

Proposição de infraestruturas sustentáveis de drenagem urbana: estudo de caso área Mansões Paraíso, Gama (DF)

A drenagem de águas pluviais contribui significativamente para a melhoria na qualidade de vida da população que vive na região beneficiada, diminuindo alagamentos, transportando a água captada para os devidos cursos hídricos naturais e, inclusive, minimizando o risco de contaminação de diversas doenças de veiculação hídrica. Com essa premissa, objetivou-se prospectar um dimensionamento de técnicas sustentáveis de escoamento superficial, para a área Mansões Paraíso, Gama/DF. O dimensionamento foi feito pelo método racional, para a Bacia de Detenção, enquanto, para as Trincheiras de Infiltração, foi utilizado o Modelo Unidimensional Horizontal de Philip, obtendo-se volumes precipitados de 12,1m³, 13,2m³, 2,4m³ e 9m³ para as Trincheiras 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Foi possível, ainda, determinar as dimensões dessas quatro Trincheiras, sendo 1,175x1,15x20,0m³; 1,25x1,20x20m³; 1,10x1,00x5,00m³ e 1,00x1,00x20m³ para as Trincheiras 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Já para a Bacia de Detenção, obteve-se um dispositivo de, aproximadamente, 122m³, com 5,00x2,00x,12,20m³ de dimensões. Tais projeções tiveram como base estudos realizados em solos com características semelhantes às da área de estudo. Com estas propostas de dimensionamento, pôde-se concluir que o dimensionamento foi feito de forma proveitosa. Assim, as propostas de dimensionamento podem vir a contribuir para melhoria da região, minimizando os alagamentos nos períodos chuvosos e maximizando a qualidade da área de estudo permitindo, por exemplo, viabilizar a área para possível regularização.

Palavras-chave: Trincheiras de infiltração; Bacia de Detenção; Técnicas Compensatórias; Gama-DF.

Proposition of sustainable urban drainage infrastructures: case study area Mansões Paraíso, Gama (DF)

Rainwater drainage significantly contributes to improving the quality of life of the population who living in the benefited region, reducing flooding, transporting the collected water to the appropriate natural water courses and even reducing the risk of contamination from many waterborne diseases. With this in mind, the objective of this job was to prospect a dimensioning of sustainable techniques of surface runoff, for the Mansões Paraíso area, Gama/DF. The dimensioning was done by the rational method to Detention Basin, while to the Infiltration Trenches it was used Philip's One-Dimensional Horizontal Model obtaining precipitated volumes of 12.1m³, 13.2m³, 2.4m³ and 9m³ for Trenches 1, 2, 3 and 4, respectively. It was possible yet determining the dimensions of four Infiltration Trenches, being, 1,175x1,15x20,0m³; 1,25x1,20x20m³; 1,10x1,00x5,00m³ e 1,00x1,00x20m³ for Trenches 1, 2, 3 and 4, respectively. For the Detention Basin, a device of approximately 122m³ was obtained, with dimensions of 5,00x2,00x,12,20m³. Such projections were based on studies carried out in soils with similar characteristics to the study area one. With these design proposals, it could be concluded that the design was carried out in a profitable way, even with imprecise information about the physical characteristics of the soil, since the focus of this case study was not, in fact, to carry out tests on the soil of the study area. Thus, the sizing proposals can contribute to the improvement of the region, minimizing flooding in rainy periods and maximizing the quality of the study area, allowing, for example, making the area viable for possible regularization.

Keywords: Infiltration Trenches; Detention Basin; Compensatory Techniques; Gama-DF.

Topic: **Engenharia Sanitária**

Received: **10/11/2021**

Approved: **30/11/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

David de Sousa Bezerra

Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8922854433316400>
davidbezerra3624@gmail.com

Vitor Oliveira Cardoso

Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5068379740163283>
vitor97olv@gmail.com

Aline Carolina da Silva 

Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3949209531869976>
<https://orcid.org/0000-0002-7606-9819>
alinesilva.ambiental@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0013

Referencing this:

BEZERRA, D. S.; CARDOSO, V. O.; SILVA, A. C.. Proposição de infraestruturas sustentáveis de drenagem urbana: estudo de caso área Mansões Paraíso, Gama (DF). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.11, p.135-151, 2021. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0013>

INTRODUÇÃO

O gerenciamento e o manejo dos recursos hídricos são atividades essenciais para o convívio harmônico da cidade com suas águas, condição básica para o desenvolvimento saudável da vida humana (ADASA, 2018). Porém, segundo a ADASA (2018), ações antrópicas modificam o ciclo hidrológico natural, especialmente nas áreas urbanas, onde as concentrações demográficas são maiores.

Vale salientar que a urbanização descontrolada aumenta as áreas impermeáveis e faz necessitar cada vez mais de medidas compensatórias e infraestruturas de canalização, pois, há aumento significativo da velocidade da água, produção de sedimentos, além dos resíduos sólidos descartados de forma inadequada, que tendem a escoar pelos sistemas de drenagem. De acordo com Bicudo et al. (2010), devido à falta de serviços de limpeza e manutenção, bem como ações de educação ambiental, há redução da capacidade de escoamento e aumento da poluição hídrica, incluindo-se grande quantidade de metais pesados.

Pelo exposto, é de extrema relevância compreender os impactos que a ausência do saneamento básico ocasiona, principalmente em áreas urbanas, sendo ele definido pelo Batista (2012), como um conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e à produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica.

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal de 1988, e definido pela Lei Federal nº. 11.445/2007, que institui a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (BRASIL, 2007). Vale salientar ainda o Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico Lei Federal nº 14026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico (PNSB) e atribui à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento no país.

Deste modo, o desenvolvimento urbano e o saneamento sendo planejados e executados de forma segura e alcançável às realidades locais, se tornam aliados da saúde e bem-estar da população e do meio ambiente. Logo, o manejo das águas pluviais e drenagem urbana, são serviços que merecem atenção dentro dos centros urbanos, tendo em vista que a sua má gestão ocasiona inundações, alagamentos, erosões, perdas materiais e imateriais, além do comprometimento e contaminação da qualidade da água pluvial.

É importante enfatizar que o conjunto de impactos urbanos leva a ausência de sustentabilidade do modelo de urbanização atual, que possui alta concentração urbana, com ocupação de espaços e superfícies impermeáveis (TUCCI, 2012). O uso e ocupação do solo são definidos de acordo com os Planos Diretores Municipais, que são instrumentos básicos da política de desenvolvimento e expansão urbana, segundo o Estatuto das Cidades, Lei Federal nº 10.257/2001. Por meio dos Planos Diretores que se promove o diálogo entre os aspectos físicos/territoriais e os objetivos sociais, econômicos e ambientais para as cidades. Sendo assim, se configura como um fator indispensável e que infere diretamente na drenagem, tendo em vista a necessidade de integração entre a Política de Saneamento e os Planos Diretores. Ressalta-se ainda que a Lei

Federal nº 14.026/2020 definiu que os Planos Diretores dos municípios e Planos de Bacias Hidrográficas devem ser compatíveis com os Planos de Saneamento Básico locais.

No Distrito Federal, apesar das cidades (regionalmente conhecidas como Regiões Administrativas - RA's) possuírem Planos Diretores e Plano Distrital de Saneamento Básico, não exima o fato de existirem diversos problemas de drenagem urbana principalmente em áreas periféricas, pouco desenvolvidas e com um crescimento desordenado. Em vista disso, a inserção de técnicas compensatórias para a gestão de águas pluviais é uma medida que pode ser viável para a região.

Para Vasconcelos et al. (2016), tais técnicas podem ser consideradas soluções urbanísticas ambientalmente mais adequadas para o manejo das águas pluviais em áreas urbanizadas. Esses sistemas podem assumir múltiplas formas como trincheiras, valas, fossas, pavimentos dotados de estrutura de reservação, poços, telhados armazenadores, bacias de retenção secas ou com água, podendo ser utilizadas em diferentes escalas e facilmente integradas ao meio ambiente, permitindo ainda diversos usos pela população (BRITO, 2006).

Neste contexto, o estudo visou a região denominada Condomínio Residencial Mansões Paraíso, localizado no Planalto Central, na Ponte Alta Norte, Gama, uma das 33 Regiões administrativas que compõem o Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2020). Esta área possui irregularidades quanto ao uso e ocupação de solo, bem como potencial de poluição das águas subterrâneas (TERRACAP, 2012). Se trata de uma área residencial periférica, que possui saneamento básico precário e grande parte da região não possui acesso a água potável, coleta de resíduos e tratamento de esgoto. Além disso, são identificados problemas que são característicos em muitos bairros e Regiões Administrativas, como falta de coleta seletiva, serviço de limpeza urbana e infraestrutura de drenagem. Dessa forma, além do diagnóstico local, objetivou-se propor soluções com a utilização de ferramentas de manejo de águas pluviais e de drenagem urbana a partir de técnicas compensatórias sustentáveis.

REVISÃO TEÓRICA

Para a universalização do acesso aos serviços de manejo e drenagem das águas pluviais no saneamento básico, devem ser promovidos a coleta, o transporte, retenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias e o tratamento e a disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

Conforme Melo et al. (2014), crescimento urbano e a expansão acelerada, na maioria das vezes, de maneira não planejada, não ocorrem nas mesmas proporções quando se comparado à abrangência e eficiência dos serviços de infraestrutura de águas das cidades. Isso compromete e sobrecarrega os sistemas de infraestruturas existentes, como o abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana (águas pluviais) e resíduos sólidos. Por esse motivo, um Plano Diretor de drenagem mal projetado pode causar sérios prejuízos à cidade, como enchentes incontroláveis e possíveis perdas de vidas humanas. Conforme Tucci (2012), os impactos e inundações podem ser produzidos pelo escoamento superficial, sendo eles:

Inundações de áreas ribeirinhas: ocorre quando as águas pluviais geram inundações na bacia hidrográfica devido ao excesso de chuva que não consegue ser drenado, inundando a várzea de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios; Inundações: devido à urbanização: Ocorre à medida que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento por meio de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural.

De acordo com Reis et al. (2014), o problema se agrava devido aos seguintes fatores: impermeabilização de grandes áreas urbanas ocasionada pela ocupação desordenada, pontos de redes de drenagem subdimensionados e mau funcionamento dessas galerias em função de entupimentos provocados pelo resíduo não coletado ou disposto incorretamente.

A fim de sanar tais problemas, existem diversas intervenções de modo a minimizar, resolver ou direcionar o destino das águas pluviais. A exemplo a micro e macrodrenagem. De acordo com Paraná (2017), a microdrenagem é constituída, basicamente, de três componentes: sistema de condutos pluviais, canais nos loteamentos ou na rede primária urbana. O manual fala, ainda, que a microdrenagem é projetada para atender coletar as precipitações com risco moderado.

Em adição, segundo a ADASA (2018), a microdrenagem é um sistema composto por dispositivos que coletam e conduzem as águas pluviais, de origem de lotes e das vias públicas. É composta, basicamente, por: sarjetas, captações (bocas de lobo), condutos de ligação, poços de visita e tubulações com diâmetro de até 800mm. Já a macrodrenagem é uma área consideravelmente grande, superiores a 400ha A macrodrenagem ser projetada com o objetivo de acomodar precipitações superiores às da microdrenagem, Manual de Drenagem Urbana do município de Toledo, Paraná (2017). Para a ADASA (2018), o sistema de macrodrenagem é composto, basicamente, de:

Galerias circulares, de águas pluviais, de diâmetro igual ou superior a 1000m; Galerias de seção transversal retangular, ou quadrada, e canais abertos revestidos; Reservatórios de retenção (ou retenção); e dispositivos de lançamento em cursos superficiais de água, dissipando energia.

De acordo com o Manual de drenagem e manejo de águas pluviais, São Paulo (2012), pode-se pautar os seguintes pontos sobre a macrodrenagem:

O sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por estruturas de maiores dimensões, projetado para cheias cujo período de retorno deve estar próximo de 100 anos. Quando este sistema é bem projetado pode-se obter diminuição considerável do custo do sistema inicial, reduzindo-se, por exemplo, a extensão das tubulações enterradas. Do seu bom funcionamento dependem, essencialmente, a segurança urbana e a saúde pública. Quando este sistema não é projetado, ele existe naturalmente, pois as cheias escoam pelas depressões topográficas e pelos cursos d'água naturais. Se a área urbana não se desenvolver de forma coerente com essas condições, são grandes os riscos de prejuízos materiais, e mesmo de perdas de vidas humanas. A urbanização das áreas baixas marginais aos cursos d'água deve ser feita cautelosamente. Sem um projeto adequado de drenagem dessas áreas a sociedade será onerada, no futuro, por altos custos decorrentes de manutenção e correção do sistema de drenagem inadequado.

Como forma de complementar a macrodrenagem e tornar o dimensionamento mais sustentável, existem diversas intervenções e técnicas compensatórias que podem compor o sistema de drenagem urbana, como por exemplo as trincheiras de infiltração e bacias de retenção.

Bacia de Detenção (BD)

As Bacias de Detenção (ou ainda, reservatórios de detenção, popularmente conhecidos como “piscinões”), são estruturas com o objetivo reduzir as inundações urbanas, bem como acumular as águas provenientes do escoamento superficial. Para Pereira (2018), estas bacias de detenção são “secas” e só são ocupadas por águas em momentos chuvosos e por um curto período de tempo depois da chuva, com a ordem de grandeza de tempo de algumas horas. Elas não resolvem o problema do aumento de volume de chuva gerado pela impermeabilização, mas ajudam a manter o rio com uma cota máxima mais baixa, diminuindo os efeitos negativos das inundações. Outra característica dos reservatórios de detenção é minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica.

As bacias de detenção permitem soluções integradas com o planejamento urbano, criando assim, projetos multifuncionais. Um exemplo comum é a configuração de praças e quadras esportivas rebaixadas, que em tempo seco proporcionam o lazer e a permanência como usos e em períodos de cheia, funcionam para armazenamento temporário de volumes de cheia (BATTEMARCO et al., 2018).

Já as bacias de detenção a céu aberto são reservatórios que armazenam água apenas em eventos de chuvas e podem ter seus fundos constituídos com impermeabilizantes, mediante à riscos de poluição por meio de águas subterrâneas. A partir dessa impermeabilização, a área da bacia de detenção pode ser utilizada para usos recreativos, como quadras de esportes e áreas de lazer, por exemplo (ABCP, 2013). De modo geral, de acordo com o manual publicado ABCP (2013) as bacias de detenção são indicadas onde:

As regiões urbanas são altamente impermeabilizadas e densamente povoadas, onde o reforço ou ampliação dos canais e galerias de drenagem existentes torna-se muito oneroso ou inviável; ocorrem inundações que causem grandes perdas materiais e humanas para a população; As áreas são situadas em terrenos ociosos e degradados, possibilitando a criação de áreas verdes e de lazer, valorizando a presença da água e aumentando a qualidade de vida da região.

Trincheiras de Infiltração (TI)

Para a ADASA (2018), as trincheiras de infiltração são dispositivos lineares. Elas recolhem o escoamento superficial, amortecendo-o e possibilitando sua infiltração no solo. Uma trincheira pode ser utilizada como parte de um grande sistema de drenagem de águas pluviais, ou até mesmo como um único dispositivo de um sistema de água da chuva para uma pequena área (OLIVEIRA et al., 2019).

Conforme Poleto et al. (2011), as suas principais funções são o abastecimento dos aquíferos, a captação das águas pluviais provenientes do escoamento superficial por um período, e o auxílio na infiltração das águas pluviais, que, por conseguinte pode ocasionar o tratamento da água por meio do processo de infiltração no solo melhorando a qualidade dessas águas. Normalmente, as trincheiras de infiltração são protegidas e separadas do solo por um geotêxtil, evitando-se a entrada de partículas finas, bem como de elementos contaminantes (MELO et al., 2016).

São estruturas constituídas por valetas cobertas com material granular com porosidade entorno de 35% (dependendo do material utilizado). Embora reduza o volume útil de armazenamento da trincheira, o preenchimento da vala deve ser realizado tanto para segurança como para a estabilização dos taludes,

evitando desabamentos. As valas são preenchidas total ou parcialmente com material granular, como brita, seixo, cascalho ou blocos de drenagem (blocos de material plástico com elevado volume de vazios). Todo o material deverá estar envolvido em geotêxtil para impedir a migração de materiais finos, detritos e/ou sujidades para o seu interior e evitar a contaminação do solo. No entanto, a finalidade principal deste material, que funciona como filtro, é evitar a colmatação da estrutura, que causaria a perda de permeabilidade e de eficiência/desempenho (LOURENÇO, 2014).

Para Lucas et al. (2015), uma análise pertinente, que se deve tomar, antes de se projetar uma Técnica Compensatória por infiltração, seria a determinação das taxas de infiltração de projeto, intrínsecas as propriedades do solo, podendo-se citar, por exemplo, a umidade e a condutividade hidráulica. Os autores afirmam, ainda, que o carregamento de partículas suspensas no escoamento superficial (finos) para dentro de estruturas de Técnicas Compensatórias por infiltração interferem na real condição de infiltração quando estas técnicas estão em uso. Para eles, a colmatação do solo tem papel principal na interferência da taxa de infiltração quando o sistema está em funcionamento, ou seja, quando uma Trincheira de Infiltração, por exemplo, está recebendo o volume de contribuição do escoamento superficial. Assim, a colmatação irá trazer desvantagens para a estrutura da Técnica Compensatória, comprometendo o funcionamento e a vida útil da TI.

Em contrapartida, de acordo com Lourenço (2014), pode-se apontar como vantagens, a simplicidade de implantação, a recolha das águas pluviais na origem, redução da necessidade de estruturas de transporte (coletores) e ainda a boa integração com o espaço urbano (baixa ou quase nenhuma interferência na paisagem). Em compensação, afirmam Oliveira et al. (2019), as desvantagens seriam, a preocupação com a manutenção frequente, o risco de colmatação, riscos de poluição do lençol freático e restrições de eficiência em áreas de fortes declividades.

METODOLOGIA

Caracterização da pesquisa

Este estudo de caso analisou a área 0,37km² do bairro Residencial de Mansões Paraíso, localizado em Ponte Alta Norte, na cidade do Gama, Distrito Federal. Foi realizada a fundamentação teórica e a revisão bibliográfica com uso de dados qualiquantitativos secundários e, em seguida foi caracterizada a área de estudo, definindo pontos como, pedologia, relevo do terreno, uso e ocupação, além da utilização de um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto o Quantum GIS (QGIS), para delimitar e caracterizar a bacia hidrográfica da área de estudo. Na etapa seguinte, foram propostas técnicas compensatórias como ferramentas para a Drenagem Urbana Sustentável, sendo elas, quatro Trincheiras de Infiltração e uma Bacia de Detenção, dimensionando sua implantação na área, atendendo as simulações de escoamento superficial.

Descrição da área de estudo

O Condomínio Residencial Mansões Paraíso fica localizado na parte Ponte Alta, no Gama, Distrito Federal, sendo sua coordenada: Latitude -15.996607 e Longitude -48.066488 (TERRACAP, 2012). Na Figura 1, observa-se a área de estudo.

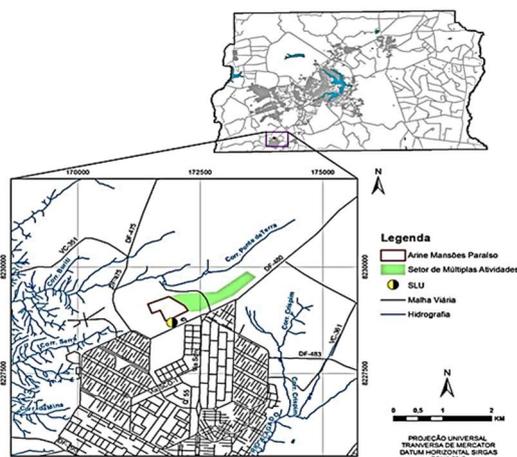


Figura 1: Área de estudo Mansões Arine, Gama/DF. **Fonte:** Terracap (2012).

Na Figura 1, é possível obter-se um panorama da área, em relação ao DF, onde a área do Residencial é de, aproximadamente, 370.000 m² ou 0,37 Km². De acordo com diagnóstico Terracap (2012) a área de estudo e a classificação de Köppen, é caracterizado como “Tropical de Savana”, com verões chuvosos e invernos secos. A estação chuvosa inicia em outubro e termina em abril, sendo o trimestre mais chuvoso de novembro a janeiro. É possível observar a precipitação para a área de estudo no hietograma da Figura 2.

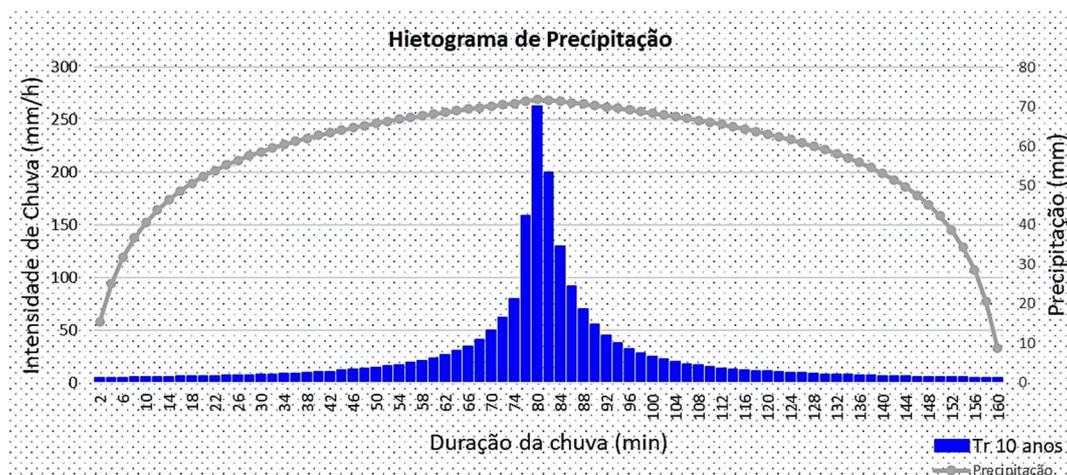


Figura 2: Precipitação volumétrica da área de estudo

No Hietograma anterior, pode-se observar que o pico de precipitação ocorre no tempo de 80 minutos, aproximadamente, com um valor de precipitação por volta de 262,7 milímetros por hora. Isso representa, então, uma precipitação de 71,8 milímetros.

Quanto a hidrologia, a área de estudo está inserida na Região Hidrográfica do Paraná. Situa-se na Bacia Hidrográfica do rio Corumbá, formada pelas Unidades Hidrográficas Santa Maria e Alagado/Ponte Alta, sendo seus principais afluentes os ribeirões Ponte Alta, Alagado e Santa Maria. Essa Bacia drena uma área de aproximadamente 280,5 km² dentro do Distrito Federal, o que corresponde a 4,8% do território (TERRACAP,

2012). É possível se ter um panorama da Bacia da área de estudo (Bacia do Rio Corumbá), na figura 3.

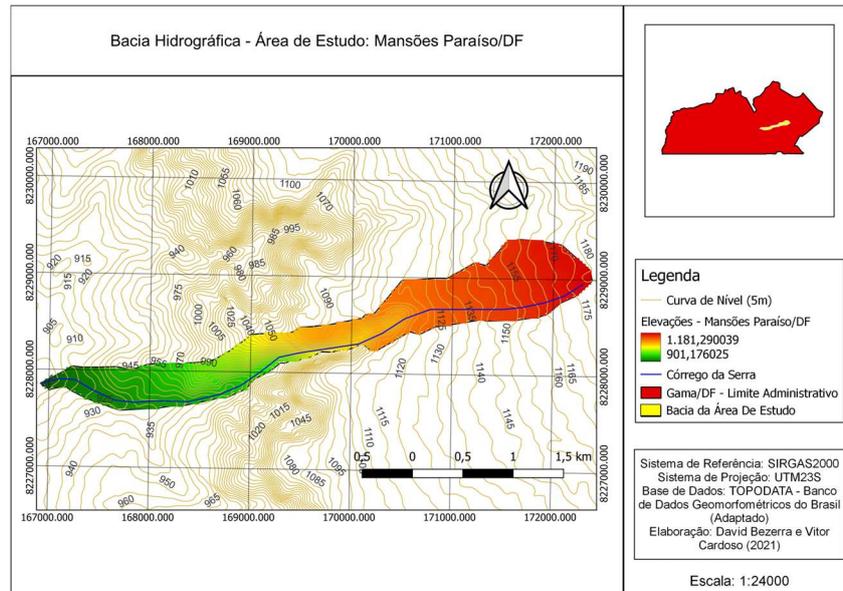


Figura 3: Bacias Hidrográficas da Área de Estudo.

A delimitação da bacia hidrográfica da área de estudo foi limitada levando em consideração as curvas de nível do local e os cursos hídricos que contribuem para a captação das águas precipitadas. A macrorregião (macro bacia) da região é a Bacia do Paraná, a meso região (meso bacia) é a Paranaíba e a Micro Bacia é do Alto Corumbá (IBGE, 2021). A partir disso, foi delimitada a bacia da área de estudo.

Já na sua geologia, a região em estudo possui Chapada como maior predominância. A área apresenta declividade relativamente baixa, não ultrapassando 10%. A altitude varia de 1140m e 1175m (TERRACAP, 2012).

Quanto ao solo, há presença de Latossolo Vermelho-Amarelo e Solos Hidromórficos indiscriminados, denominados Gleissolos. Possuem pequena suscetibilidade à erosão em terrenos planos, apresentam boa permeabilidade e drenabilidade (TERRACAP, 2012).

No que tange ao saneamento básico, a região possui ausência de infraestrutura básica e serviços públicos que atendam os residentes. Apenas serviços essenciais, como exemplo água potável, foram instalados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Por ser uma invasão algumas casas da região não possuem acesso à água potável e coleta e tratamento do esgoto, sendo muito utilizado na região poço artesiano e fossa séptica.

Assim, a região foi escolhida por ser nova, em processo de regularização, sem infraestruturas de saneamento básico, contudo com potencial para aplicação de técnicas compensatórias como solução tecnológica social e sustentável.

Dimensionamento das Técnicas Compensatórias

No que diz respeito ao dimensionamento da Bacia de Detenção (BD), inicialmente, deve-se determinar a vazão de projeto da área da bacia de contribuição, onde, segundo o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Distrito Federal (ADASA, 2018), o cálculo da vazão deverá ser feito pelo Método

Racional, com área de bacia de contribuição de até 300 hectares. Para tanto, a vazão é calculada pela Equação 1 (ADASA, 2018):

$$Q_p = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: Q_p = vazão de projeto (m^3/s); C = coeficiente de escoamento superficial; I = intensidade da chuva crítica, calculada pela equação IDF do Distrito Federal (mm/h) e A = área de contribuição (ha). Com isso, calcula-se o volume de armazenamento, a Resolução ADASA nº 09/2011 (2011b) define para áreas de até 200 ha, a Equação 2 (ADASA, 2018):

$$V_c = 4,705 \cdot A \cdot P_i \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: V é o volume de armazenamento (m^3); A é área de contribuição total (h) e P_i é proporção de área impermeável (%), definida como:

$$P_i = \frac{A_i}{A} \cdot 100 \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: A_i é a área impermeável.

De acordo com a ADASA (2018), a Equação 2 foi obtida através de regressão linear considerando: Equação IDF do Distrito Federal com período de retorno de 10 anos; Vazão específica máxima efluente = 24,4 L/s.ha, conforme Resolução ADASA 9/2011 (ADASA, 2011b); Coeficiente de escoamento superficial para área impermeável = 0,95 e Coeficiente de escoamento superficial para área não impermeabilizada = 0,15.

Para a estrutura de saída do reservatório, foi escolhido o vertedor retangular. A Equação 4 representa a equação geral para o cálculo da capacidade do orifício (em m^3/s) retangular de parede delgada (ADASA, 2018):

$$Q = A_{or} \cdot C_d \cdot (1 + 0,15 \cdot K_c) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde: A_{or} = área do orifício (m^2); C_d = coeficiente de contração do orifício, adotado = 0,61; g = aceleração da gravidade (m/s^2); h = altura do nível de água sobre o eixo do orifício (m) e K_c = coeficiente de correção que depende da forma do orifício e de sua posição em relação às paredes laterais da caixa de passagem, adotado como 0,00 para um orifício retangular (ADASA, 2018). Já para o dimensionamento das Trincheiras de Infiltração (TI), serão consideradas quatro áreas de contribuição do condomínio, conforme a Figura 4.



Figura 4: Delimitação da Área de Estudo. **Fonte:** Adaptado de Google Earth (2021).

Cada área de contribuição foi escolhida levando em consideração a declividade, desaconselhando-se

a implantação de trincheiras de infiltração em terrenos com declividades superiores a 5%, pois, quanto maior a declividade, maior será a velocidade do escoamento superficial e menor será a captura desses volumes pela superfície (MELO, 2016; EPA, 1999). Para obter a declividade da área foi utilizado o software QGIS, calculada a partir das cotas obtidas das curvas de nível. Com isso, serão dimensionadas quatro Trincheiras, uma para cada área de contribuição, dispostas a jusante do escoamento dos lotes (nos pontos mais baixos). As áreas de contribuição das Trincheiras 1, 2, 3 e 4 são, respectivamente, rosa, laranja, amarela e verde.

Com as áreas de contribuição determinadas, é possível iniciar o dimensionamento. Para tanto, é necessário calcular o volume de entrada na Trincheira, que está em função da intensidade de precipitação, da duração de chuva e da área de drenagem (área de contribuição). O volume é, então, obtido pela Equação 5 (GRACIOSA et al., 2008):

$$V_p = \frac{10^3}{3,6} \cdot (i \cdot t_d \cdot A_d) \quad \text{Eq. 5}$$

Onde: V_p = volume de projeto (de entrada) na TI (m^3); T_d = tempo de duração da chuva (s); A_d = área de contribuição, tendo como base as dimensões e taxa de ocupação do lote que irá contribuir para a TI (m^2) e i = intensidade da chuva crítica (mm/h), correspondente ao tempo de duração t_d , calculada pela equação IDF do Distrito Federal (Equação 6), definida pela Adasa (2018):

$$i = \frac{1574,7 \cdot T^{0,207}}{(t_d + 11)^{0,884}} \quad \text{Eq. 6}$$

Onde: T = tempo de retorno (anos); t_d = duração da chuva, onde, pelo método racional, considera-se igual ao tempo de concentração – t_c (ADASA, 2018) e i = intensidade de chuva (mm/h).

O tempo de concentração da chuva é definido pela Equação 7 (Equação de Kirpich), visto a aplicação dessa equação ser apropriada para a área de estudo, pois a mesma (Equação de Kirpich) é utilizada para bacias de 0,50 a 45,3ha e que possuem canais bem definidos, com declividades nos intervalos de 0,03m/m a 0,1m/m (ARAÚJO et al., 2011):

$$T_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde: T_c = tempo de concentração, em minutos; L = comprimento do escoamento, em quilômetros; e Δh = declividade (m/m). Após definido o volume de projeto, pela Equação 5, pode-se, então, dimensionar as dimensões da Trincheira, de acordo com a Equação 8 (GRACIOSA et al., 2008):

$$V_T = \frac{\left[\left(\frac{10^3}{3,6} \cdot (i \cdot t_d \cdot A_d) \right) - (I \cdot L \cdot H) \right]}{\emptyset} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde: V_t = volume de armazenamento (total) da TI (m^3); L e H = comprimento e altura da TI, respectivamente (m); \emptyset = porosidade do material de preenchimento da TI e I = infiltração acumulada na TI ($m^3/s \cdot m^2$), obtida através da seguinte expressão (GRACIOSA et al., 2008):

$$I = C \cdot \sqrt{t_d} \quad \text{Eq. 9}$$

Onde: C = sortividade, que é a capacidade do solo homogêneo em absorver a água, relacionado a umidade no inicial ($m^3/s/m^2$).

Sendo, as dimensões de uma Trincheira de Infiltração divididas em altura (H), comprimento (L) e

largura (B), a determinação das mesmas se dá por iteração, adotando-se valores iniciais para L e H para a resolução do lado direito da Equação 8. Assim, é possível determinar um valor para B, até se obter dimensões BxHxL viáveis de construção. Os cálculos podem ser refeitos, adotando-se novos valores para L e H, até satisfazer as viabilidades construtivas (GRACIOSA et al., 2008).

Vale ressaltar que o método de obtenção para o volume total da TI, Modelo Unidimensional Horizontal de Philip, foi escolhido visto ser um método que leva em consideração que o amolecimento do volume da TI se dá por infiltração e, ainda, por ser um método utilizado quando não se conhece, com precisão, as características físicas do solo de implantação das Trincheiras (GRACIOSA et al., 2008).

O Modelo Unidimensional Horizontal de Philip leva em consideração que a taxa de infiltração tende a decair conforme avança o tempo, fornecendo meio de dimensionar uma Trincheira de Infiltração, considerando uma vazão de infiltração que corresponde a um tempo de chuva analisado (GRACIOSA et al., 2008). Ainda sobre o modelo citado anteriormente, vale ressaltar-se dois pontos de incertezas. O primeiro seria o fato de o modelo tender a subestimar o volume infiltrado na Trincheira, visto este considerar as condições de colmatação sendo totais no fundo desta Técnica compensatória, o que não ocorre de fato. O segundo ponto questionável seria o fato de o modelo considerar as paredes da Trincheira verticais (90° em relação à horizontal) o que, também, não ocorre na prática (GRACIOSA et al., 2008). A perspectiva das Técnicas Compensatórias projetadas neste trabalho, está disposta na Figura 5.

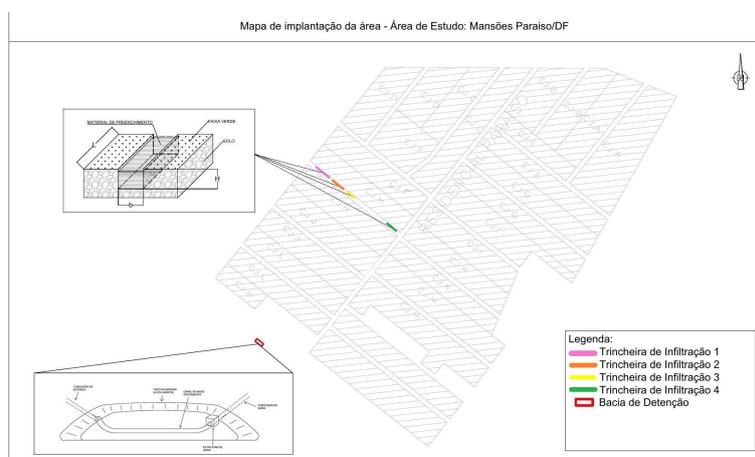


Figura 5: Mapa de implantação e perspectivas.

Todas as Técnicas Compensatórias foram posicionadas à jusante do escoamento, ou seja, nos pontos maiores depressões da área de estudo. Quanto a Bacia de Detenção, ela foi posicionada mais afastada da área de estudo, porém obedecendo as premissas apontadas, anteriormente. Para as Trincheiras de Infiltração, para o posicionamento, levou-se em consideração, também, os trechos com menores declividades e o exultório de cada lote.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, para o dimensionamento da Bacia de Detenção, com os valores de Intensidade de Chuva, Coeficiente de Escoamento Superficial e a Área de Contribuição definida, é possível determinar as

dimensões da bacia de detenção. Foram adotados os seguintes valores para o cálculo da vazão, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Valores adotados para o dimensionamento

| Bacia de Detenção | |
|---|-------|
| Coefficiente de escoamento superficial | 0,5 |
| Intensidade de Chuva (mm ³ /h) | 83,49 |
| Área de contribuição (ha) | 37 |

Com isso, o valor da vazão, determinado a partir da Equação 1, foi 4,293891 m³/s, portanto a Vazão de projeto está definida, em seguida calcula-se o Volume de Acumulação, a partir da Equação 2 e Equação 3, equações que apresentadas para o Distrito Federal, obtém-se 121,86 m³.

O Volume de acumulação, definido pela Adasa (2018), é calculado com a equação geral de medidas de controle por armazenamento (Equação 2), ela é obtida através de regressão linear considerando, a equação IDF do Distrito Federal com período de retorno de 10 anos, vazão específica máxima efluyente e coeficientes de escoamento superficial. A partir disso, por se tratar de uma equação regulamentada especificadamente para a área, com vazão máxima específica e coeficientes de escoamento superficial superiores ao da área de estudo, o volume obtido é capaz de amortecer toda a área, baseando-se no fato da equação proposta controlar áreas de até 200 ha.

Para esse volume adotou-se um reservatório com as seguintes dimensões: Altura útil: 2,0 m; Largura: 5,0 m e Comprimento: 12,2 m. A fim de facilitar o processo construtivo foi definido um reservatório com capacidade de receber 122,00 m³ de volume de acumulação. Para a estrutura de saída do reservatório, vertedor retangular, foram obtidas as seguintes dimensões, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensões Vertedor.

| Bacia de Detenção | |
|-------------------------|------|
| Área (m ²) | 1,12 |
| Largura do orifício (m) | 1,00 |
| Altura do orifício (m) | 1,12 |

Já para o dimensionamento das Trincheiras de Infiltração, foi definido o Volume Precipitado (Vp), para cada área de contribuição. Para tanto, foi necessário determinar o Tempo de Concentração (Tc), Tempo de Duração de Chuva (Td) e a Intensidade de Chuva (i) para, então, determinar os volumes precipitados para cada TI. As Tabelas 3, 4, 5 e 6, a seguir, apresentam os valores adotados para os cálculos das variáveis, anteriormente citadas, para as Trincheiras 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3: Valores adotados para o dimensionamento – TI 1.

| | |
|--|---------|
| Tempo de Retorno (Anos) | 10 |
| Comprimento do Talvegue (m) | 54,751 |
| Altitude Inicial (m) | 1161,68 |
| Altitude Final - Exultório (m) | 1160,43 |
| Declividade (m/m) | 0,023 |
| Área de Contribuição (m ²) | 421,512 |

Tabela 4: Valores adotados para o dimensionamento – TI 2.

| | |
|--|---------|
| Tempo de Retorno (Anos) | 10 |
| Comprimento do Talvegue (m) | 45,487 |
| Altitude Inicial (m) | 1161 |
| Altitude Final - Exultório (m) | 1159,49 |
| Declividade (m/m) | 0,033 |
| Área de Contribuição (m ²) | 634,249 |

Tabela 5: Valores adotados para o dimensionamento – TI 3.

| | |
|--|---------|
| Tempo de Retorno (Anos) | 10 |
| Comprimento do Talvegue (m) | 23,467 |
| Altitude Inicial (m) | 1160,6 |
| Altitude Final - Exultório (m) | 1159,87 |
| Declividade (m/m) | 0,031 |
| Área de Contribuição (m ²) | 197,296 |

Tabela 6: Valores adotados para o dimensionamento – TI 4.

| | |
|--|---------|
| Tempo de Retorno (Anos) | 10 |
| Comprimento do Talvegue (m) | 36,134 |
| Altitude Inicial (m) | 1161,28 |
| Altitude Final - Exultório (m) | 1159,58 |
| Declividade (m/m) | 0,047 |
| Área de Contribuição (m ²) | 582,779 |

Os valores das Tabelas 3, 4, 5 e 6 foram extraídos do software QGIS, com modelos de elevação da área de estudo, mapas georreferenciados, estimativas aproximadas e outros recursos solicitados pelo programa. Vale ressaltar que, as declividades acima referem-se a declividade da área de contribuição (Ad) de cada TI, ou seja, ela está relacionada ao comprimento do escoamento, do ponto mais alto ao mais baixo de cada Ad. Sendo assim, é possível determinar O Tc, Td, i e Vp, para cada Trincheira, conforme Tabelas 7, 8, 9 e 10.

Tabela 7: Volume precipitado (Vp) – TI 1.

| | |
|----------------------|-------|
| Tc (min) | 8,5 |
| Td adotado (min) | 10 |
| Td adotado (s) | 600 |
| i (mm/h) | 179,1 |
| Vp (m ³) | 12,1 |

Tabela 8: Volume precipitado (Vp) – TI 2.

| | |
|----------------------|-------|
| Tc (min) | 6 |
| Td adotado (min) | 6 |
| Td adotado (s) | 360 |
| i (mm/h) | 207,7 |
| Vp (m ³) | 13,2 |

Tabela 9: Volume precipitado (Vp) – TI 3.

| | |
|----------------------|-----|
| Tc (min) | 2,8 |
| Td adotado (min) | 3 |
| Td adotado (s) | 180 |
| i (mm/h) | 246 |
| Vp (m ³) | 2,4 |

Tabela 10: Volume precipitado (Vp) – TI 4.

| | |
|----------------------|-------|
| Tc (min) | 4 |
| Td adotado (min) | 4 |
| Td adotado (s) | 240 |
| i (mm/h) | 231,6 |
| Vp (m ³) | 9 |

Para as quatro Trincheiras, os valores de Duração de Chuva (Td) foram convertidos em segundos, a fim de se adequar a equação para o cálculo do Volume precipitado (Vp), sendo, este último, obtido em milímetros cúbicos (mm³) e, assim, convertido em metros cúbicos (m³). Assim, para as Trincheiras 1, 2, 3 e 4 obteve-se os Volumes de precipitação de 12,1m³, 13,2m³, 2,4m³ e 9m³, respectivamente.

Os Volumes de precipitação obtidos, quando relacionados com o Volume de Acumulação (Equação 2), é observado que as TI são capazes de captar aproximadamente 30% do Volume de Acumulação, caracterizando-se como medidas eficazes, ainda mais quando aplicado em conjunto com outra técnica compensatória.

Com estes últimos valores (Volumes de precipitação) calculados, foi possível determinar os Volumes de Armazenamento (Volumes Totais) para as quatro Trincheiras. Porém, inicialmente, se fez necessário obter-se os valores para a Infiltração Acumulada (I) para cada Trincheira, como pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11: Infiltrações acumuladas (I).

| Trincheira 1 | |
|---|------------|
| Sortividade (C) adotada (m ³ /s/m ²) | 1,043E-9 |
| Td (s) | 600 |
| I (m ³ /s.m ²) | 2,55482E-8 |
| Trincheira 2 | |
| Sortividade (C) adotada (m ³ /s/m ²) | 1,043E-9 |
| Td (s) | 360 |
| I (m ³ /s.m ²) | 1,97895E-8 |
| Trincheira 3 | |
| Sortividade (C) adotada (m ³ /s/m ²) | 1,043E-9 |
| Td (s) | 180 |
| I (m ³ /s.m ²) | 1,39933E-8 |
| Trincheira 4 | |
| Sortividade (C) adotada (m ³ /s/m ²) | 1,043E-9 |
| Td (s) | 240 |
| I (m ³ /s.m ²) | 1,61581E-8 |

Os valores de Infiltração Acumulada (I) foram obtidos relacionando o Tempo de Duração de Chuva (Td) de cada Trincheira, sendo adotado um valor de Sortividade para o solo de 1,043E-9, visto esse valor apontado por Lopes (2017), identificou a sortividade do argissolo vermelho-amarelo, semelhante ao solo presente na área em condições degradadas. Assim, os valores para o Volume de Armazenamento (Vt) de cada TI serão representados na tabela 12.

Para as quatro Trincheiras, foram considerados os mesmos materiais de preenchimento, no caso a brita 3 comerciais, com porosidade de 45%. Os valores de Vt foram obtidos adotando-se valores iniciais para a altura (H) e comprimento (L) de cada Trincheira. Por fim, partindo da premissa que as dimensões de uma Trincheira são base (B), altura (H) e comprimento (L), foi necessário fazer iterações com os valores de L e H adotados inicialmente, até que se obtenha um valor ideal para a base das Trincheiras, de forma que suas dimensões fossem viáveis de adoção.

Assim, as dimensões calculadas para a Trincheira 1 foi 1,175x1,15x20,0m³. Para a Trincheira 2 foi de 1,25x1,20x20,0m³. Já para a Trincheira 3 foi 1,10x1,00x5,00m³. Por fim, a Trincheira 4 ficou com 1,00x1,00x20,0m³.

Tabela 12: Volumes de armazenamento (Vt).

| Trincheira 1 | |
|---|------|
| Porosidade da brita (%) | 0,45 |
| H (m) | 1,15 |
| L (m) | 20,0 |
| Volume de armazenamento (m ³) | 27 |
| Trincheira 2 | |
| Porosidade da brita (%) | 0,45 |
| H (m) | 1,20 |
| L (m) | 20,0 |
| Volume de armazenamento (m ³) | 30 |
| Trincheira 3 | |
| Porosidade da brita (%) | 0,45 |
| H (m) | 1,00 |
| L (m) | 5,00 |
| Volume de armazenamento (m ³) | 5,5 |
| Trincheira 4 | |
| Porosidade da brita (%) | 0,45 |
| H (m) | 1,00 |
| L (m) | 20,0 |
| Volume de armazenamento (m ³) | 20 |

Tabela 13: Volumes de armazenamento (Vt).

| Trincheira 1 | |
|--------------|-------|
| H (m) | 1,15 |
| L (m) | 20,0 |
| B (m) | 1,175 |
| Trincheira 2 | |
| H (m) | 1,20 |
| L (m) | 20,0 |
| B (m) | 1,25 |
| Trincheira 3 | |
| H (m) | 1,00 |
| L (m) | 5,00 |
| B (m) | 1,10 |
| Trincheira 4 | |
| H (m) | 1,00 |
| L (m) | 20,0 |
| B (m) | 1,00 |

Para que o dimensionamento de uma TI seja satisfatório, visto ser uma técnica compensatório que tem como função a infiltração, é preciso que a estrutura tenha uma resposta rápida no que tange a minimização do escoamento superficial (MELO et al., 2016). Ou seja, uma técnica compensatória por infiltração deve responder de forma rápida à precipitação, ainda nos momentos iniciais das chuvas.

Outro fator a ser analisado é o extravasamento da TI. Este pode ocorrer em várias épocas do ano, a depender das condições climáticas. Porém, de forma geral, o extravasamento de uma TI acontece nos períodos do ano em que há maiores taxas de precipitação, o que irá justificar o extravasamento mais recorrente nestas épocas do ano (MELO et al., 2016). Para a região de Brasília, tem-se verões chuvosos e invernos secos, sendo que a estação chuvosa inicia em outubro e termina em abril, sendo o trimestre mais chuvoso de novembro a janeiro (TERRACAP, 2012). Ou seja, o extravasamento das Trincheiras irá acontecer, possivelmente, no período entre novembro e janeiro.

Por fim, com o objetivo de se evitar a colmatação das Trincheiras, bem como a disposição de materiais poluentes no solo, deverá ser previsto uma faixa de área verde, ou seja, vegetada, a fim de melhor reter sedimentos carregados pela água escoada para a TI (ADASA, 2018), já que esta Técnica Compensatória

pode vir a reduzir os contaminantes a serem infiltrados, visto a área não ter esgotamento sanitário (TERRACAP, 2012). Também, é importante contar com geotêxteis (essencial) e camadas de areia (opcional) nas Trincheiras, a fim de tais componentes desempenharem a função de filtro, retendo finos e ajudando na prevenção e retardo da colmatação da TI (SOBRINHA, 2012).

CONCLUSÕES

As Técnicas Compensatórias são meios tecnológicos capazes de minimizar o impacto da urbanização, seja ela de forma organizada ou não. São medidas de controle que trazem soluções sustentáveis e de baixo impacto (social e ambiental).

Após avaliação da área de estudo, foi possível dimensionar e projetar as Técnicas Compensatórias de forma satisfatória, mesmo que com informações imprecisas quanto as características físicas do solo, visto o foco deste estudo de caso não ter sido, de fato, realizar ensaios no solo da área de estudo. Ainda, algumas preocupações e advertências precisam ser tomadas e observadas, a fim de se implantar tais soluções.

Para a implementação das Técnicas Compensatórias, se faz necessária uma avaliação da relação custo-benefício, ou seja, se a construção é economicamente viável ou não, já que não foi o foco deste trabalho. Para a integridade dos cálculos, é sempre válida a necessidade de reavaliação de projeto e condições de contorno da área, a fim de se implantar um projeto que ainda esteja de acordo com a legislação local, o plano diretor, os manuais e roteiros técnicos de drenagem e outros documentos pertinentes.

REFERÊNCIAS

ADASA. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal**. Brasília: SDU, 2018.

ADASA. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Resolução nº 9, de 8 de abril de 2011**. Estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais em corpos hídricos de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e Estados. Brasília: SDU, 2011.

ARAÚJO, B. A. M.; SILVEIRA, C. DA S.; SOUZA, J. L.; JÚNIOR, J. V. F. M.; ALMEIDA, F. A. F.; STUDART, T. M. DE C.. Análise do Tempo de Concentração em Função das Características Fisiográficas em Bacias Urbanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19. **Anais**. Maceió, 2011.

BATISTA, M.. **Manual do Saneamento Básico**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2012.

BATTEMARCO, B. P.; YAMAMOTO, L.; VERÓL, A. P.; RÊGO, A.; VASCONCELLOS, V.; MIGUEZ, M. G.. Sistemas de espaços livres e drenagem urbana: um exemplo de integração entre o manejo sustentável de águas pluviais e o planejamento urbano. **Paisagem e Ambiente**, v.42, p.55-74, 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i42p55-74>

BICUDO, C. E. DE M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B.. **Águas do Brasil: Análises estratégicas**. São Paulo:

Instituto de Botânica, 2010.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: DOU, 2007

BRASIL. **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. Brasília: DOU, 2001.

BRASIL. **Lei nº 14026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília: DOU, 2020.

BRITO, D. S.. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

GRACIOSA, M. C. P.; MENDIONDO, E. M.; CHAUDHRY, F. H.. Metodologia para o dimensionamento de trincheiras de infiltração para o controle do escoamento superficial na origem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.13, n.2, p.207-214, 2008. DOI: <http://doi.org/10.21168/rbrh.v13n2.p207-214>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bacias e Divisões Hidrográficas do Brasil**. Rio de Janeiro, 2021.

LOPES, P. G. N.. **Atributos hidrodinâmicos e hidrofobicidade em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob Mata Atlântica**

secundária, pastagem degradada e leguminosas arbóreas. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2017.

LOURENÇO, R.. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014.

LUCAS, A. H.; SOBRINHA, L. A.; MORUZZI, R. B.; BARBASSA, A. P.. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia Sanitária e Ambiental [online]**. 2015, v.20, n.1, p.17-28. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000079923>

MELO, G. M. I.. **Dimensionamento de Reservatórios de Detenção como Controle do Escoamento Superficial na Zona de Expansão de Aracaju.** Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

MELO, T. DOS A. T. DE; COUTINHO, A. P.; SANTOS, J. B. F. DOS; CABRAL, J. J. DA S. P.; ANTONINO, A. C. D.; LASSABATERE, L.. Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.16, n.3, p.53-72, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000300092>

MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A.. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.14, n.4, p.147-165, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400011>

PEREIRA, M. J. O.. **Estudo de implantação de Bacias de Detenção para mitigação dos efeitos de inundação em Nova Friburgo/RJ.** Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

POLETO, C.. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems):

Uma Contextualização Histórica. **Revista Thema**, v.8, n.1, 2011.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. O.. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n.2, p.79-90, 2014.

SÃO PAULO. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais:** gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Governo do Distrito Federal. **Administrações Regionais.** Brasília: SEGOV, 2020.

SOBRINHA, L. A.. **Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais em escala real e com filtro na tampa.** Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico:** Reservatórios de Detenção. São Paulo: Soluções para cidade, 2013.

TERRACAP. Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal. **Área de regularização de interesse específico mansões paraíso.** Distrito Federal: Geológica, 2012.

PARANÁ. **Manual de Drenagem Urbana:** Volume 1. Curitiba: SPE, 2017.

TUCCI, C. E. M.. **Textos Para Discussão Cepal nº 48:** Gestão da drenagem urbana. Brasília: IPEA, 2012.

VASCONCELOS, A. F.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G.. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.4, p.655-662, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016146469>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.