo suficiente para atender nem 10% do abatimento sem ultrapassar o limite construtivo de profundidade estabelecido de 2,5 metros. O cenário mais propício ao abatimento da vazão é o cenário 04, no qual é estabelecido 2 poços com diâmetro de 2,0 metros cada. Entretanto, a instalação de dois poços de infiltração com 2 metros de diâmetro pode ocasionar perda do espaço livre da via.

Mesmo com maior número de poços de infiltração do que o cenário 01, o cenário 06 necessitou de maiores profundidades para abater o volume de águas pluviais, já que para o limite construtivo de 2,5 metros, o cenário 06 possibilita a diminuição de 18% da vazão da área, enquanto o cenário 01 cerca de 22%.

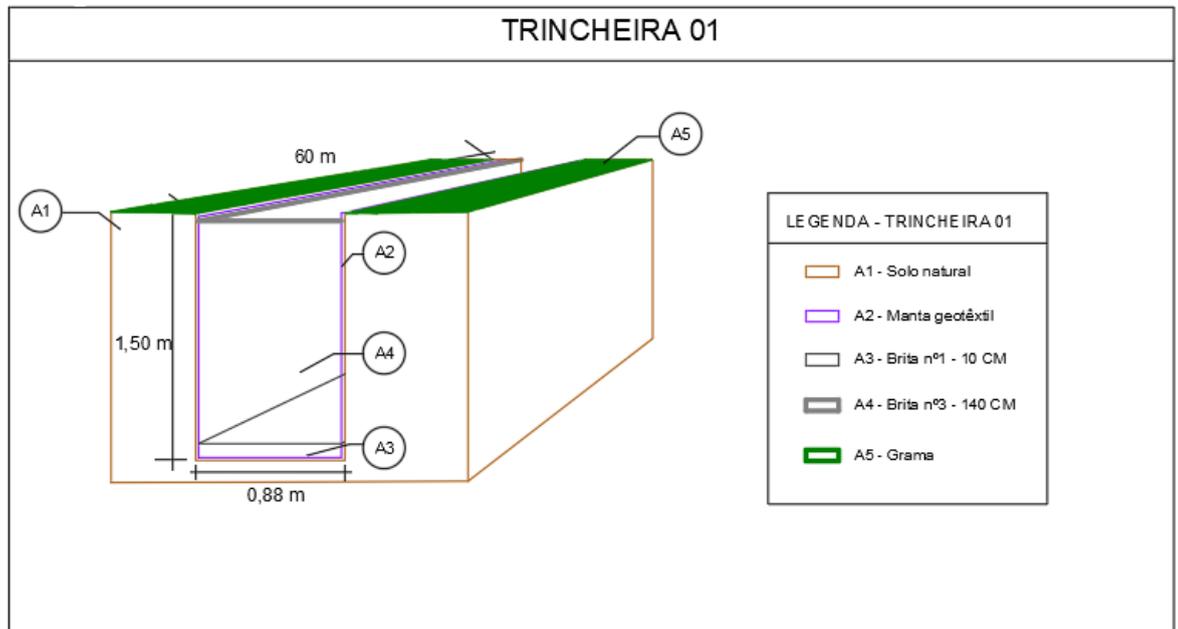
O cenário mais realista a se considerar para o projeto é o cenário 05, onde é possível infiltrar 29% do volume de águas pluviais da área de contribuição com 2 poços de 1,5 metros de diâmetro e 2,5 metros de profundidade, gerando volume de 4,42 m<sup>3</sup> em cada poço. Visto que os poços serão capazes de infiltrar apenas 29% da vazão da região, o projeto será elaborado de forma que seja considerado tubulação de saída, pois irá transbordar.

Os resultados indicam que os poços de infiltração são coadjuvantes quando projetados em áreas de contribuição com dimensões consideráveis, sendo mais apropriados em lotes ou áreas de contribuição pequenas, visto que para atingir o abatimento completo da vazão de projeto por infiltração, é necessário considerar vários poços numa mesma área para que os mesmos possuam dimensões executáveis e realistas.

## **5.0 PROJETO DE DRENAGEM**

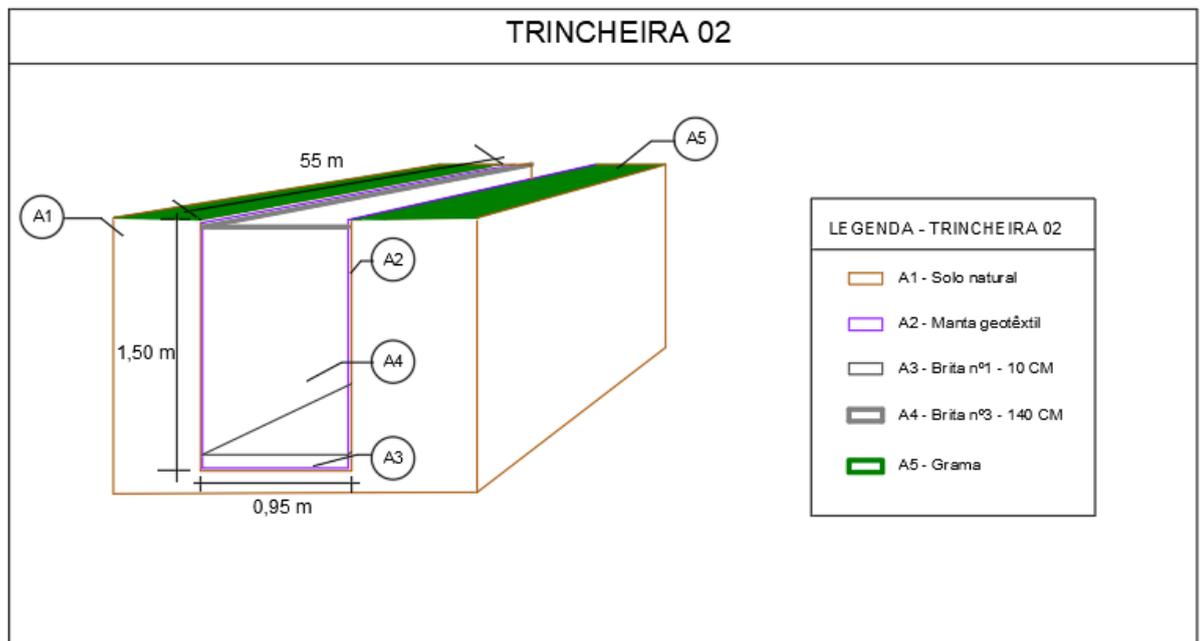
A seguir, estão indicados projetos das trincheiras de infiltração e poços de infiltração.

Figura 20 – Trincheira de Infiltração 01



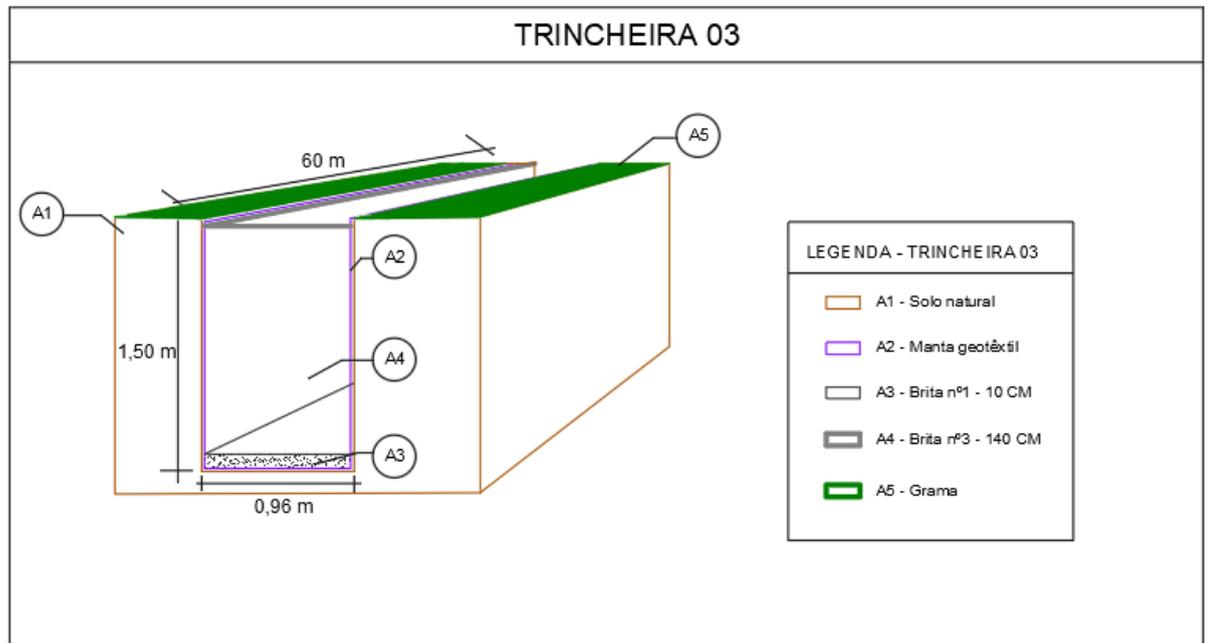
Fonte: Autor, 2021

Figura 21– Trincheira de Infiltração 02



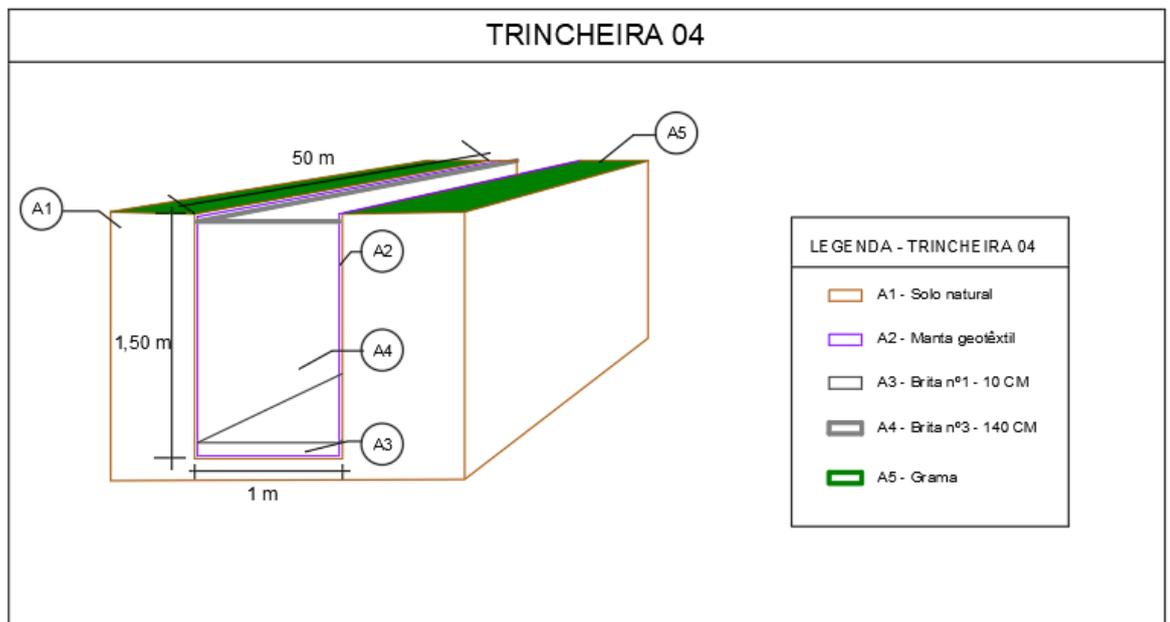
Fonte: Autor, 2021

Figura 22– Trincheira de Infiltração 03



Fonte: Autor, 2021

Figura 23– Trincheira de Infiltração 04

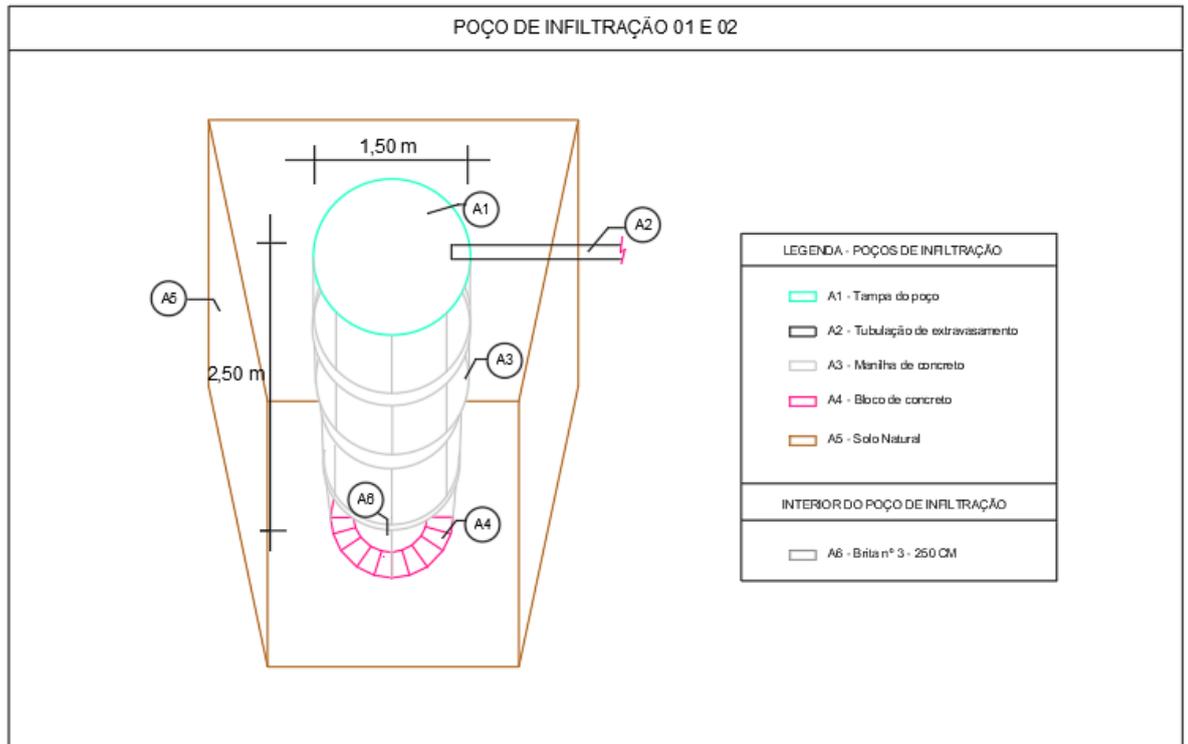


Fonte: Autor, 2021

No projeto foi considerado a instalação da manta geotêxtil para diminuir a colmatção no dispositivo de infiltração. O material de base escolhido é a brita nº1, visto que Santos (2014) em seu estudo do comportamento de trincheiras de infiltração visou esse material para diminuir o impacto do efeito da infiltração na base do dispositivo. A brita nº3 é o material de

preenchimento predominantes de todas as trincheiras, onde permite que as águas pluviais adentre as trincheiras, agindo como um dissipador de energia. Admitiu-se que a entrada do escoamento nas trincheiras de infiltração se dará de forma natural, logo, não foi considerado tubulação de entrada.

Figura 24 - Poços de Infiltração 01 e 02



Fonte: Autor, 2021

A proposta para os poços de infiltração é serem revestidos com manilhas de concreto, que permitem a infiltração e asseguram estabilidade ao poço. A base é composta de blocos de concreto estrutural, da mesma forma proposta Barbassa *et. al.* (2014) e conduto de extravasamento para o volume excessivo de águas pluviais. Assim como nas trincheiras, não foi considerado tubulação de entrada, onde foi admitido a entrada do escoamento no dispositivo de forma natural.

## 6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou-se ao estudo das características e variáveis determinantes para a viabilidade das trincheiras de infiltração e poços de infiltração, bem como o seu dimensionamento e projeto.

Os volumes gerados para as trincheiras de infiltração foram 175,36 m<sup>3</sup>, 174,63 m<sup>3</sup>, 191,03 m<sup>3</sup> e 165,02 m<sup>3</sup> para as trincheiras 01, 02, 03 e 04, respectivamente. Em decorrência da área de contribuição em que estavam submetidas e ao abatimento total da vazão que foi considerada em projeto, os volumes são relativamente grandes para trincheiras de infiltração. A trincheira que é mais provável de não funcionar pelo tempo de retorno estimado é a trincheira 03, pois o trecho possui uma declividade maior do que a recomendada, podendo sofrer danos precocemente.

Com o dimensionamento dos poços de infiltração, notou-se que as dimensões necessárias para abatimento total da vazão da área de contribuição não seriam viáveis, logo, foi considerado dois poços de infiltração para a área, com volume de 4,42 m<sup>3</sup> cada. O resultado obtido é coerente com as recomendações dos poços de infiltração serem instalados em pequenas áreas de contribuição.

As conclusões encontradas nesse trabalho poderão servir como base de estudos posteriores em drenagem urbana para a área, visto a clara necessidade que a região está sujeita no contexto do controle do escoamento superficial. O Plano Diretor entra diretamente nessa discussão, traçando quais serão as medidas e critérios a serem considerados na tomada de decisão de projetos de drenagem urbana para a área e o município do Novo Gama - GO.

Em suma, as técnicas compensatórias são ótimas soluções de drenagem urbana, porém, ainda vistas como alternativas. No contexto em que cada vez mais é exigido dos corpos d'água, a aplicação de técnicas compensatórias é uma direção viável a se considerar na tomada de decisão em técnicas de drenagem urbana.

## **7.0 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

- a) Após atualização do Plano Diretor do Novo Gama/GO, verificar qual tipo de zona o Loteamento Grande Vale se enquadra, para que então seja determinado o tipo de estrutura de Técnica Compensatória condizente com o planejamento da área nos próximos anos.
- b) Análise paramétrica do solo, para que seja realizado o dimensionamento das estruturas fielmente às características da área de estudo.
- c) Verificação do comportamento das Técnicas Compensatórias mediante implantação, no Loteamento Grande Vale, Novo Gama/GO.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Estephane Cristina de Faria *et al.* Hietogramas obtidos a partir de relações IDF para as mesorregiões sul/sudoeste e Campo das Vertentes, MG. **Sustentare**, Vale do Rio Verde, v. 2, n. 2, p. 1-15, dez. 2018. Disponível em: [http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/5002/pdf\\_18](http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/5002/pdf_18). Acesso em: 02 nov. 2021.

ADASA. . **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal**. Brasília: Superintendência de Drenagem Urbana, 2018. 379 p. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br/drenagem-urbana/manual-drenagem>. Acesso em: 07 ago. 2021.

AGOSTINHO, Mariele de Souza Parra; POLETO, Cristiano. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **Holos Environmental**, Rio Claro, v. 12, n. 2, p. 121-131, mar. 2011. Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/3054/0>. Acesso em: 17 maio 2021.

ALMEIDA, Maria de Fátima. **Aplicação De Técnicas Compensatórias Na Drenagem Urbana, Sob a Ótica Dos Usuários Do Espaço: Estudo De Caso Em São Carlos - Sp**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4388>. Acesso em: 17 mar. 2021.

AMBIENS. **Plano de Regularização Fundiária Sustentável: município do novo gama**. Município do Novo Gama. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2014-08/plano-de-regularizacao-fundiaria-sustentavel---municipio-de-novo-gama.pdf>. Acesso em: 01 out. 2021.

BARBASSA, Ademir Paceli; SOBRINHA, Loide Angelini; MORUZZI, Rodrigo Braga. Poço de infiltração para controle de enchentes na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 91-107, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212014000200007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/MBt8Q34KHgGnrVZvcx6JZjN/?lang=pt>. Acesso em: 05 nov. 2021.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Lei Nº 11.445, 5 de Janeiro de 2007**. Brasília, DF, 05 jan. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). Acesso em: 01 mar. 2021.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Lei Nº 14.026, de 15 de Julho de 2020**. Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art7](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art7). Acesso em: 09 mar. 2020.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.. **Lei Nº10.257, de 10 de Julho de 2001**.. Brasília, DF, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm). Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Gasto Público Saneamento Básico: Relatório de Aplicações 2010. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2011. 71 p. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/GASTO\\_PUBLICO\\_FINAL-2010.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/GASTO_PUBLICO_FINAL-2010.pdf). Acesso em: 26 nov. 2021.

BRÜSEKE, Franz Josef. Parte I - A Economia da Sustentabilidade: Princípios. In: CAVALCANTI, Clóvis *et al.* **Desenvolvimento e Natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. Recife: Inpso-Fundaj, Instituto de Pesquisas Sociais-Fundacao Joaquim Nabuco, 1994. p. 29-40. Disponível em: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Brasil/dipes-fundaj/20121129023744/cavalcanti1.p df>. Acesso em: 28 abr. 2021

CÂMARA DOS DEPUTADOS. . **Constituição da República Federativa do Brasil**. 51. ed. Brasília: Edições Câmara, 2017. 139 p.

CEASA. **Projeto de Drenagem/Infiltração**. Goiânia: 4Bim, 2019. 23 p. Disponível em: <https://www.ceasa.go.gov.br/files/Licitacoesmandamento/002/AnexoVIIIRelatorioprojeto.pdf>. Acesso em: 20 maio 2021.

CEOLIN, Luíza de Faria Machado. **Análise Hidráulica-Hidrológica da Implantação de Bacias de Retenção e Detenção em Vicente Pires**. 2019. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (Unb), Brasília, 2019. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/24513>. Acesso em: 17 maio 2021.

CHASLES, Virginie. Saúde urbana e higienismo, o exemplo da França. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, [s. l.], v. 3, n. 64, p. 65, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-901x.v0i64p65-74>

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN). . **Pesquisa Metropolitana por Amostra de Domicílios - PMAD 2013**. 2013. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Novo-Gama-2013.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.

CONAMA. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. **Resolução Conama Nº 001**. Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 01 maio 2021.

CONFEA. **Resolução CONFEA Nº 1073 DE 19/04/2016**. 2016. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=319352>. Acesso em: 02 abr. 2021

Controladoria-Geral da União. **Saneamento**. 2020. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/funcoes/17-saneamento?ano=2019>. Acesso em: 15 mar. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 386/99**: Pavimentação - pré-misturado a quente com asfalto polímero - camada porosa de atrito. Rio de Janeiro: Dner, 1999. 15 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dner-es386-99.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.  
DUTRA, Júlia Baptistella Machado; SILVA, Talita Fernanda das Graças. Avaliação do

desempenho de telhados verdes e reservatórios de lote no amortecimento de vazões de pico em uma bacia urbana. **Revista Dae**, São Paulo, v. 68, n. 227, p. 35-49, nov. 2020. Disponível em: [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_227\\_n\\_1923.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_227_n_1923.pdf). Acesso em: 22 mar. 2021.

EMBRAPA . **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 2003. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16221/1/Doc\\_30.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16221/1/Doc_30.pdf). Acesso em: 15 out. 2021.

EPA. . **Low Impact Development Design Strategies: integrated design approach**. Integrated Design Approach. 2000. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20004JX4.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EP A&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&Toc Restrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQ FieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C 00thru05%5CTxt%5C00000001%5C20004JX4.txt&User=ANONYMOUS&Password=anony mous&SortMethod=h%7C- &MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425 &Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=R esults%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>. Acesso em: 11 mar. 2021.

FEITOSA, Francisco Fábio de Sousa. **Avaliação do uso de trincheiras de infiltração para atenuação de cheias de pico utilizando o SWMM**. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte, 2015. Disponível em: [http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/13777/1/2015\\_dis\\_ffsfeitosas.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/13777/1/2015_dis_ffsfeitosas.pdf). Acesso em: 10 out. 2021.

FERREIRA, Thays Santos; BARBASSA, Ademir Paceli; MORUZZI, Rodrigo Braga. Controle de enchentes no lote por poço de infiltração de água pluvial sob nova concepção. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 437-446, jun. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018161116>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522018000300437&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522018000300437&script=sci_arttext). Acesso em: 20 maio 2021.

FLETCHER, Tim D.; SHUSTER, William; HUNT, William F.; ASHLEY, Richard; BUTLER, David; ARTHUR, Scott; TROWSDALE, Sam; BARRAUD, Sylvie; SEMADENI-DAVIES, Annette; BERTRAND-KRAJEWSKI, Jean-Luc. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 525-542, 23 jul. 2014. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/1573062x.2014.916314>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2014.916314>. Acesso em: 30 abr. 2021.

FONSECA, Bárbara Tobias de; COSTA, Luciana Borges da. **Diagnóstico Preliminar de Novo Gama, Goiás, para propor medidas de proteção e recuperação de nascentes do Ribeirão Paiva**. 2016. 103 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Brasília (Unb), Brasília, 2016. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16718/1/2016\\_BarbaraTobiasDaFonseca\\_LucianaBorges](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16718/1/2016_BarbaraTobiasDaFonseca_LucianaBorges)

DaCosta\_tcc.pdf. Acesso em: 15 out. 2021.

FRELLO, Alberto dos Santos. **Avaliação quantitativa de uma vala de infiltração como técnica compensatória em drenagem urbana**. 2016. 109 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176122/TCC%20Alberto%20BU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 maio 2021.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. 5. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019. 547 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/publicacoes>. Acesso em: 05 abr. 2021.

GOIÁS (Município). Lei nº 12.680, de 19 de julho de 1995. : Dispõe sobre a criação do Município de Novo Gama e dá outras providências.. Goiânia, GO, Disponível em: [https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa\\_legislacao/82623/lei-12680](https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/82623/lei-12680). Acesso em: 19 maio 2021.

GOIÁS. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS. . **Ação do MP exige revisão do Plano Diretor de Novo Gama**. 2020. Disponível em:

<http://www.mpggo.mp.br/portal/noticia/acao-do-mp-exige-revisao-do-plano-diretor-de-novo-gama>. Acesso em: 14 set. 2021.

GONÇALVES, Luciana Márcia; BAPTISTA, Luana F. da Silva; RIBEIRO, Rochele Amorim. O Uso De Técnicas Compensatórias De Drenagem Para Controle Dos Impactos Da Urbanização. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 92–106, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/1980082712120161366>.

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS. **Lei Nº 12.680, de 19 de Julho de 1995..** Goiânia, Disponível em: [https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa\\_legislacao/82623/lei-12680](https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/82623/lei-12680). Acesso em: 09 out. 2021.

HIRATA, Eliane et al . Mapeamento dinâmico e colaborativo de alagamentos na cidade de São Paulo. **Bol. Ciênc. Geod.**, Curitiba , v. 19, n. 4, p. 602-623, dez. 2013 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-21702013000400006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702013000400006&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 22 abr. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702013000400006><https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=9cc5900ceb0d4c279305d43197980dd8>. Acesso em: 20 maio 2021.

IBGE. . **Manual Técnico de Pedologia**. 2007. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

IBGE. **Panorama: novo gama**. Novo Gama. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/novo-gama/panorama>. Acesso em: 22 mar. 2021.

IGNATIEVA, Maria *et al.* Low Impact Urban Design and Development (LIUDD): matching urban design and urban ecology. **Landscape Review Volume**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 61-73, jul. 2008. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/27814706\\_Low\\_Impact\\_Urban\\_Design\\_and\\_Development\\_LIUDD\\_matching\\_urban\\_design\\_and\\_urban\\_ecology/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/27814706_Low_Impact_Urban_Design_and_Development_LIUDD_matching_urban_design_and_urban_ecology/citation/download). Acesso em:

02 maio 2021.

IPEA. . **Infraestrutura Social e Urbana no Brasil**: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2010. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6473](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=6473). Acesso em: 25 mar. 2021.

JACQUES, Paola Barenstein; ALMEIDA JÚNIOR, Dilton Lopes de. **A CONSTRUÇÃO DE BRASÍLIA: ALGUNS SILENCIAMENTOS E UM AFOGAMENTO**. 2017. Disponível em: <https://www.ifch.unicamp.br/eha/atas/2017/Paola%20Barenstein%20Jacques%20e%20Dilton%20Lopes%20de%20Almeida%20Junior.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

JHA, Abhas K. **Cities and Flooding**: a guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. 2012. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2241>. Acesso em: 25 nov. 2021.

KAWATOKO, Ivie Emi Sakuma. **Estabelecimento de cenários de medidas estruturais e não-estruturais para gestão das águas urbanas em escala de lote**. 2012. 135 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-23042012-090308/publico/dissertacao\\_ivie\\_final.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-23042012-090308/publico/dissertacao_ivie_final.pdf). Acesso em: 05 maio 2021.

LIMA, Lucas Prado. **Alteração de atributos na água e no nível do lençol freático após disposição de efluentes em valas de infiltração**. 2016. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (Unb), Brasília, 2016. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/14948>. Acesso em: 19 maio 2021.

LIU, Ssu-Ting; LIAO, Chu-Yung; KUO, Cheng-Yu; KUO, Hsien-Wen. The Effects of PM2.5 from Asian Dust Storms on Emergency Room Visits for Cardiovascular and Respiratory Diseases. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 428, 16 abr. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph14040428>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/4/428>. Acesso em: 12 out. 2021.

LOPES, Priscila Gurgel do Nascimento. **Atributos hidrodinâmicos e hidrofobicidade em um argissolo vermelho-amarelo sob mata atlântica secundária, pastagem degradada e leguminosas arbóreas**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goycatazes, 2017. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2017/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Priscila-Gurgel-com-Ficha.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

LOTTERING, N *et al.* Coping with drought: the experience of water sensitive urban design (wsud) in the george municipality. **Water Sa**, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 1, 1 dez. 2014. Academy of Science of South Africa. <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v41i1.1>. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/110358>. Acesso em: 30 abr. 2021.

LUCAS, Alessandro Hirata; SOBRINHA, Loide Angelina; MORUZZI, Rodrigo Braga;

BARBASSA, Ademir Paceli. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 17-28, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000079923>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/Bk8MYpvHmjWRGPdM7MwFckB/?lang=pt&format=html>.

Acesso em: 10 nov. 2021.

LUIZ, Gabriel Andrade *et al.* ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DO ASFALTO PERMEÁVEL COMO ALTERNATIVA DE PREVENÇÃO DE ENCHENTES URBANAS NA CIDADE DE TRÊS RIOS. **Revista Portos**: por um mundo mais sustentável, [S.L.], p. 82-98, 2020. EPITAYA. <http://dx.doi.org/10.47879/ed.ep.2020144p82>.

MA, Yuxia; XIAO, Bingshuang; LIU, Chang; ZHAO, Yuxin; ZHENG, Xiaodong. Association between Ambient Air Pollution and Emergency Room Visits for Respiratory Diseases in Spring Dust Storm Season in Lanzhou, China. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 613, 21 jun. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph13060613>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/13/6/613>. Acesso em: 12 out. 2021.

MARTINS, J.R.S., 2012. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente? Artigo Científico Julho 2012, p. 1-11

MATOS, Mateus Pimentel de; VON SPERLING, Marcos; MATOS, Antonio Teixeira de; DIAS, Daniel Filipe Cristelo; SANTOS, Calebe Rodrigues Soares. Colmatação e desempenho de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial ao longo de oito anos de operação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 6, p. 1227-1237, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018175770>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/bZM4rThxN9W9wWp3kdQWmhN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2021.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de *et al.* Trincheira de Infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais. **Ambiente Construido**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 53-72, set. 2016. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ac/a/gghrq58K36hBFDyJ8zq5ZMv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 set. 2021.

MENDIONDO, Eduardo; CHAUDHRY, Fazal; GRACIOSA, Melissa. Metodologia para o Dimensionamento de Trincheiras de Infiltração para o Controle do Escoamento Superficial na Origem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 207-214, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v13n2.p207-214>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/305306420\\_Metodologia\\_para\\_o\\_Dimensionamento\\_de\\_Trincheiras\\_de\\_Infiltracao\\_para\\_o\\_Controlado\\_E escoamento\\_Superficial\\_na\\_Origem](https://www.researchgate.net/publication/305306420_Metodologia_para_o_Dimensionamento_de_Trincheiras_de_Infiltracao_para_o_Controlado_E escoamento_Superficial_na_Origem). Acesso em: 10 nov. 2021.

Miguez, M. **Drenagem Urbana - Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade**. GEN LTC. Grupo GEN, 2015. 9788595155695. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155695/>. Acesso em: 22 Apr 2021

MINGOTI, Rafael; SPADOTTO, Claudio Aparecido; MORAES, Diego Augusto de Campos. Suscetibilidade à contaminação da água subterrânea em função de propriedades dos solos no

Cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 51, n. 9, p. 1252-1260, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900025>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/HSgbYXq8wYkVD5NVbNxnPjj/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 01 nov. 2021.

MOTA, Aline de Almeida; KOBAYAMA, Masato. Reconsiderações sobre a Fórmula de Kirpich para o cálculo de tempo de concentração. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 55-59, mar. 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/229395>. Acesso em: 09 set. 2021.

Novo Gama. **Localização**. 2021. Disponível em: <https://novogama.go.gov.br/pagina/148-localizacao>. Acesso em: 20 maio 2021.

OLIVEIRA, Alinne Prado de; BARBASSA, Ademir Paceli; GONÇALVES, Luciana Márcia. Aplicação De Técnicas Compensatórias De Drenagem Na Requalificação De Áreas Verdes Urbanas Em Guarulhos - Sp. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [s. l.], v. 4, n. 9, p. 87–101, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/231786044920161385>

PACHECO, Elisa Ferreira. **Avaliação Quali-quantitativa de uma Vala de Infiltração Pluvial em Termos de Retenção de Contaminantes. Estudo de Caso: distrito do campeche - florianópolis santa catarina**. 2015. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/169292/338947.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 maio 2021.

PARIZOTTO, Raphael. **Planejamento e problemas urbanos provocados pela ação das chuvas em Brasília - DF**. 2016. xi, 88 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PEITER, Thiago Veronez; POLETO, Cristiano. ESTUDOS DOS EFEITOS DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO SOBRE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL. **Revista de Estudos Ambientais**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 56-66, set. 2012. ISSN 1983-1501. Disponível em: <<https://bu.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/2928>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

PEIXOTO, Vinicius Carvalho. **Análise paramétrica e dimensionamento de poço de infiltração para fins de drenagem urbana**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-06122011-105856/publico/dissertacao\\_peixoto.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-06122011-105856/publico/dissertacao_peixoto.pdf). Acesso em: 20 maio 2021.

PEIXOTO, Vinicius Carvalho. **Análise paramétrica e dimensionamento de poço de infiltração para fins de drenagem urbana**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-06122011-105856/publico/dissertacao\\_peixoto.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-06122011-105856/publico/dissertacao_peixoto.pdf). Acesso em: 12 nov. 2021.

PINTO, Liliane Lopes Costa Alves. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. 283 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível

em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-31082011-160233/publico/Tese\\_Liliane\\_Lopes\\_C\\_A\\_Pinto.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-31082011-160233/publico/Tese_Liliane_Lopes_C_A_Pinto.pdf). Acesso em: 19 maio 2021.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana.**

2005. Porto Alegre. Disponível em:

[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/manual\\_de\\_drenagem\\_ultima\\_versao.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf). Acesso em: 14 maio 2021.

Prefeitura de Porto Alegre. **Detenção:** as bacias que ficam secas. as bacias que ficam secas.

Disponível em:

[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=69#:~:text=Para%20as%20bacias%20de%20deten%C3%A7%C3%A3o,superior%20do%20reservat%C3%B3rio%20de%20concreto..](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=69#:~:text=Para%20as%20bacias%20de%20deten%C3%A7%C3%A3o,superior%20do%20reservat%C3%B3rio%20de%20concreto..) Acesso em: 20 maio 2021.

PREFEITURA DE SANTOS (Município). **Lei Complementar nº 1.006, de 16 de julho de 2018.** . São Paulo, SP, 16 jul. 2018. Disponível em:

[https://www.santos.sp.gov.br/static/files\\_www/files/portal\\_files/lc1006\\_retificado.pdf](https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/files/portal_files/lc1006_retificado.pdf).

Acesso em: 15 maio 2021.

PROSAB. . **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** 5. ed. Natal: Abes, 2009. 398 p. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5\\_tema\\_4.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf). Acesso em: 03 maio 2021.

ROCHA, Cáren Izabel Oliveira. **Plano Diretor de Drenagem Urbana em cidades**

**planejadas:** premissa de zoneamento baseado no risco de contaminação da água subterrânea.

2014. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos, Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-26122014-170119/en.php>. Acesso em: 14 maio 2021.

RODRIGUEZ, Tatiana Tavares; WEISS, Luis Alexandre; TEIXEIRA, Raquel Souza; BRANCO, Carlos José Marques da Costa. Permeabilidade de Solo Laterítico por Diferentes Métodos. **Semina:** Ciências Exatas e Tecnológicas, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 17, 17 out. 2015. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375.2015v36n2p17>. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/13577/0>. Acesso em: 17 nov. 2021.

SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos. São Paulo: SMDU, 2012. 128p. Il. v.3. Disponível em:

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento\\_urbano/arquivos/manual-drenagem\\_v3.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v3.pdf). Acesso em: 10 nov. 2021.

SÃO PAULO. Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGE). Prefeitura de São Paulo. **Alagamentos.** 2013. Disponível em:

<https://www.cgesp.org/v3/alagamentos.jsp>. Acesso em: 14 abr. 2021

SILVA, J. P. 2007. Estudos Preliminares para Implantação de Trincheiras de Infiltração. Dissertação de Mestrado, Publicado G.DM – 154/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155p.

SNIRH. **Divisões de Bacias**. 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh-1/acesso-tematico/divisao-hidrografica>. Acesso em: 05 ago. 2021.

SOLUÇÃO PARA CIDADES. **Projeto Técnico**: bacia de retenção. Bacia de Retenção. 2013. Disponível em: [https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF\\_Reservatorios%20Deten\\_web.pdf](https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf). Acesso em: 12 maio 2021.

TASCA, Fabiane Andressa *et al.* O papel da drenagem urbana na prevenção de desastres hidrológicos na bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu. **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l.], v. 1, n. 69, p. 129–142, 2017.

Teodoro, V. L. I., Teixeira, D., Costa, D. J. L., & Fuller, B. B. (2007). O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1), 137-156. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. 2012. Disponível em: [https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5\\_6dfba4c4d51349aaa4913f70ab7f062c.pdf?index=true](https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_6dfba4c4d51349aaa4913f70ab7f062c.pdf?index=true). Acesso em: 17 out. 2021.

TREVISAN, Diego Peruchi *et al.* Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental do Município de São Carlos - SP. **Ra'Ega**, Curitiba, v. 44, n. 1, p. 278-288, maio 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/50439/35140>. Acesso em: 22 out. 2021.

TUCCI, Carlos E M. Textos para Discussão CEPAL • IPEA Gestão da Drenagem Urbana. [s. l.], p. 50, 2012. Disponível em: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274\\_pt.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274_pt.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 10 mar. 2021.

U, Adindu Ruth; K, Igbokwe Kelechi; I., Dike Ijeoma. Philip Model Capability to Estimate Infiltration for Solis of Aba, Abia State. **Journal Of Earth Sciences And Geotechnical Engineering**. Nigéria, p. 63-68. out. 2015. Disponível em: [http://www.scienpress.com/Upload/GEO/Vol%205\\_2\\_4.pdf](http://www.scienpress.com/Upload/GEO/Vol%205_2_4.pdf). Acesso em: 17 out. 2021.

United States Environmental Protection Agency. **Stormwater Best Management Practice Design Guide**: volume 1 general considerations. Cincinnati: Ecosite, 2004. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901X0A00.PDF?Dockey=901X0A00.PDF>. Acesso em: 24 abr. 2021.

USP. **Asfalto Poroso**. Disponível em: [http://imagens.usp.br/?attachment\\_id=781](http://imagens.usp.br/?attachment_id=781). Acesso em: 19 maio 2021.

VALENCIA, Astrid Carolina Bustos. **Modelo para a Determinação da Afluência dos Resíduos Sólidos ao sistema de Drenagem Urbana**: estudo de caso em belo horizonte - mg. 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/RAOA-BBJQQB>. Acesso em: 10 abr. 2021.

VIEIRA, Ivan Sousa Luíz. **Análise de Bacias de Retenção**. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade da Madeira, Madeira, 2014. Disponível em: <https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/1003/1/MestradoIvanVieira.pdf>. Acesso em: 18 maio 2021.

VLACAVIK, Fernanda Daiane. **Avaliação e otimização do uso de zeólitas no tratamento terciário de efluentes líquidas**. 2010. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28611#:~:text=Diversos%20estudos%20t%C3%AAm%20apresentado%20o,grandes%20capacidades%20de%20troca%20cati%C3%B4nica..>. Acesso em: 16 abr. 2021.

YANG, Lili; HU, Zhiyuan; HUANG, Zhongwei; WANG, Lina; HAN, Wenyu; YANG, Yanping; TAO, Huijie; WANG, Jing. Detection of a Dust Storm in 2020 by a Multi-Observation Platform over the Northwest China. **Remote Sensing**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 1056, 10 mar. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs13061056>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/6/1056>. Acesso em: 12 out. 2021.

### ANEXO A – COEFICIENTES CURVE NUMBER

Tipo de uso do solo		Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Uso Residencial					
Tamanho médio do lote	% impermeável				
Até 500 m <sup>2</sup>	<b>65</b>	<b>77</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>92</b>
1000m <sup>2</sup>	<b>38</b>	<b>61</b>	<b>75</b>	<b>83</b>	<b>87</b>
1500m <sup>2</sup>	<b>30</b>	<b>57</b>	<b>72</b>	<b>81</b>	<b>86</b>
Estacionamentos Pavimentados, telhados		<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>
Ruas e estradas:					
Pavimentadas, com guias e drenagem		<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>
Com cascalho		<b>76</b>	<b>85</b>	<b>89</b>	<b>91</b>
Terra		<b>72</b>	<b>82</b>	<b>87</b>	<b>89</b>
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		<b>89</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>95</b>
Distritos industriais (72% de impermeabilização)		<b>81</b>	<b>88</b>	<b>91</b>	<b>93</b>
Espaços abertos, parques, jardins:					
Boas condições, cobertura de grama > 75%		<b>39</b>	<b>61</b>	<b>74</b>	<b>80</b>
Condições médias, cobertura de grama > 50%		<b>49</b>	<b>69</b>	<b>79</b>	<b>84</b>
Terreno preparado para plantio,					

descoberto					
Plantio em linha reta		<b>77</b>	<b>86</b>	<b>91</b>	<b>94</b>
Culturas em fileira					
Linha reta	<b>Condições ruins</b>	<b>72</b>	<b>81</b>	<b>88</b>	<b>91</b>
	<b>Condições boas</b>	<b>67</b>	<b>78</b>	<b>85</b>	<b>89</b>
Curva de nível	<b>Condições ruins</b>	<b>70</b>	<b>79</b>	<b>84</b>	<b>88</b>
	<b>Condições boas</b>	<b>35</b>	<b>75</b>	<b>82</b>	<b>86</b>
Pasto					
	Condições ruins	<b>68</b>	<b>79</b>	<b>86</b>	<b>89</b>
	Condições médias	<b>49</b>	<b>69</b>	<b>79</b>	<b>84</b>
	Condições boas	<b>39</b>	<b>61</b>	<b>74</b>	<b>80</b>
Curva de nível					
	Condições ruins	<b>47</b>	<b>67</b>	<b>81</b>	<b>88</b>
	Condições médias	<b>25</b>	<b>59</b>	<b>75</b>	<b>83</b>
	Condições boas	<b>6</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>79</b>
Campos					
	Condições boas	<b>30</b>	<b>58</b>	<b>71</b>	<b>78</b>
Florestas					
	Condições ruins	<b>45</b>	<b>66</b>	<b>77</b>	<b>83</b>
	Condições médias	<b>36</b>	<b>60</b>	<b>73</b>	<b>79</b>
	Condições boas	<b>25</b>	<b>55</b>	<b>70</b>	<b>77</b>