

Dourado, L. S.¹; Silva, M. A.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Mendes, S. R. S.³

Professora Ma., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ luana.dourado@hotmail.com; ² andrade.marcela0905@gmail.com; ³ silvia.r.santin@gmail.com

RESUMO: A partir do processo de industrialização e em função do êxodo rural, as cidades ficaram cada vez maiores e mais populosas, o que acarretou grandes áreas impermeáveis. Dessa forma, com a dificuldade de infiltração da água ao solo, acometem em casos de alagamentos nos municípios. Com isso, advindo dos problemas de drenagem urbana, surgiram as técnicas compensatórias, como o jardim de chuva. O dispositivo tem como função realizar a drenagem da água pluvial, diminuindo o escoamento superficial, através da infiltração da água no solo. Sabendo disso, foi realizado um estudo de caso, com objetivo de entender a eficiência do dispositivo, contando com a ajuda de entrevistas com os responsáveis pela implantação dos dispositivos em Goiânia e levantamentos bibliográficos. Por conseguinte, através do tratamento e análise dos documentos e informações obtidas a respeito dos jardins de chuva, houve a conclusão que os dispositivos são eficientes, pois são capazes de diminuir o volume de escoamento superficial, possuem baixo custo de implantação e manutenção. Ademais, oferece melhora na qualidade das águas através do processo de filtração e contribui para a evapotranspiração. Em suma, ele é uma ótima alternativa para mitigar os problemas de drenagem urbana e coadjuva significativamente com a melhoria do ciclo hidrológico.

Palavras-chaves: jardim de chuva, água pluvial, técnicas compensatórias, drenagem urbana.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil, 02 – Estruturas, 04 – Engenharia Hidráulica.

1 INTRODUÇÃO

A partir da industrialização, houve uma grande migração da população que residiam nos campos para as cidades, que buscavam por maior conforto e qualidade de vida. Com o aumento de pessoas que agora residem nas cidades, ocorreu um crescimento dos centros urbanos de maneira desenfreada e sem planejamento (Saatkamp, 2019).

Dessa forma, atualmente as cidades sofrem com grandes problemas relacionados a infraestrutura ineficiente para demanda de pessoas que agora as habitam. Dentre as infraestruturas, há uma deficiência considerável no sistema de drenagem presente em nossos municípios.

O crescimento urbano acarretou áreas impermeabilizadas, e essa impermeabilização não permite que a água pluvial infiltre no solo (Tucci, 2005). Logo, acomete grande volume de escoamento superficial, que é o termo usado para o fluxo de água que escoar na superfície durante as chuvas.

Além disso, o sistema convencional sofre por conta de resíduos jogados nas ruas. Logo que esses resíduos acabam chegando nas bocas de lobo e entupindo-os, fazendo com que o sistema de drenagem fique sobrecarregado. E quando o sistema não consegue fazer o manejo das águas, também acometem nos escoamentos superficiais.

Então, com o aumento do volume dos escoamentos superficiais, as cidades passam a sofrer com a problemática das constantes inundações e alagamentos. E percebendo que o sistema de drenagem convencional não suporta a demanda agora gerada em função do

crescimento populacional, passam-se as buscas para meios alternativos para realizar o manejo das águas pluviais.

As técnicas compensatórias de manejo de água pluvial têm como objetivo amortecer os problemas de drenagem, como os alagamentos, através do retorno da água para o ciclo hidrológico. São técnicas formuladas que juntam o desenvolvimento das cidades com o pensamento sustentável. (ReCesa, 2007). Dessa forma, o Jardim de Chuva sendo uma técnica alternativa, é um dispositivo constituído em camadas que tem como função captar, filtrar e infiltrar a água pluvial no solo. Promovendo assim um retorno da água ao ciclo, contribuindo com o reabastecimento dos lençóis freáticos e qualidade das águas.

Diante disso, o artigo tem como objetivo analisar a eficiência dos Jardins de chuva como uma técnica compensatória. Verificando sua aplicabilidade e funcionamento dos dispositivos já implantados no município. Podendo assim, analisar se esse sistema é capaz de amortecer os problemas de alagamentos nos pontos críticos do município de Goiânia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Águas pluviais urbanas

Antigamente as cidades nasciam e se desenvolviam próximas aos cursos de água que as abasteciam. Com o crescimento das cidades, houve um distanciamento dos rios, onde o foco passa a ser o abastecimento das mesmas (Righetto, 2009).

Contudo, com o acelerado desenvolvimento urbano e aglomeração de pessoas nas cidades, de acordo com Tucci (2005), acarretaram impactos nos ecossistemas terrestres, aquáticos. E isso fez com que a população passe a sofrer com inundações, doenças e conseqüentemente a perda da qualidade de vida.

Com esses problemas identificados e em busca de solucioná-los, o sistema de drenagem urbana passa então por várias fases, chamadas: higienista, corretiva e sustentável.

Atualmente, o sistema de drenagem está na fase sustentável, e essa tem sido muito atrativa, logo que busca a melhoria da infraestrutura urbana através do planejamento, controle de poluição e desenvolvimento sustentável para o escoamento da água e seu retorno ao solo (Tucci, 2005).

2.2 Manejo de águas pluviais urbanas

De acordo com a Lei Federal nº 11.445/2007, a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas são um

conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana, transporte, retenção ou retenção para o amortecimento das cheias, tratamento e disposição final das águas drenadas. E o manejo deve se adequar à saúde pública, segurança da vida e do patrimônio público e privado.

Existem duas vertentes relacionadas à atividade do manejo de águas. A primeira se trata da infraestrutura, abrangendo então os elementos estruturais hidráulicos, práticas de contenção e transporte, sistemas de micro e macrodrenagem. A segunda vertente diz respeito as leis e administração da infraestrutura de drenagem, como as manutenções, fiscalizações e remediações de anomalias (Righetto, 2009).

2.3 Relação das águas pluviais e Goiânia

A situação do município não é diferente das outras cidades brasileiras no que diz respeito aos problemas de drenagem de águas pluviais. Goiânia teve sua urbanização de forma acelerada e planejamento inadequado (Montes, 2008). A cidade foi planejada para comportar 50 mil habitantes, porém de acordo com o IBGE (2011), em 2010 já estava com 1,3 milhões de habitantes.

Em reportagem para o jornal O Popular (2018), a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos, afirma a inexistência de caixas de recarga nas galerias pluviais construídas antes de 2011. Dessa forma o sistema ao receber uma quantidade maior que sua capacidade, faz com que a água se acumule na superfície, gerando alagamentos.

Verificando também a quantidade de pontos críticos de alagamento na cidade, de acordo com a Defesa Civil Municipal, em 2018 a cidade possuía 57 pontos críticos em monitoramento. Já em 2019 a quantidade de pontos críticos subiu para um total de 94 pontos de monitoramento.

Com isso, os moradores da capital comumente sofrem com ocorrências relacionados às chuvas, como alagamento de ruas e casas invadidas pelas águas. Isso se dá pelo sistema de drenagem insuficiente, grandes áreas impermeabilizadas, entupimento das bocas de lobo e o subdimensionamento dos canais de drenagem.

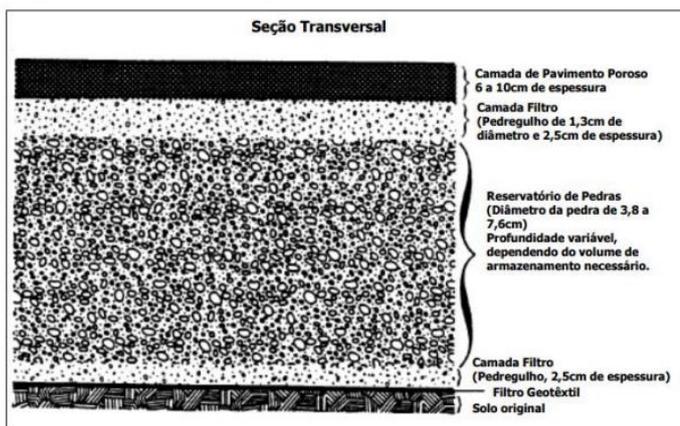
2.4 Técnicas compensatórias

Surgiram para amortecer os problemas de drenagem dos sistemas convencionais de drenagem, conciliando o processo de urbanização com as conseqüências hidrológicas que o processo de urbanização causou. Além disso, as técnicas compensatórias podem ser classificadas em estruturais e não estruturais.

De acordo com Martins (2012), as técnicas estruturais são ações estruturais, como construções e ampliações, que visam controlar o escoamento superficial. Já as técnicas não superficiais são ações sem modificações físicas, pois visam melhorar os problemas hídricos através de consciência ambiental e legislação.

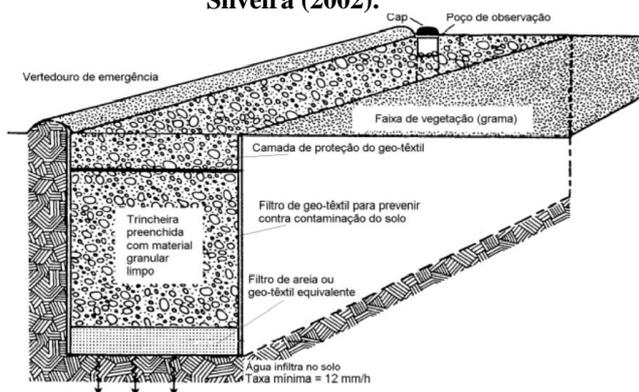
Além do sistema do jardim de chuva, existem vários outros tipos de técnicas compensatórias estruturais, dentro delas temos o pavimento permeável demonstrado na Figura 1, que é um sistema constituído de pavimento poroso que permite a infiltração da água pluvial.

Figura 1 – Pavimento permeável. Fonte: Acioli (2003).



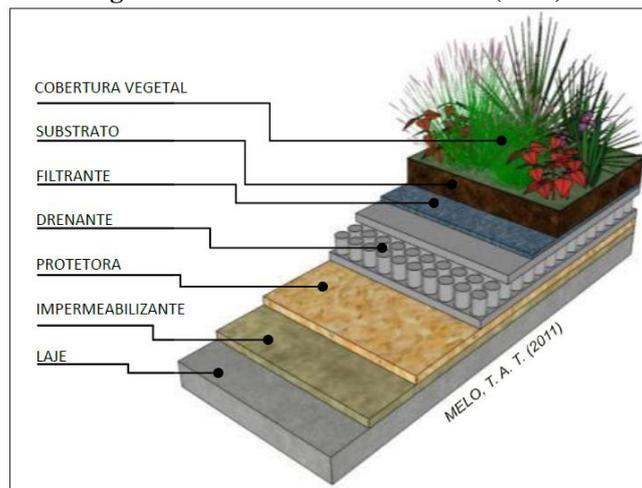
A trincheira de infiltração, demonstrada na Figura 2, que são estruturas lineares pouco profundas, que favorecem a infiltração e o armazenamento temporário das águas pluviais, conseguindo diminuir o risco de inundações e recarregar as águas subterrâneas.

Figura 2 – Trincheira de Infiltração. Fonte: Schueler; Silveira (2002).



O telhado verde, apresentado na Figura 3 que é um sistema que consiste na aplicação de cobertura vegetal em cima das edificações, com estrutura capaz de infiltrar e filtrar as águas pluviais, auxiliando na redução do escoamento superficial.

Figura 3 – Teto verde. Fonte: Melo (2011).



O poço de infiltração, presente na figura 4, é um sistema de retenção, onde há uma escavação no solo, que pode ser revestida de tubo de concreto perfurado ou tijolos assentados em crivo. Esse sistema é capaz de armazenar a água, diminuindo a quantidade de escoamento superficial, e posteriormente infiltrá-la no solo.

Em Goiânia, de acordo com a Lei Municipal nº 9.511/2014, todo projeto urbanístico que realize alterações na permeabilidade superficial do terreno, deverá controlar a vazão de pico do hidrograma natural relativo às águas pluviais para a macrodrenagem. Com isso, deve ser adotado o controle de vazões através de reservatórios de retenção, e se as características do solo permitir, a água deve ser infiltrada, funcionando como uma caixa de recarga do lençol freático.

Figura 4 – Poço de Infiltração. Fonte: Reis; Oliveira; Sales, 2008.



Existe também, em Goiânia, uma Lei Complementar nº 246, publicada em abril de 2013, que dispõe sobre o Plano Diretor e processo urbanístico do município, onde no artigo 128 estabelece que deve ser realizado índice de controle de captação de água pluvial. Dessa forma, o índice é calculado através da quantidade de áreas impermeabilizadas do terreno construído, onde a cada 200m² de terreno impermeabilizado, deve-se haver 1m³ de caixa de recarga e ou retenção. Essa caixa deve ter uma superfície mínima de 1m² e profundidade máxima de 2,6m.

2.5 Jardim de chuva

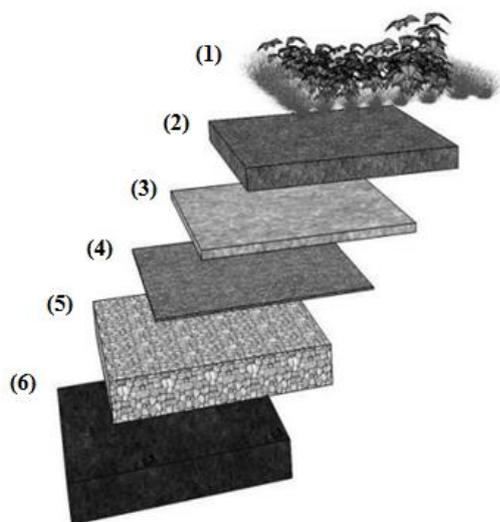
São dispositivos de drenagem que se baseiam em sistemas de biorretenção, ou seja, é um sistema de amortecimento que armazena as águas pluviais para que posteriormente sejam absorvidas pelo solo. É desenvolvido com vegetação e solos de alta permeabilidade.

Para isso, os solos utilizados para compor as camadas do jardim de chuva são tratados com compostos e insumos para aumentar sua porosidade (Cormier; Pellegrino, 2008). Os poros são os espaços entre as partículas que são capazes de armazenar a água. Dessa forma, o solo do dispositivo é capaz de agir similar a uma esponja e sugar a água.

2.5.1 Estrutura

O jardim de chuva é um sistema construído através de um conjunto de camadas. É um sistema versátil e pode ser adaptado à necessidade do local aplicado. Usualmente são utilizadas seis camadas. Na figura 5, apresentada abaixo, é apresentada uma sugestão de estrutura das camadas, demonstrando a função de cada

Figura 5 – Esquema de camadas. Fonte: Melo; Coutinho; Cabral; Antonino; Cirilo (2014).



- (1) Composto de cobertura vegetal, onde usualmente é utilizado plantas rasteiras e espécies nativas da região. As plantas rasteiras são conhecidas também como plantas cobresolos, ou seja, após a germinação são capazes de cobrir toda a superfície do jardim.
- (2) Camada composta por substratos, onde contém os nutrientes necessários para dar suporte a camada de vegetação.
- (3) Camada drenante do dispositivo, composta por agregados miúdos como a areia. Ela é capaz de estimular a infiltração da água e distribuir ela no solo.
- (4) Camada filtrante, onde são retirados todos os finos da água, através de manta geotêxtil. A manta é um não tecido permeável, que quando associada ao solo, é capaz de filtrar a água.
- (5) Composta por agregados graúdos como britas e pedregulhos, onde é responsável por fazer o armazenamento temporário da água. Dessa forma, a água permanece nessa camada antes de ser infiltrada no solo.
- (6) É a camada onde ocorre a infiltração da água no solo. Dessa forma, após infiltrada a água é encaminhada para o destino final, como o abastecimento de lençóis freáticos ou armazenada em reservatórios.

2.5.2 Funcionamento do Jardim de Chuva

O dispositivo trabalha em semelhança com a natureza, dessa maneira seu processo de funcionamento é o mesmo que ocorrem no ciclo natural.

Com isso os principais processos do sistema são a retenção, filtração e infiltração.

A retenção é o processo que mantém as águas pluviais na superfície do jardim, dessa maneira, o tamanho do jardim precisa ser calculado para atender a área onde será instalado. A retenção ocorre para que o volume retido volte ao ciclo hidrológico através da infiltração e evapotranspiração.

A evapotranspiração é a junção da evaporação da água feita pela superfície do solo com a transpiração realizada pelas plantas, dessa forma a água volta para a atmosfera através do vapor.

Na infiltração a água retida retorna ao solo, realizando recarga subterrânea de lençóis freáticos e aquíferos.

O processo de filtração ocorre para melhorar a qualidade das águas pluviais antes que elas sejam infiltradas ao solo. Esse processo ocorre através da

passagem da água pelas diversas camadas que compõem o sistema.

3 METODOLOGIA

Para a realização desse artigo foi utilizado a metodologia qualitativa descritiva, buscando compreender o objeto de estudo para a verificação de viabilidade e eficiência do jardim de chuva para sanar os problemas drenagem advindos de escoamento superficial.

3.1 *Estudo de caso*

Esse artigo tem como objeto de estudo o jardim de chuva implantado na Praça Universitária, localizada no setor Leste Universitário. Este é um dos dispositivos implantados no município de Goiânia no ano de 2019, cuja obra foi realizada pela Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA), contando com o apoio da Companhia de Urbanização de Goiânia (COMURG).

O dispositivo foi instalado em uma rotatória que fica próxima a área 3 da PUC Goiás. E o jardim de chuva tem como objetivo minimizar as chances de alagamento na região onde foi instalado, pois funciona pontualmente, fazendo a absorção da água pluviais e consequentemente diminuído o escoamento superficial na área.

3.2 *Entrevista*

No dia 29/10/2020, foi realizada entrevista na Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos, com o engenheiro responsável pela ideia de implantação dos jardins de chuva no município de Goiânia. Em sequência, também foi efetuada entrevista com o engenheiro responsável pelas obras dos dispositivos.

As duas entrevistas ocorreram com o intuito de obter mais informações sobre o dispositivo, seus detalhes técnicos, o processo de execução das obras e também dos resultados obtidos com a implantação desses jardins de chuva no município.

3.3 *Análise de registros e documentos*

Durante as entrevistas os engenheiros responsáveis pela implantação dos jardins de chuva, foi obtida toda documentação referente ao projeto e a obra dos dispositivos, como apresentações e diários de obra. Além disso, com a descrição da estrutura dos jardins de chuva, foi possível fazer uma análise referente a implantação e execução dos dispositivos.

3.4 *Levantamento bibliográfico*

Nessa segunda parte do artigo foram realizadas pesquisas complementares a respeito do funcionamento e construção dos jardins de chuva em artigos e publicações eletrônicas.

Em especial foi estudado o Projeto Técnico dos jardins de chuva, desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica juntamente com a Associação Brasileira de Cimentos Portland. E esse foi o projeto usado como referência para a construção dos dispositivos no município de Goiânia.

Outro projeto estudado para realização de análise comparativa, foi o jardim de chuva piloto, construído na Universidade de Pernambuco e apresentado em uma tese de mestrado em 2011.

3.5 *Tratamento e análise de dados*

Após obtenção de todo o material e as informações necessárias a respeito dos dispositivos de jardins de chuva implantados em Goiânia, foi realizado tratamento dessas informações e documentos. Fazendo assim a transformação destes em planilhas, com a finalidade de facilitar a análise dos resultados e favorecimento das discussões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *Estrutura dos Jardins de Chuva em Goiânia*

Durante a entrevista, o engenheiro responsável pelas obras caracterizou como foi realizada a execução do objeto de estudo. Além disso, foi obtido os diários de obra do jardim de chuva, onde foi possível verificar as fotografias das etapas de obra.

Os Jardins foram construídos em rotatórias da cidade com a finalidade de provocar a diminuição da velocidade e do volume de escoamento superficial. Além disso, visa trazer uma nova paisagem para as rotulas através da vegetação.

Ao todo, foram construídos 13 jardins de chuva na cidade, estando eles localizados nos pontos críticos de alagamento apresentados pela Defesa Civil de Goiânia. Sendo a localização dos dispositivos apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Localização dos Jardins de chuva.

| Quantidade de Jardins de Chuva | Setor localizado o dispositivo |
|---------------------------------------|---|
| 1 Jardim | Av. Ipanema, Jardim Atlântico |
| 1 Jardim | Av. C-17, Setor Sudoeste |
| 1 Jardim | Rua Isa Lostracco, Jardim Planalto |
| 1 Jardim | Setor Balneário Meia Ponte |
| 1 Jardim | Av. Vera Cruz, Jardim Guanabara |
| 1 Jardim | Rua Hermes Pontes, Setor Novo Horizonte |
| 1 Jardim | Av. Skoda, Jardim Novo Mundo |
| 1 Jardim | Setor São Judas Tadeu |
| 5 Jardins | Setor Leste Universitário |

Fonte: próprio autor (2020).

A realização dos jardins de chuva foi dividida em 2 etapas, sendo a primeira a infraestrutura do dispositivo realizada pela Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA) e a segunda parte que é o plantio da vegetação que foi realizado pela Companhia de Urbanização de Goiânia (COMURG).

Começando pela primeira etapa, a construção se inicia pela escavação do terreno, representada pela figura 6. De acordo com engenheiro responsável, a escavação possui cerca de 2 metros de profundidade.

Figura 6 – Escavação. Fonte: Diário de Obra, SEINFRA (2019).



Após a escavação preenche-se o vão com agregados graúdos, que facilita o movimento da água no sistema e desempenha a função de reservatório para as águas infiltradas no dispositivo. Nos dispositivos de Goiânia, de acordo com dados obtidos nos diários de obra, foi utilizado como agregado a macadame, e sendo ela uma brita 4, possui seu tamanho entre 50 mm a 76 mm.

Depois de finalizar o preenchimento do vão com a macadame, é feito o meio-fio das rotatórias. Para facilitar com que a água que escoar na rua entre para

dentro do dispositivo, é necessário realizar uma abertura na estrutura do meio-fio. Essa abertura pode ser realizada através de canos ou espaçamentos. No objeto de estudo, o método utilizado foi o espaçamento do meio-fio.

Além disso, para garantir a eficiência do meio-fio, é realizada uma estrutura de reforço com a função de auxiliar a fixação do meio fio. Na figura 7 abaixo, é possível verificar o espaçamento e o reforço realizado no meio-fio do jardim de chuva.

Figura 7 – Meio fio. Fonte: Diário de Obra, SEINFRA (2019).



Após a realização do meio-fio, acima da camada de macadame, é sobreposta uma camada de brita de granulometria menor. De acordo com o engenheiro responsável pela obra, na camada foi utilizada a brita 2, com seu tamanho entre 19mm a 25mm.

Logo após finalizar a camada de brita 2, é colocada uma manta geotêxtil por cima da mesma para a retenção de finos e filtração primária das águas. Na figura 8 é possível ver a camada de brita 2 e a aplicação da manta no dispositivo.

Figura 8 – Manta geotêxtil. Fonte: Diário de Obra, SEINFRA (2019).



Em sequência, acima da manta geotêxtil bidim, é colocada mais uma camada de brita 2. De acordo com o engenheiro responsável, essa camada tem como

finalidade proteger a manta geotêxtil até que seja colocada a vegetação. E assim, se finaliza a estrutura do dispositivo feita pela SEINFRA.

Com isso, a COMURG é acionada para realizar a preparação do local e fazer o plantio da vegetação na rotatória. As plantas escolhidas para esses dispositivos devem ser apropriadas para suportarem erosões e períodos de estiagem.

Na figura 9 abaixo, é possível visualizar o objeto de estudo com a obra finalizada pela SEINFRA. Nesse caso, as britas se mantiveram aparentes, pois ainda não foi realizado o plantio da vegetação pela COMURG. Porém existem outros dispositivos no município onde a vegetação já foi colocada.

Figura 9 – Jardim de chuva localizada na Praça Universitária. Fonte: Próprio Autor (2020).



4.2 Comparação das estruturas

Para identificação e verificação do funcionamento do objeto de estudo, foram realizadas algumas comparações aos outros projetos já estudados. Com isso, na tabela 2 abaixo, é possível verificar a distribuição das camadas dos dispositivos implantados em Goiânia, a estrutura propostas no projeto piloto realizado pela Universidade de Pernambuco em 2011 e proposta pelos autores ingleses Clayden e Dunnett (apresentada no item 2.5).

Tabela 2 – Estruturas dos dispositivos

| CAMADA | Jardim de chuva - Goiânia | Projeto Piloto - Pernambuco | Dunnett e Clayden (Rain Gardens) |
|--------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1ª | Cobertura vegetal | Cobertura vegetal | Cobertura vegetal |
| 2ª | Substrato | Substrato | Substrato |
| 3ª | Camada de brita | Geotêxtil | Camada de areia |
| 4ª | Geotêxtil | Camada de brita | Geotêxtil |
| 5ª | Camada de brita | Camada de areia | Camada de brita |
| 6ª | Solo natural | Solo natural | Solo natural |

Fonte: próprio autor (2020).

Quando comparada as estruturas dos jardins de chuva apresentados na tabela 2, é notável que existe uma semelhança entre as técnicas. Porém, existem algumas diferenciações, que se devem tanto a escolha do autor como as diferenças da necessidade que o local apresenta.

Assim, após aferição da 3ª camada, o projeto de Goiânia apresenta uma camada de brita, enquanto no projeto proposto por Dunnett e Clayden há a presença de areia. Em Goiânia, a brita não foi colocada ali com o propósito de realizar infiltração, mas sim pela necessidade de proteger a manta geotêxtil no período em que o jardim permanece sem vegetação, logo que a camada vegetal não é feita pelo mesmo órgão que realiza a infraestrutura.

Já no projeto de Dunnett e Clayden, a presença da areia é diretamente ligada a necessidade da estimulação da infiltração da água ao solo e para ajudar a distribuição da mesma. Em contrapartida, no projeto piloto, realizado em Pernambuco, não houve a aplicação de algum agregado entre a camada de substrato à manta geotêxtil.

Pelo surgimento de diversas técnicas de dimensionamento, ainda não foi possível determinar um modelo de projeto mais adequando, pois, a estrutura do jardim de chuva varia de acordo com o local onde será implantado e com as necessidades de armazenamento e infiltração.

Por exemplo, para o dimensionamento do Jardim Piloto de Pernambuco foi escolhido um local de implantação que amortecesse os picos de vazão local a partir de uma área impermeável determinada, onde o volume de entrada poderia ser definido.

E após essa escolha foi realizada a caracterização do solo através do método de sedimentação e peneiramento, mediante a retirada das amostras de solo coletadas até a profundidade de 1 metro de profundidade. O solo natural foi classificado como franco argilo arenoso, e o solo natural abaixo da estrutura foi classificado como franco arenoso.

Assim, o dimensionamento do Jardim Piloto foi dividido em duas partes, sendo elas área e estrutura. Na área foram determinadas sua metragem quadrada e seu formato; já na estrutura foi realizado o dimensionamento das camadas internas do jardim Piloto.

Para a definição da área foi adotada uma porcentagem mínima de área impermeável, sendo a área do telhado estudado de 74,80 m² considerando 5% de área impermeável, o jardim Piloto deveria ter uma área total de 3,74 m² para facilitar a execução do mesmo adotou-se 4m² com 5,34% de área impermeável. O formato

escolhido para o Jardim Piloto foi o quadrado tendo 2 m cada lado.

A composição da estrutura do jardim foi baseada na camada de armazenamento, sendo determinada pela intensidade de precipitação, altura de precipitação, volume de entrada, volume de saída e altura da camada de brita. Após esses cálculos é apresentado o perfil do Jardim de chuva Piloto apresentado na tabela 2.

4.3 *Análise de desempenho do jardim de chuva*

Até o presente, não foi possível a conclusão de testes que avaliam o desempenho dos jardins de chuvas implantados na cidade de Goiânia. Visto que, os estudos iniciados tiveram que ser interrompidos devido a pandemia pelo novo corona vírus.

No entanto, de acordo com o engenheiro responsável pela implantação, a expectativa da Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA) é equivalente a uma redução que varia entre 30% a 50%, do escoamento superficial nas áreas onde o jardim de chuva foi implantado.

Dessa forma, para realização de uma avaliação mais assertiva sobre seu funcionamento, foi analisado os resultados apresentados pelo jardim de chuva piloto, implantado em Pernambuco, logo que as características estruturais dos dois são semelhantes e possuem a mesma finalidade.

Assim, o jardim piloto, mostrou-se satisfatório no auxílio do manejo das águas pluviais urbanas. E para a obtenção desses resultados, foi realizada a análise das suas funções de retenção, infiltração e armazenamento.

Além disso, ele mostrou eficiência nas suas funções de retenção quando é para volumes de precipitação direta e na função de infiltração, mesmo quando o solo apresenta uma condição inicial de umidade.

Em suas camadas constituintes houve um comportamento diferenciado. A camada de brita da estrutura comportou-se de maneira adequada, garantindo a detenção temporária das águas infiltradas.

Com relação a cobertura vegetal, algumas mudas se adaptaram bem, apresentando uma floração e crescimento aceitável, e outras não mostraram um desenvolvimento proporcional. Nesse ponto, é imprescindível a necessidade de se implantar vegetação resistente aos períodos de estiagem e erosões.

Em relação ao grau de influência no nível do lençol freático em função ao desempenho do sistema, não obtivemos nenhum dado, pois não foi realizado nenhum estudo.

4.4 *Análise de custo*

Para realização de uma análise de custo dos jardins implantados no município de Goiânia, foi realizada uma estimativa de custo, onde foi utilizado os valores baseados nas tabelas de custo da Agência Goiana de Infraestrutura e Transporte (GOINFRA) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Foram verificados o raio e a circunferência do jardim de chuva utilizando o aplicativo Google Earth, para a definição das dimensões, e com isso foi possível quantificar os materiais utilizados.

Dessa forma, para compor o orçamento, foi considerado as seguintes etapas: demolições, movimentação de terra, drenagem e pavimentação. Além disso, houve a compatibilização do valor de mão de obra e locação de equipamentos.

Memorial de cálculo:

Foi necessário verificar duas medidas para fazer a quantificação do orçamento, a primeira utilizou o tamanho total da rotatória onde se achou uma circunferência de 56,8 m e um raio de 9m. na segunda medida foi realizada utilizando 2 metros da rotatória onde foi encontrado um raio de 7 metros.

Com esses dados foi possível calcular a área do círculo total, conforme cálculos abaixo:

$$A = \pi * r^2 = 3,14 * (9)^2 = 254,47 \text{ m}^2$$

$$A = \pi * r^2 = 3,14 * (7)^2 = 153,94 \text{ m}^2$$

Fazendo a diferença entre os dois valores encontrados foi possível achar a área de drenagem do jardim de chuva:

$$\text{Dif. Área} = 254,34 - 153,86 = 100,53 \text{ m}^2$$

Para achar o volume da área de drenagem multiplicamos a metragem quadrada pela profundidade do dreno que é 2 m

$$\text{Volume do dreno} = 100,48 * 2 = 201,06 \text{ m}^3$$

Sendo assim, o valor estimado para a construção do estudo de caso, foi de vinte e seis mil seiscentos e sessenta e nove reais e cinquenta e nove centavos (R\$ 26.669,59). O orçamento encontra-se no apêndice I.

É reforçado que o orçamento mostrado nesse artigo não obrigatoriamente representa a realidade, logo que não se trata de um orçamento realizado pela prefeitura durante a execução dos mesmos, e sim uma estimativa de preço para verificação do custo benefício

Dessa forma, com o valor estimado, é possível concluir que o custo benefício do sistema é vantajoso. Logo que, o seu custo comparado ao valor necessário para transformar todo o sistema de drenagem convencional em um sistema eficiente que possa garantir o manejo de toda a água pluvial escoada, seria um valor significativamente mais caro que a aplicação de todos os jardins de chuva planejados para a cidade de Goiânia.

5 Conclusões

Com a deficiência do sistema de drenagem, e com o aumento do volume dos escoamentos superficiais, as cidades passaram a sofrer com as constates inundações e alagamentos, com isso passam-se a buscar meios alternativos para realizar o manejo das águas pluviais.

Dessa forma, esse trabalho aborda o uso do Jardim de Chuva como uma técnica alternativa, o qual apresentou resultados positivos em relação a análise das suas funções de retenção, infiltração e armazenamento.

Se mostrou bastante flexível, podendo ser facilmente integrado em projetos arquitetônicos ou urbanísticos, sua instalação pode ser feita em qualquer área com capacidade de infiltração disponível, podendo ter diferentes tipos de dimensões e formatos. Além disso, oferece à área onde é implantado uma nova aparência, tornando-a mais bonita e agradável.

Outro ponto a ser observado é a melhoria na qualidade da água, visto que a vegetação presente nos jardins é capaz de reter e eliminar boa parte dos poluentes presentes nas águas pluviais. E através da infiltração, o jardim de chuva contribui com o abastecimento dos lençóis freáticos.

Além disso, considerando que a previsão da Prefeitura de Goiânia para a diminuição do volume de escoamento superficial está na casa de 30% a 50% e que o valor por metro quadrado de um jardim de chuva tem um valor estimado em torno de R\$225, ele possui um bom custo benefício.

Logo que, o sistema convencional para funcionar sozinho, precisaria de melhorias e da construções de novos canais e condutores. O custo para esse tipo de obra, para atender todo o município seria muito elevado, o que faz com que seja inviável.

Contudo, é necessário ter o conhecimento que o jardim de chuva não trabalha sozinho, pois ele funciona como uma técnica compensatória. Além disso, ele realiza a infiltração e diminuição do escoamento superficial, somente no local onde foi implantado.

Com isso, é imprescindível ressaltar que o jardim de chuva é sim eficiente e viável para amortecer os problemas relacionados a drenagem no município de

Goiânia. Porém, para diminuir o volume de escoamento superficial de modo a garantir que não haja inundações e alagamentos, é indispensável a manutenção da rede de drenagem, tal qual a limpeza das bocas de lobo.

Além disso, é importante enfatizar que o jardim de chuva é um dispositivo onde suas camadas e seus materiais são projetados para serem permeáveis, conseguindo realizar assim a infiltração da água ao solo. Os jardins comuns não funcionam dessa forma, pois, sua terra é comumente muito compactada e não possui capacidade de retenção. Dessa forma, o jardim comum não é capaz de realizar a infiltração da água ao solo, que é o objetivo do jardim de chuva, e por isso o jardim comum não consegue substituir o jardim de chuva.

Em suma, após análise concluímos que a utilização do jardim de chuva como técnica compensatória em Goiânia é viável e capaz de amortecer o escoamento superficial, consequentemente, melhorando os problemas relacionados a inundações que a cidade apresenta. E, considerando que possui um valor razoavelmente barato, e possui outros benefícios, como a recarga subterrânea, ele é uma técnica muito favorável e sustentável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu. V. Jornal O popular. **Galerias pluviais não possuem caixas de recarga.** Goiânia, fevereiro de 2018. Disponível em: <https://www.caugo.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/59-de-Goi%C3%A2nia-imperme%C3%A1vel_-chuvas-aumentam-preocupa%C3%A7%C3%A3o-com-a-estrutura-urbana-1.pdf>

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Federal nº 11.445/2007**, 5 de janeiro de 2007. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>.

DOS ANJOS TENÓRIO DE MELO, Tássia. **Jardim da chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas.** 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

GOIÂNIA. Prefeitura de Goiânia. Defesa Civil Municipal. **Pontos críticos de alagamento em vias públicas no município de Goiânia.** 2019. Disponível em: <<https://www.goiania.go.gov.br/wp-content/uploads/2019/10/Pontos-cr%C3%ADticos-e-alagamentos.pdf>>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2011). **Sinopse do Censo**

Demográfico 2010. Disponível em:
<www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 07 mai. 2020.

LEI COMPLEMENTAR. Nº 246, de 29 de abril de 2013. Prefeitura de Goiânia.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Julho, 2012.

MONTES, R. M. **Drenagem Urbana de Águas Pluviais e seus impactos: cenário atual da bacia do córrego Vaca-Brava.** 2008. TCC – Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Goiás, 2008.

ReCESA, Rede Nacional de Capacidade e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: Águas Pluviais.** 2007.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Projeto PROSAB. ABES. Rio de Janeiro. 2009.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. de 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, abr./jun. 2014.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H. de.; SALES, M. M. **Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8. 2008.

SAATKAMP, G. **Jardim de chuva: Estudo comparativo de um sistema de biorretenção e uma bacia de amortecimento pluvial.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

TUCCI, C. E. M. (2005) **Gestão de Águas Pluviais Urbanas: Saneamento para todos.** Brasília, 2005

APÊNDICE 1 – ORÇAMENTO DO SISTEMA DE JARDIM DE CHUVA

| FONTE | CODIGO | ITEM | QUANT. | UNID. | R\$ MDO. | R\$ MAT. | R\$ TOTAL |
|------------------------------|-----------|---|---------|----------------|-----------|------------|-----------------------------|
| Demolições | | | | | | | |
| GOINFRA | 20144 | Demo. De pavimentação asfáltica | 254,34 | m ² | R\$ 5,27 | R\$ - | R\$ 1.340,37 |
| GOINFRA | 20142 | Retirada de meio fio | 56,52 | m | R\$ 5,41 | R\$ - | R\$ 305,77 |
| GOINFRA | 30101 | Transporte de entulho em caminhão incluso carga manual | 16,5321 | m ³ | R\$ 7,30 | R\$ 25,01 | R\$ 534,15 |
| Movimentação de terra | | | | | | | |
| GOINFRA | 41004 | Escavação mecanica | 201,06 | m ³ | R\$ - | R\$ 1,35 | R\$ 271,43 |
| GOINFRA | 30112 | Carga dos materiais/equipamentos/outros (incluso hora improdutiva do caminhão) | 1 | unid | R\$ 62,28 | R\$ 51,16 | R\$ 113,44 |
| Drenagem | | | | | | | |
| SINAPI | 96399 | Execução de base ou subbase pedra rachão (brita nº 04) | 201,06 | m ³ | R\$ 28,23 | R\$ 65,88 | R\$ 18.921,76 |
| GOINFRA | 30112 | Carga dos materiais/equipamentos/outros (incluso hora improdutiva do caminhão) | 1 | unid | R\$ 62,28 | R\$ 51,16 | R\$ 113,44 |
| SINAPI | 73881/001 | Execução de dreno com manta geotexteil 200 G/m ² | 100,53 | m ² | R\$ 0,83 | R\$ 4,71 | R\$ 556,94 |
| SINAPI | 73883/002 | Execucao de dreno frances com brita num 2 | 20,106 | m ³ | R\$ 18,49 | R\$ 95,10 | R\$ 2.283,84 |
| GOINFRA | 41140 | Regularização do terreno sem apoioamento com transporte manual da terra escavada | 25,1325 | m ³ | R\$ 2,02 | R\$ - | R\$ 50,77 |
| GOINFRA | 270207 | Plantio grama batatais placa c/ m.o. irrig.adubo,ter.veg.(oc) a<11.000m2 | 100,53 | m ² | R\$ 5,56 | R\$ 4,89 | R\$ 1.050,54 |
| Pavimentação | | | | | | | |
| GOINFRA | 271711 | Meio fio pd. Goinfra em conc. Pré mold. Reto/curvo (9v12x25x100cm), c/ sarjeta (13x10v12cm)fc28=20mpa com argam.(1ci:3armlc) p/arremate do rejunt. - incluso escav./apiloam./reaterro e conc.fc28= 10mpa p/ assentam. E chumbamento | 56,52 | m | R\$ 15,35 | R\$ 14,32 | R\$ 1.676,95 |
| GOINFRA | 51015 | Preparo com betoneira e transporte manual de concreto fck-15 | 4,26 | m ³ | R\$ 60,16 | R\$ 257,07 | R\$ 1.351,40 |
| GOINFRA | 260204 | Caiçao 2 demaos em poste/ vigas e meio fio(oc) | 8,478 | m ² | R\$ 2,36 | R\$ 0,49 | R\$ 24,16 |
| | | | | | | | Total: R\$ 28.594,96 |

| FONTE | CODIGO | ITEM | QUANT. | UNID. | R\$ MDO. | R\$ MAT. | R\$ TOTAL |
|------------------------------|-----------|---|---------|----------------|-----------|------------|-----------------------------|
| Demolições | | | | | | | |
| GOINFRA | 20202 | Raspagem e limpeza manual do terreno | 254,34 | m ² | R\$ 2,03 | R\$ - | R\$ 516,31 |
| GOINFRA | 20142 | Retirada de meio fio | 56,52 | m | R\$ 5,41 | R\$ - | R\$ 305,77 |
| GOINFRA | 30101 | Transporte de entulho em caminhão incluso carga manual | 16,5321 | m ³ | R\$ 7,30 | R\$ 25,01 | R\$ 534,15 |
| Movimentação de terra | | | | | | | |
| GOINFRA | 41004 | Escavação mecanica | 201,06 | m ³ | R\$ - | R\$ 1,35 | R\$ 271,43 |
| GOINFRA | 30112 | Carga dos materiais/equipamentos/outros (incluso hora improdutiva do caminhão) | 1 | unid | R\$ 62,28 | R\$ 51,16 | R\$ 113,44 |
| Drenagem | | | | | | | |
| SINAPI | 96399 | Execução de base ou subbase pedra rachão (brita nº 04) | 201,06 | m ³ | R\$ 28,23 | R\$ 65,88 | R\$ 18.921,76 |
| GOINFRA | 30112 | Carga dos materiais/equipamentos/outros (incluso hora improdutiva do caminhão) | 1 | unid | R\$ 62,28 | R\$ 51,16 | R\$ 113,44 |
| SINAPI | 73881/001 | Execução de dreno com manta geotexteil 200 G/m ² | 100,53 | m ² | R\$ 0,83 | R\$ 4,71 | R\$ 556,94 |
| SINAPI | 73883/002 | Execucao de dreno frances com brita num 2 | 20,106 | m ³ | R\$ 18,49 | R\$ 95,10 | R\$ 2.283,84 |
| Pavimentação | | | | | | | |
| GOINFRA | 271711 | Meio fio pd. Goinfra em conc. Pré mold. Reto/curvo (9v12x25x100cm), c/ sarjeta (13x10v12cm)fc28=20mpa com argam.(1ci:3armlc) p/arremate do rejunt. - incluso escav./apiloam./reaterro e conc.fc28= 10mpa p/ assentam. E chumbamento | 56,52 | m | R\$ 15,35 | R\$ 14,32 | R\$ 1.676,95 |
| GOINFRA | 51015 | Preparo com betoneira e transporte manual de concreto fck-15 | 4,26 | m ³ | R\$ 60,16 | R\$ 257,07 | R\$ 1.351,40 |
| GOINFRA | 260204 | Caiçao 2 demaos em poste/ vigas e meio fio(oc) | 8,478 | m ² | R\$ 2,36 | R\$ 0,49 | R\$ 24,16 |
| | | | | | | | Total: R\$ 26.669,59 |