

DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL: UMA ANÁLISE DA EFICÁCIA DO JARDIM DE CHUVA IMPLANTADO NA RUA LUIZ DE MATOS COM A AVENIDA ARAXÁ EM GOIÂNIA - GO

Alex Meneses da Costa Filho¹
 Kaíque Machado Bastos²
 Regina de Amorim Romacheli³

56

Resumo: A drenagem urbana de um núcleo habitacional é um dos termos que tem extrema importância quando correlacionado à expansão urbana. No decorrer dos anos, foram criados diferentes sistemas para o controle de drenagem, e com o avanço tecnológico cria-se então a técnica sustentável. O objetivo desta pesquisa foi analisar a efetividade de uma técnica atual de manejo de águas pluviais, utilizando o sistema de Jardim de chuva, executado no município de Goiânia no Setor Sudoeste. Para tanto, foi realizado a delimitação e dimensionamento das vazões da bacia, as precipitações e intensidade em relação ao tempo de recorrência, a vazão de engolimento dos dispositivos convencionais instalados e o dimensionamento ideal do dispositivo sustentável, contrastando com o projeto da Prefeitura e com os sistemas construtivos executados. Verificou-se que a água escoada pela bacia poderia ser facilmente captada por um jardim de chuva, e que o espaço destinado a rotatória seria de fato ideal para tal. Observou-se que o projeto executivo da Prefeitura apresenta um dimensionamento além da necessidade, mas que não fora discutido uma vez que não se teve disponibilização do memorial de cálculo e então, dos dados de projeto. Entendeu-se que apesar de todas as premissas favoráveis o poder municipal não executou o projeto conforme detalhado e nem tão pouco executou um sistema de drenagem na rotatória, sendo este o motivo de ter mantido o problema de enxurradas na região, apesar de todo investimento em dinheiro público.

Palavras-chaves: Sistema de drenagem. Cidades sustentáveis. Águas pluviais.

SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE: AN ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE RAIN GARDEN IMPLANTED IN LUIZ DE MATOS STREET WITH ARAXÁ AVENUE IN GOIÂNIA – GO

Abstract: The urban drainage of a housing nucleus is one of the terms that is extremely important when correlated to urban expansion. Over the years, different systems for drainage control have been created, and with technological advances the sustainable technique is created. The objective of this research was to analyze the effectiveness of a current rainwater management technique, using the Rain Garden system, performed in the municipality of Goiânia in the Southwest Sector. To this end, the delineation and dimensioning of the basin flows, the precipitations and intensity in relation to the recurrence time, the flow of swallowing of the installed conventional devices and the ideal dimensioning of the sustainable device were performed, contrasting with the City

¹ Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. E -mail: alexmenesescf@gmail.com.

² Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. E -mail: kaiquemachado@hotmail.com.

³ Professora do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Mestre em Economia pela Universidade de Brasília (UnB), Especialista em Gestão Empresarial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade de Goiás (PUC-Goiás). E-mail: regina.amorim@anhanguera.edu.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0261519721180926> Orcid: 0000-0002-9160-068X

Hall project and with the construction systems executed. It was found that the water drained from the basin could easily be captured by a rain garden, and that the space for the roundabout would in fact be ideal for this. It was observed that the executive project of the City Hall presents a dimensioning beyond the necessity, but that it was not discussed since there was no availability of the calculation memorial and, therefore, of the project data. It was understood that despite all the favorable premises, the municipal authorities did not carry out the project as detailed, nor did they run a drainage system at the roundabout, which is the reason for maintaining the problem of runoff in the region, despite all investment in public money.

Keywords: Drainage system. Sustainable cities. Rainwater.

INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade a humanidade vem buscando técnicas para controlar o escoamento das águas provenientes da chuva. Ao longo do tempo, foram elaborados diversos sistemas de drenagem e com a ajuda das inovações tecnológicas, foi possível aprimorar, criar novas técnicas, compatibilizar e utilizá-las em uma rede única de saneamento, visando evitar que o acúmulo desta água se torne um problema a infraestrutura urbana. Entretanto quando há falta de controle no crescimento urbano, mau dimensionamento das redes de saneamento e a impermeabilização da superfície, as técnicas de drenagem se tornam insuficientes para evitar que haja inundações, alagamentos e enchentes.

Segundo Fontes; Barbassa (2003), a bacia urbana possui parcela considerável de sua superfície impermeabilizada pelas edificações, vias e pisos. Essas superfícies produzem aceleração no escoamento, através da canalização da drenagem superficial. As inundações, as quais assistem-se periodicamente, são provocadas pelo uso inadequado dos recursos hídricos, do solo, descaso com os resíduos sólidos, entre outros.

Buscando mitigar os efeitos que a aceleração do escoamento pode acarretar no meio urbano, técnicas de que tem como objetivo a criação de espaços permeáveis em meio aos centros urbanos estão sendo criadas e implantadas. As técnicas buscam contribuir para a drenagem pluvial atendendo as exigências de diminuição de custos e de sustentabilidade, que são critérios de extrema importância no atual cenário econômico e ambiental, foram criados os sistemas de drenagem na fonte.

Ao contrário das técnicas convencionais que centralizam o escoamento superficial transportando para um ponto à jusante e criando sistemas cada vez mais extensos de galerias pluviais. Os sistemas de drenagem na fonte atuam diretamente na origem do problema, controlando o excesso de escoamento superficial no local onde é gerado (REIS; OLIVEIRA; SALES; 2008). Dentre as técnicas de retenção na fonte pode-

se destacar os jardins de chuva, que tem como benefícios a redução, retenção e filtragem de água; infiltração; diminuição do escoamento superficial; detenção de águas pluviais; biodiversidade; moderação da ilha de calor; evotranspiração; captura de carbono (HERZOG, 2013).

O jardim de chuva talvez seja a mais simples solução de infraestrutura verde, que pode ser aplicada tanto no âmbito residencial (acolhendo a água de telhados, pátios e passeios) como urbano (em jardins junto às calçadas; como, canteiros, praças e rotatórias). Consiste num canteiro com plantas, formado com o rebaixamento do solo, que coletará as águas pluviais através de aberturas delimitadas em seu contorno. Esse solo deve ser tratado para se tornar mais poroso (por exemplo, através da adição de areia em sua composição) de forma a agir, segundo Cormier e Pellegrino (2008).

O elemento funciona com aplicação de um sistema rústico como uma boca de lobo (dispositivo em forma de caixa coletora de água pluvial) em vias, que auxilia na questão da drenagem e ainda colabora com a manutenção da qualidade ambiental. É uma tecnologia acessível e de fácil manutenção. Segundo os autores Cormier e Pellegrino (2008) apesar de terem sua capacidade limitada pelo espaço disponível e pelas condições geotécnicas locais, ainda assim, mesmo pequenos jardins de chuva são muito eficientes na melhoria da qualidade da água, visto ser o período inicial de uma chuva que carrega a maioria dos poluentes.

O correto dimensionamento de um jardim de chuva deve atentar também para o fato de algumas horas depois de um evento, não dever mais existir água parada em sua superfície. O estudo de caso e projeto do local é indispensável antes de qualquer execução e se o projeto for executado e acompanhado de forma certa, o jardim de chuva é uma ótima válvula de escape para problemas de alagamentos indesejáveis.

Em Goiânia houveram diversas ações de implantação da técnica do jardim de chuva como medida de redução de alagamento, porém necessário se faz a partir de agora, primeiras chuvas posteriores à execução, avaliar a efetividade da solução, bem como identificar os possíveis entraves de execução e funcionamento da tecnologia, permitindo avançar com a técnica, colaborando com o desenvolvimento das cidades.

Esta pesquisa teve como objetivo buscar o entendimento acerca da técnica usada nas intervenções realizadas no município de Goiânia, especificamente na rotatória na intersecção das vias Luiz de Matos e Araxá, no Setor Sudoeste, e identificar o motivo do jardim de chuva implantado não ter se mostrado eficaz.

A ocupação urbana

Diante dos processos de industrialização e crescimento urbano, tornou-se crescente a busca por modelos que compatibilizem o desenvolvimento econômico com uma efetiva manutenção da produtividade dos recursos naturais, como também da qualidade ambiental. Nos últimos tempos, a conservação da natureza passou a ser compreendida como sendo o resultado do uso racional do meio ambiente, de modo a permitir uma produção contínua dos recursos naturais renováveis e a otimização do uso dos recursos não-renováveis, a fim de garantir uma melhor qualidade de vida para as gerações presentes e futuras. Sob este enfoque, a dimensão ambiental tornou-se uma variável essencial aos programas de desenvolvimento. Vale ressaltar que os maiores desafios residem não apenas nas áreas tecnológicas ou financeiras, mas, sobretudo, no gerenciamento responsável dos recursos naturais, sejam estes fornecedores de bens e serviços ou receptores finais de resíduos. Atualmente, as discussões acerca da deterioração do meio ambiente enfocam as grandes cidades do país, onde o efeito da urbanização sobre os ecossistemas tem provocado uma intensa degradação dos recursos naturais. Porém, pode-se verificar que mesmo os municípios de pequeno e médio porte apresentam uma situação crítica no que diz respeito a falta de planejamento municipal. (SOARES; et al., 2006).

Segundo Tucci (2008), a urbanização aumenta com o crescimento econômico, quando o perfil da renda se altera e o emprego se concentra mais nos serviços e na indústria do que na agricultura. Com a urbanização, a taxa de natalidade tende a diminuir em razão de vários fatores sociais. O crescimento urbano ocorrido nas últimas décadas transformou o Brasil num país essencialmente urbano (83% de população urbana). Esse processo se deu especialmente nas Regiões Metropolitanas (RM) e nas cidades que se transformaram em pólos regionais. As RM possuem um núcleo principal com várias cidades circunvizinhas. A taxa de crescimento do núcleo da RM é pequena, enquanto o crescimento da periferia é muito alto.

Situação dos córregos urbanos

Hespanhol; Netto; Tucci (2001), afirmam que a maioria dos rios que atravessam as cidades brasileiras estão deteriorados, sendo esse considerado o maior problema ambiental brasileiro. Essa deterioração ocorre porque a maioria das cidades brasileiras

não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos, jogando in natura o esgoto nos rios. Quando existe rede, não há estação de tratamento de esgotos, o que vem a agravar ainda mais as condições do rio, pois se concentra a carga em uma seção. Em algumas situações, é construída a estação, mas a rede não coleta o volume projetado porque existe um grande número de ligações clandestinas de esgoto no sistema pluvial, que de esgoto separado passa a misto.

Apesar do fato de nas grandes cidades os rios terem sido utilizados para a dissolução dos esgotos e lançamentos de resíduos, e as várzeas e demais áreas frágeis terem sido intensamente ocupadas pela população mais carente criando graves situações de risco a saúde pública, vem crescendo a consciência sobre os riscos que a degradação ambiental representa para a própria sobrevivência humana. Nesse contexto, ocorre uma mudança de paradigma onde o ambiente natural é encarado como um aliado para o alcance da comodidade urbana, surgindo assim novos conceitos, dentre eles o de restauração fluvial, que tem como objetivo recriar um sistema próximo ao natural e autorregulado, ecologicamente integrado com a paisagem. (BARROSO; et al., 2017)

Sistemas de drenagem

Tucci (2003) define os sistemas de drenagem em 3 categorias, na fonte, microdrenagem e macrodrenagem. A drenagem na fonte é definida pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamentos, parques e passeios. A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado. A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem envolve áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. Este tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores as da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais. Um dos pontos que têm caracterizado este tipo de definição tem sido a metodologia de estimativa, já que o Método Racional é utilizado para estimativa de vazões na microdrenagem e os modelos hidrológicos que determinam o hidrograma do escoamento são utilizados na macrodrenagem.

Bertoni e Tucci (2003) explicam que essas medidas são adotadas de acordo com o estágio de desenvolvimento da área em estudo. As principais medidas sustentáveis na fonte têm sido: a detenção de lote (pequeno reservatório), que controla apenas a vazão máxima; o uso de áreas de infiltração para receber a água de áreas impermeáveis e recuperar a capacidade de infiltração da bacia; os pavimentos permeáveis. Estas duas últimas medidas minimizam também os impactos da poluição. As medidas de micro e macrodrenagem são as detenções e retenções. As detenções são reservatórios urbanos mantidos secos com uso do espaço integrado à paisagem urbana, enquanto que as retenções são reservatórios com lâmina de água utilizados não somente para controle do pico e volume do escoamento, como também da qualidade da água. Atualmente, a maior dificuldade o projeto e implementação dos reservatórios é a quantidade de lixo transportada pela drenagem que obstrui a entrada dos reservatórios.

Técnicas de retenção de águas pluviais na fonte

De acordo com Carvalho (2008) as alternativas de sistemas de infiltração são capazes de fazer o amortecimento e reservar o volume excedente nos picos das enchentes, em seguida permitindo a infiltrar no solo, e a recarga do lençol freático. O sistema de infiltração, quando possível de ser utilizado, é uma alternativa capaz de contrapor o efeito da impermeabilização das áreas urbanizadas. Tendo em vista que sistemas de controle de enchente na fonte não propõem reter todo o volume precipitado, em função do alto custo de implantação desses sistemas associado à ociosidade desses na maior parte do tempo, é usual que estes sistemas sejam munidos de dispositivos de fuga do excedente de precipitação. São exemplos de soluções de controle de enchente na fonte os poços de infiltração, as trincheiras de infiltração, as bacias de infiltração, os filtros de areia ou brita enterrados, os reservatórios ou bacias de retenção e sistemas de pavimentos porosos, todos com a finalidade de reduzir volumes ou vazão das enchentes.

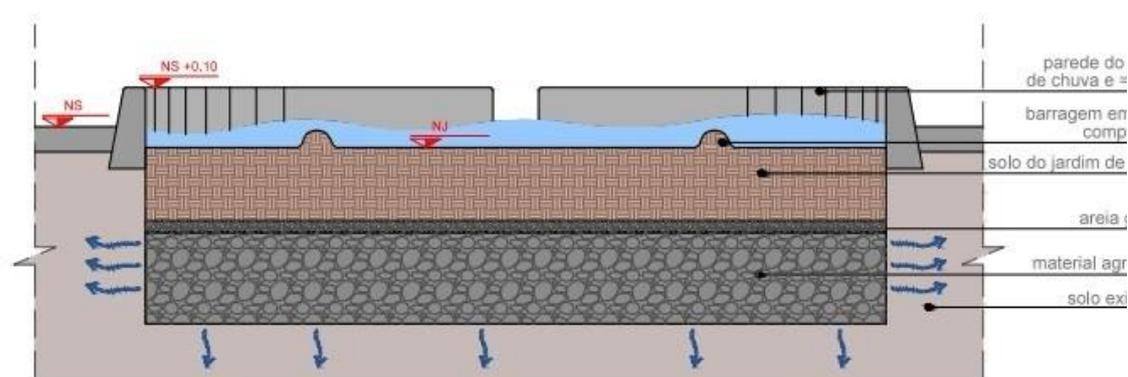
Tecedor et al (2005) afirma que com o surgimento das técnicas compensatórias, uma possível solução para estes problemas foi desenvolvida. Visando diminuir o volume e a velocidade do escoamento superficial, elas permitem proporcionar um rearranjo das vazões, diminuindo o número de inundações e gerando também um ganho com relação à qualidade das águas pluviais. No entanto, no Brasil, a rede de drenagem urbana ainda faz uso total da rede convencional, ou seja, a tubular. Além disso, por ser ausente em

determinadas localidades, a implantação e a análise de um manejo das águas pluviais de forma sustentável ficam prejudicados.

O jardim de Chuva

Ribeiro (2010), descreve os Jardins de chuva como Alagados e destaca que nos alagados as funções de armazenagem de águas, proteção e estabilização das chuvas torrenciais, retenção e sedimentação de nutrientes, mitigação das mudanças climáticas e purificação das águas. Muitas plantas desenvolvidas nesses ambientes têm a capacidade de remover substâncias tóxicas provenientes de pesticidas, descargas industriais, entre outras atividades danosas. São ambientes que preservam as bacias com sua vegetação natural e ampliam a quantidade e a qualidade das águas para consumo humano. Até poucos anos não valorizados, os alagados naturais são ricas associações que reduzem a contaminação das águas subterrâneas, evitam as enchentes e são valiosas reservas naturais. Com seu entorno vegetado, são microambientes em total equilíbrio, cujas águas são ricas em nutrientes, provendo sustento a diversas comunidades de plantas, pássaros e invertebrados.

Figura 1. Corte esquemático demonstrando as camadas de um Jardim de Chuva.



Fonte: Yasaki et al (2013)

Informações jornalísticas sobre a implantação em Goiânia

Diversas foram as reportagens sobre a questão das inundações na cidade de Goiânia, e as ações da prefeitura da cidade sobre a questão, ressaltando inclusive a alternativa da implantação dos jardins de chuva.

O site G1 publicou em 2019 uma matéria com o seguinte contexto: “Com o intuito de evitar alagamentos e enchentes nas ruas de Goiânia, a Secretaria Municipal de

Infraestrutura e Serviços Públicos (Seinfra) tem implantado jardins de chuva em diversas regiões da cidade, em locais onde antes existiam rotatórias. ”

O Jornal Mais Goiás (2019) afirmou em uma reportagem sobre o assunto sobre como foi realizada a técnica do jardim de chuva em Goiânia, apresentando o modelo construtivo adotado.

Os projetos são realizados conforme a necessidade de cada região. Inicialmente, é feita a retirada da pavimentação asfáltica, que é substituída por poços de retenção e acumulação como cisternas e valas, de aproximadamente até 1,5 metro, responsáveis por receber as águas pluviais. Depois disso, o local é revestido de pedras e terra vegetal. Após a conclusão desta etapa, a Comurg realiza a parte de jardinagem e paisagismo com espécies apropriadas para suportarem possíveis erosões e o período de estiagem. O trabalho é conjunto, entre a Seinfra e a Comurg. (MAIS GOIÁS, 2019)

No Jornal Opção (2019) enfatizou sobre as intervenções realizadas na Marginal Botafogo, e afirmou que muita coisa ainda há por se fazer na cidade e que necessita de muito investimento.

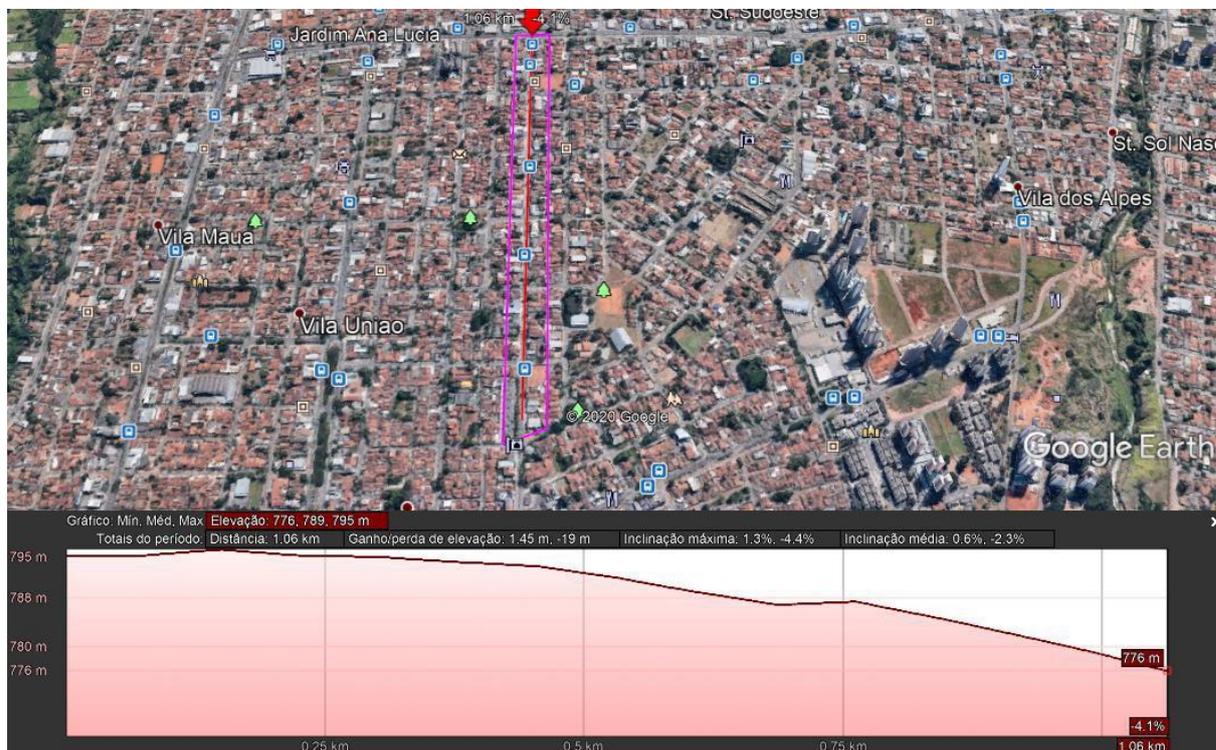
Desde o grande desabamento da Marginal Botafogo, em abril de 2018, a Seinfra fez uma série de intervenções na via. Uma das partes mais sensíveis, entre o Cepal do Setor Sul e a ponte da Avenida Independência, em frente ao Bosque Botafogo, foi recuperada. Ao todo, a Prefeitura investiu R\$ 20 milhões em obras de drenagem em toda a cidade nos últimos anos. Muita coisa ainda há por ser feito. É preciso entender que há volumes de precipitação que nenhuma cidade suportará. Mas o teste das chuvas vem aí. A torcida é que Goiânia tenha uma nota melhor que a que obteve nas últimas temporadas.

Material e métodos

A pesquisa trata da análise da efetividade da técnica de jardins de chuva utilizada em Goiânia e executada pela Prefeitura de Goiânia no ano de 2019. Para tanto será utilizado como estudo de caso, o jardim de chuva executado na região sudoeste da cidade de Goiânia, que dá acesso a 3 vias, Rua Luiz de Matos, Avenida Araxá e Avenida C-17 com as seguintes coordenadas geográficas – 16°69’64,90’’; - 49°30’78,62’’. O jardim está localizado ao lado de comércios e um posto de gasolina. Os pontos de referência mais próximos são: o Centro Universitário de Goiás - Uni-Anhanguera e o supermercado Bretas.

A bacia estudada foi delimitada em função do direcionamento do escoamento das águas pluviais e sua relação com o jardim de chuva, objeto deste artigo. A região está situada em um divisor de águas entre os Córregos Cascavel e Anicuns, na Bacia do Meia Ponte em Goiânia – Goiás.

Figura 2. Limitação da bacia de drenagem delimitada e a locação do jardim de chuva, objeto de estudo



Fonte: Google Earth(2019)

Com a definição da área e da região do objeto de estudo foi realizado o levantamento da precipitação em função da intensidade e tempo de retorno, considerados por meio do trabalho intitulado “Estudo de chuvas intensas para a cidade de Goiânia/GO por meio da modelagem de eventos máximos anuais pela aplicação das distribuições de Gumbel e Generalizada de Valores Extremos.” de Coelho Filho; et al (2017).

Os dados foram tratados e analisados, com base no tempo de retorno de 2, 100 e 1000 anos. Foi escolhido para o presente trabalho o tempo de retorno de 100 anos e um tempo de chuva em função do tempo de recorrência.

O tempo de recorrência foi calculado utilizando a Fórmula de Highways, em que:

$$T_c = 57 \times (L^3/H)^{0,385}$$

Onde:

T_c = Tempo de Concentração (min)

$L = \text{Área da Bacia em (km)}$

$H = \Delta \text{ cotas (m)}$

A partir do tempo de recorrência foi identificado a intensidade de chuva a ser considerada, utilizando ainda as planilhas de Coelho Filho et al. (2017), conforme método MML.

Com as informações de precipitação e área, foi calculado a área da bacia e seus respectivos volumes de água a serem drenados, pelo método racional, onde

$$Q = C. I. A$$

Onde C, é o Coeficiente de Runoff, considerado a média para pavimentações asfálticas, considerando ainda 100% de impermeabilidade nos lotes

$I = \text{Intensidade Média } (\frac{L}{s} ha)$

$A = \text{Área da bacia (ha)}$

Do total de água acumulada na bacia, foi realizado o cálculo da capacidade de engolimento das bocas de lobo identificadas por meio de levantamento de campo e relatório fotográfico. Foi considerada a capacidade de projeto de 70 l/s e apenas 50% de efetividade tendo em vista o grau de conservação em que se encontram.

Com o saldo de vazão foi realizado um dimensionamento de um jardim de chuva ideal, considerando as condições do solo, apontados no artigo de Rodrigues e Terra (2019) como Latossolo Vermelho, com capacidade de absorção média de 4 cm/s. Devido ao alto grau de compactação do solo da região, foi considerado apenas 50% desta capacidade. Para projeto, foi considerada uma altura de 1 metros, que permitiria as camadas de 25 cm de aglomerados que contribuiriam para a infiltração no solo e redução da lâmina de água na pista.

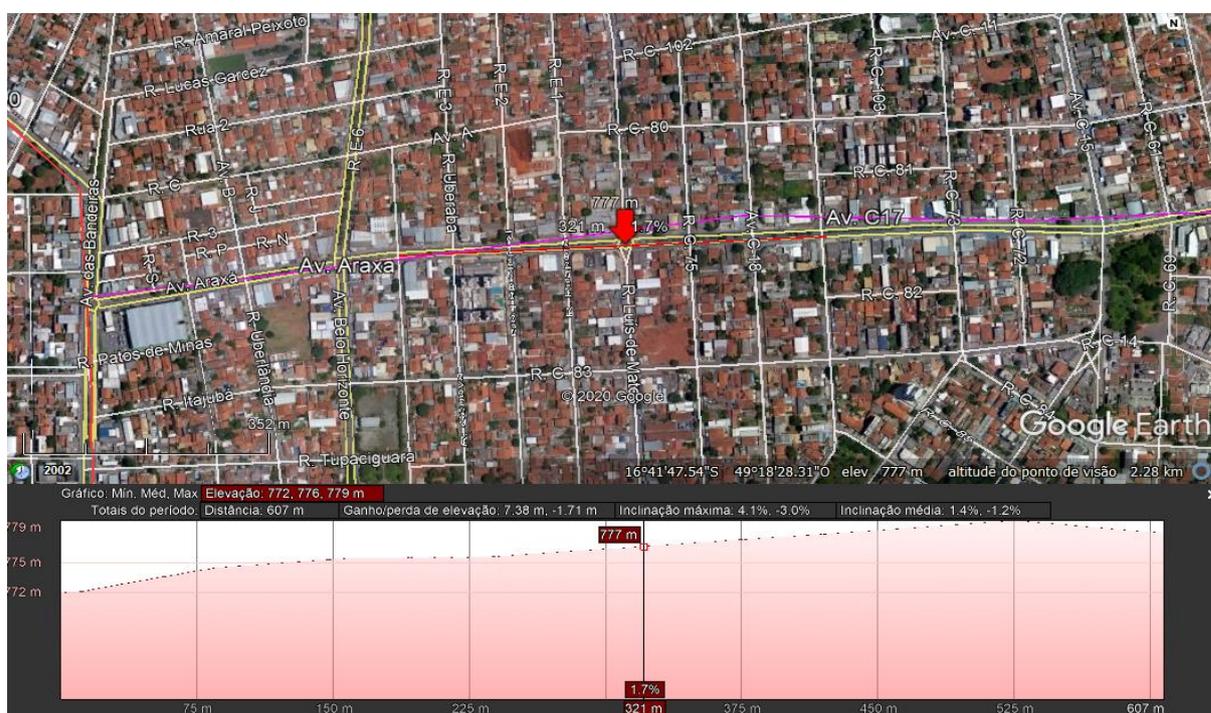
Com os dados da Prefeitura de Goiânia e o acesso ao projeto executivo do jardim de chuva dimensionado para a região, bem como o histórico da execução do dispositivo, disponível no Google Maps (2019/2020) foi possível tecer as conclusões acerca da efetividade do sistema, o dimensionamento do dispositivo e a qualidade e coerência da execução.

Resultados e discussões

A bacia que se refere o estudo está situada no divisor de águas entre as bacias do Córrego Caveirinha e Ribeirão Anicuns, na região Setor Sudoeste na cidade de Goiânia – Goiás. O foco da pesquisa é o dispositivo de drenagem na fonte, do tipo Jardim de Chuva instalado na interseção entre a Rua Luiz de Matos.

Para atender o objetivo da pesquisa, foi necessário analisar a declividade das vias da região de forma a identificar a bacia de contribuição para o dispositivo. Por meio da ferramenta do Google Earth Pro foi traçado um caminho na Avenida Araxá, considerando 3 quadras à montante e a jusante do dispositivo, identificando então o nível do terreno, como demonstra a figura 3.

Figura 3. Demonstração do caimento transversal para o Jardim de Chuva instalado à Rua Luiz de Matos e Avenida Araxá.



Fonte: Google Earth (2018)

Observou-se que transversalmente o caimento do terreno inicia à 530 metros da Rua C-18, elevação 779m até na metade da seção do jardim de chuva, elevação 777 metros, computando 206 metros de extensão.

Longitudinalmente, utilizando os mesmos princípios de definição de contribuição de água para a bacia citado anteriormente, verificou-se que o fluxo entre a Avenida dos Alpes (elevação: 794 metros) e a Avenida Araxá pela Rua Luiz de Matos é declinado ao Jardim de Chuva, com elevações de diferença de cota de até 2,0 metro, nos pontos das vias C-97 (elevação: 797 metros) e C-94 (794 metros).

67

Figura 4. Estudo da seção longitudinal de contribuição



Fonte: Google Earth (2020)

Diante da diferença de cotas, considerou-se como seção longitudinal de contribuição a linha entre a Avenida C-97 e Avenida Araxá, computando um desnível de 20 metros, com uma extensão de 1.203 metros e inclinação de 1,3%.

Figura 5. Nível do terreno entre o ponto de início da bacia de contribuição até o jardim de chuva

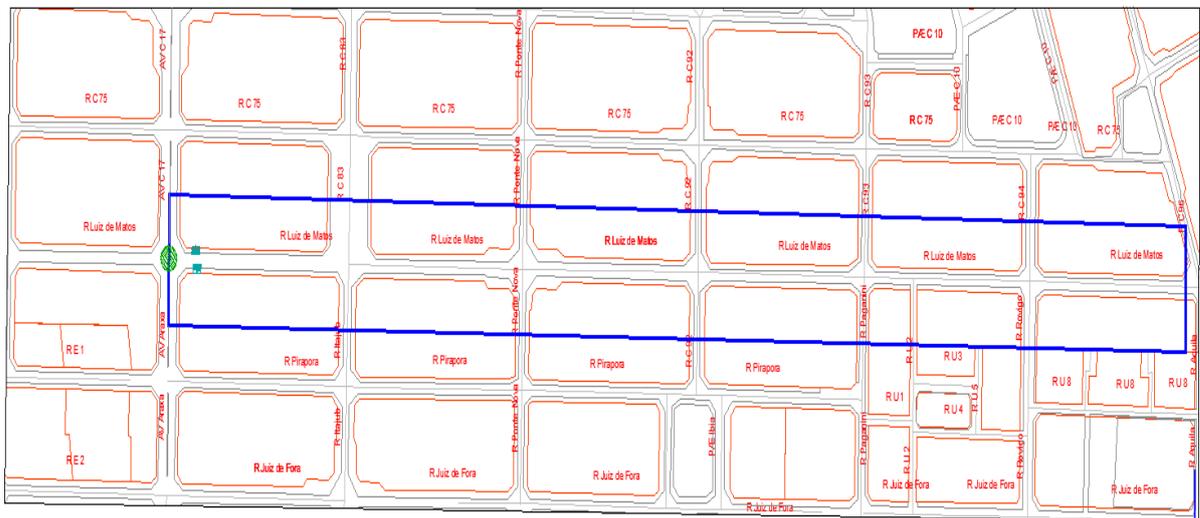


Fonte: Google Earth (2020)

68

O terceiro ponto observado para definição da bacia de contribuição foi em relação a distribuição do fluxo em função das bacias hidrográficas. Pelo nivelamento do terreno percebe-se que a Rua Luiz de Matos está situada exatamente no divisor de águas entre as bacias na altura da Avenida dos Alpes, e portanto, entende-se que as águas de contribuição à montante desta pista não são direcionadas para a Luiz de Matos, por fim, entende-se que a bacia de contribuição para o jardim de chuva se refere às águas pertencentes as meias quadras às margens direita e esquerda da via, conforme figura 6. A bacia de contribuição, portanto possui 10,89 km de extensão, com uma área de 10,3 ha, sendo a seção da pista de 15 metros e a largura total da seção da bacia de 100 metros.

Figura 6. Bacia de contribuição definida para o estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Partindo para a análise hidrológica na bacia os dados de precipitação, intensidade e vazão de contribuição foram calculados a partir da pesquisa realizada por de Coelho Filho; et al (2017), que apresenta o estudo de chuvas intensas para a cidade de

Goiânia/GO, por meio da modelação de eventos máximos anuais pela aplicação das distribuições de Gumbel e Generalizada de Valores Extremos. O autor compara o tempo de retorno, com a intensidade e precipitação por vários métodos.

Por meio de cálculos e gráficos produzidos com as informações disponibilizadas na referência citada, adotou-se para teste, 3 diferentes situações, englobando o tempo de retorno de 2 anos, 100 anos e 1000 anos, considerando os dados obtidos pelo autor pela aplicação da distribuição de Gumbel com parâmetros estimados pelo método MML, considerado mais preciso, que estão citados na tabela 1.

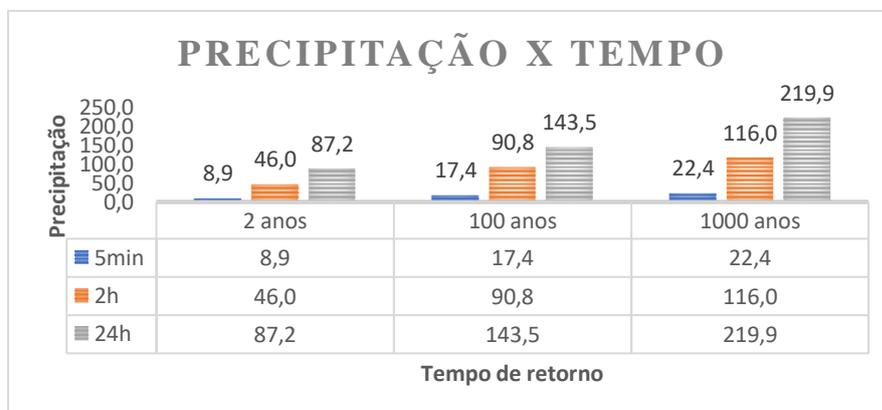
Tabela 1. Precipitação e Intensidade de água pluvial escoada em Goiânia-GO

Duração	PRECIPITAÇÃO (mm)			INTENSIDADE (mm/h)		
	2 anos	100 anos	1000 anos	2 anos	100 anos	1000 anos
TR						
5min	8,9	17,4	22,4	106,5	175,3	268,6
2h	46,0	90,8	116,0	23,0	37,8	58,0
24h	87,2	143,5	219,9	3,6	6,0	9,2

Fonte: COELHO FILHO et al (2017).

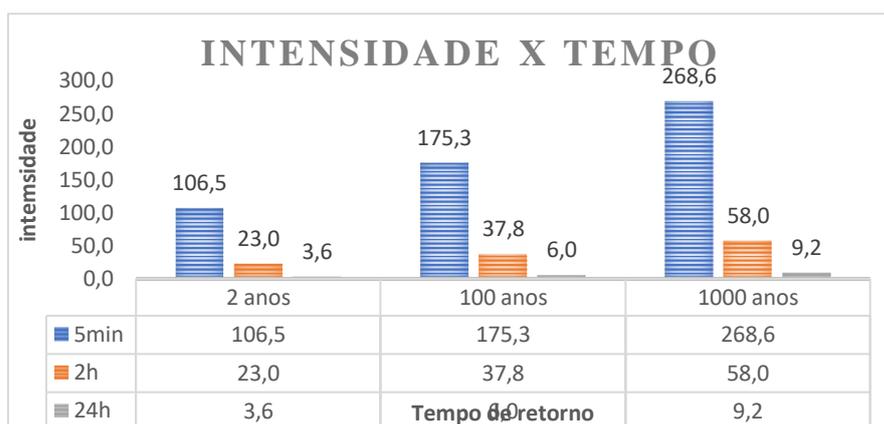
Os dados demonstram que para um tempo de retorno de 100 anos, considerado ideal para projetos de drenagem, para uma duração de 5 minutos haveria em Goiânia uma precipitação de 17,4 mm, com intensidade de 175,3 mm/h. Uma chuva de 2 horas precipitaria 90,8 mm, correspondente a 37,8 mm/h. E uma chuva de 24 horas teria 143,5 mm precipitados com uma intensidade de 6,0 mm/h. Os dados foram ilustrados nos gráficos 1 e 2.

Gráfico 1. Análise da precipitação, por duração da chuva e tempo de retorno



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Gráfico 2. Análise da intensidade, por duração da chuva e tempo de retorno



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Para efeito de cálculo afim de se verificar a vazão de contribuição para a pesquisa foi calculado o tempo de concentração, que implica o tempo em que toda a bacia passa a contribuir para a drenagem, indicando a vazão máxima do sistema. Efetuando os cálculos, conforme fórmula de Highways, tem-se que a bacia passa a contribuir completamente com uma chuva de 4,7 horas de duração.

Voltando para o trabalho de Coelho Filho et al (2017), percebe-se que este indica a infiltração para a duração de 4 e 6 horas, conforme figura 7, sendo então, para estes cálculos considerado a intensidade de 22 mm/hora e precipitação de 132,3 mm, para 6 horas de duração e tempo de retorno de 100 anos.

Figura 7. Estudo de precipitação e intensidade retirado de Coelho Filho; et al (2017)

Duração	Precipitação (mm)							Intensidade (mm/h)						
	Tempo de retorno							Tempo de retorno						
-	2	5	10	25	100	500	1.000	2	5	10	25	100	500	1.00
5 min	8,7	11,0	12,7	14,9	18,7	23,7	26,2	104,8	132,1	151,9	179,0	224,3	284,9	314,1
10 min	15,0	18,9	21,7	25,6	32,1	40,8	44,9	90,0	113,4	130,4	153,7	192,5	244,5	269,6
15 min	19,2	24,1	27,8	32,7	41,0	52,1	57,4	76,6	96,6	111,0	130,9	163,9	208,2	229,6
20 min	22,3	28,1	32,3	38,1	47,7	60,6	66,8	66,9	84,4	97,0	114,3	143,2	181,9	200,5
25 min	24,9	31,3	36,0	42,5	53,2	67,6	74,5	59,7	75,2	86,5	101,9	127,7	162,1	178,8
30 min	27,0	34,1	39,1	46,1	57,8	73,4	81,0	54,0	68,1	78,3	92,3	115,6	146,8	161,9
1 h	35,7	45,1	51,8	61,1	76,5	97,1	107,1	35,7	45,1	51,8	61,1	76,5	97,1	107,1
2 h	45,3	57,0	65,6	77,3	96,8	123,0	135,6	22,6	28,5	32,8	38,7	48,4	61,5	67,8
4 h	55,5	70,0	80,4	94,8	118,8	150,8	166,3	13,9	17,5	20,1	23,7	29,7	37,7	41,6
6 h	61,8	77,9	89,6	105,6	132,3	168,0	185,2	10,3	13,0	14,9	17,6	22,0	28,0	30,9
8 h	66,4	83,7	96,3	113,5	142,1	180,5	199,0	8,3	10,5	12,0	14,2	17,8	22,6	24,9
10 h	70,1	88,3	101,6	119,7	150,0	190,5	210,0	7,0	8,8	10,2	12,0	15,0	19,0	21,0
12 h	73,1	92,2	106,0	124,9	156,5	198,7	219,1	6,1	7,7	8,8	10,4	13,0	16,6	18,3
14 h	75,7	95,4	109,7	129,3	162,0	205,8	226,9	5,4	6,8	7,8	9,2	11,6	14,7	16,2
24 h	85,8	108,2	124,4	146,6	183,7	233,2	257,2	3,6	4,5	5,2	6,1	7,7	9,7	10,7

Fonte: Coelho Filho et al. (2016).

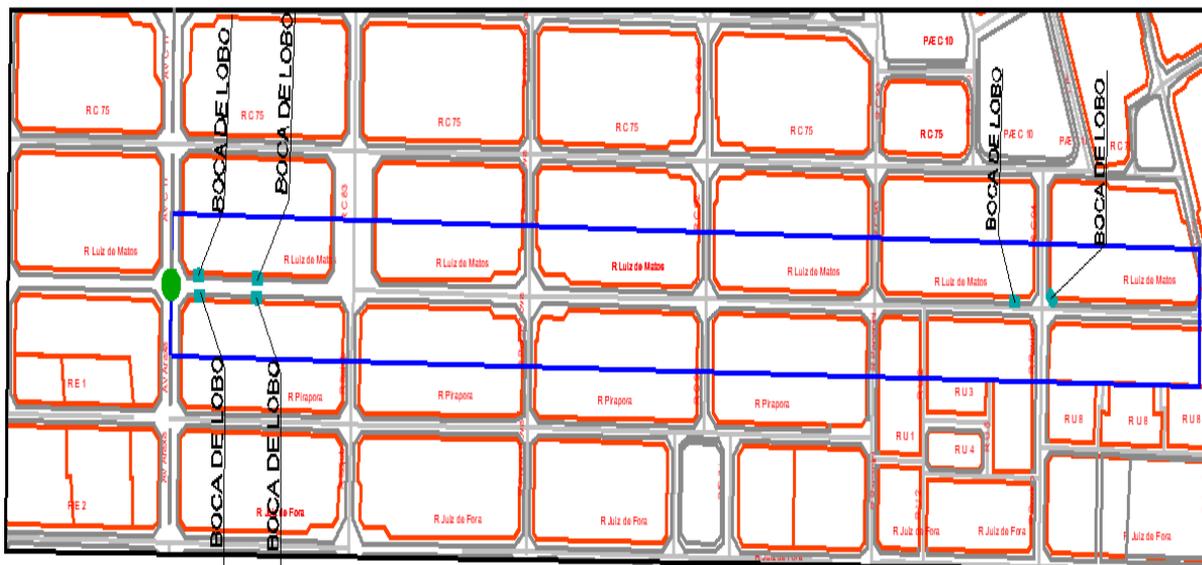
Calculando a vazão de contribuição de enchente e o tempo de contribuição, temos que **a vazão da bacia estudada é de 533,53 litros/segundo.**

Tendo em vista as respectivas quantidades de água nas vias durante a chuva, conforme observado anteriormente, foi necessário avaliar a situação do sistema de drenagem da região, que se resumem somente as bocas de lobos, meio fio e sarjetas. Foi realizado então um levantamento “in loco”, para verificar a quantidade de bocas de lobo existentes e o estado de conservação destas. O objetivo era também realizar um comparativo com mapas da Prefeitura de Goiânia que abordam este quantitativo, porém não há arquivos abertos ao público que contenham levantamentos a este respeito.

Cada boca de lobo, tem a capacidade de engolimento de aproximadamente 70 l/s, com dimensões de 1,00 m x 0,65 m x 1,50 m (C x L x P) e 0,15 m de altura da abertura do escoamento.

Realizando uma análise no perímetro da bacia, que vai até 1,203 km do local de implantação do Jardim de chuva, foram contabilizadas 6 bocas de lobo em diferentes estados de conservação localizadas na Rua Luiz de Matos. Conforme é possível verificar na Figura 8, pode-se verificar que todas podem interferir diretamente no volume de água pluvial que pode escoar para o jardim de chuva, objeto deste estudo.

Figura 8. Mapa das bocas de lobo na área da Bacia



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Tendo em vista que cada boca de lobo tem a capacidade de engolimento de 70 l/s, é possível calcular que:

$$6 \text{ unidades} \times 70 \text{ l/s} = 420 \text{ l/s}$$

Entretanto, foi verificado que todas estão com sua capacidade de engolimento prejudicado pela degradação ou pelo acúmulo de materiais que possibilitam o entupimento, como é possível visualizar nas imagens abaixo, que foram tiradas no local.

Figura 9 a 14. Estado de conservação das bocas de lobo na área da Bacia



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Diante do grau de conservação dos dispositivos, a capacidade de engolimento foi reduzida em 50% em nossos cálculos, o que implica que os dispositivos absorvem 210 l/s, sobrando ainda na pista, como escoamento superficial em direção ao jardim de chuva, **323,53 l/s**, que devem ser absorvidos pelo dispositivo sustentável instalado na interseção da Luiz de Matos e Araxá.

Com o olhar sobre uma solução pautada pela implantação do jardim de chuva, uma das considerações que deve ser realizada é a do grau de infiltração do solo na região. Segundo Rodrigues; Terra (2019), o solo característico da região é latossolo vermelho,

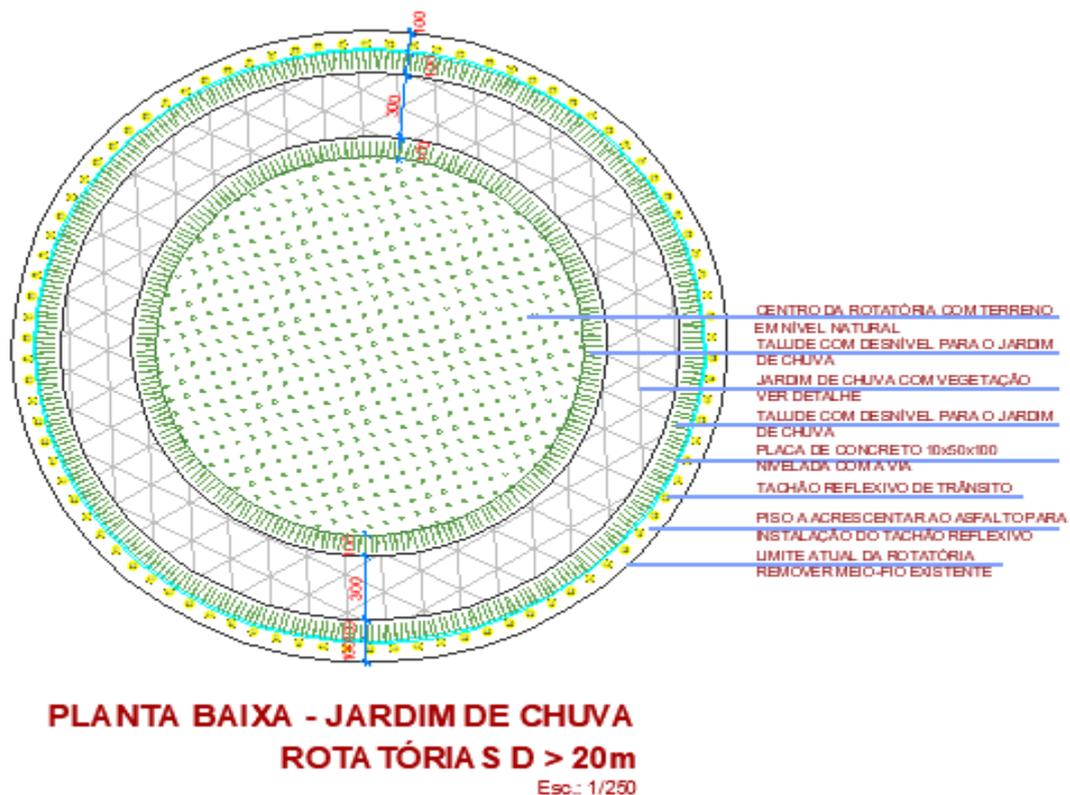
que possui uma capacidade de infiltração de 4 cm/s. Considerando o alto grau de compactação da via, nesta pesquisa o grau de infiltração foi considerado de 2 cm/s.

Assim sendo, considerando as características de projeto para o jardim de chuva, adotando uma profundidade padrão para o jardim de 1,0 metro de profundidade e o diâmetro da rotatória de 15 metros, observa-se que seria necessário apenas 0,4 metros de largura de vala no entorno da rotatória, implicando em uma área de 18,346 m² para recolher as águas restantes da bacia.

74

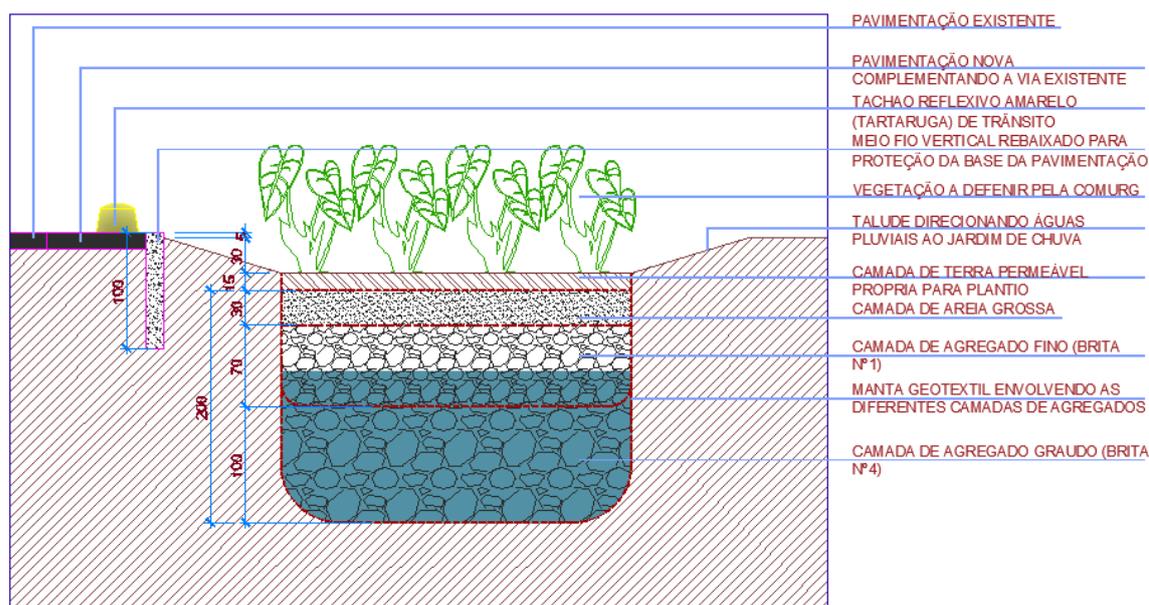
Por meio de arquivos públicos da Prefeitura Municipal de Goiânia, disponibilizados em maio de 2020 foi possível obter informações acerca do projeto aprovado do jardim de chuva em Goiânia maquele local, no qual relata todas as etapas e materiais para execução do mesmo.

Figura 15. Projeto do Jardim de chuva realizado pela SEINFRA



Fonte: SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA DE GOIÂNIA (2019).

Figura 16. Projeto do Jardim de chuva realizado pela SEINFRA



DETALHE EM CORTE - JARDIM DE CHUVA EM ROTATÓRIA D > 20m

Esc.: 1/50

Fonte: SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA DE GOIÂNIA (2020)

No Projeto executado pela Secretaria de Infraestrutura de Goiânia, foi projetado uma escavação de 2 metros de profundidade e com uma largura de 3 metros em torno do eixo da rotatória conforme mostrado na Figura 15. Conforme e possível visualizar no corte mostrado na Figura 16, foi colocado uma manta geotêxtil forrando todo o local escavado e separando diferentes agregados em 4 camadas de diferentes profundidades, que foram dispostos da seguinte forma: 1 metro de Brita nº 4; 35 cm de Brita nº 4 e 35 cm de Brita nº 1; 30 cm de Areia Grossa; 15 cm de Terra para plantio de vegetação escolhida, que foi escolhida pela COMURG (Companhia de Urbanização de Goiânia).

Se o jardim de chuva projetado pela Prefeitura Municipal de Goiânia, possui dimensões significativamente maiores do que o dimensionamento da contribuição da bacia aqui levantados, por qual motivo o dispositivo não funcionou nas chuvas de 2020?

Para buscar uma resposta para essa questão foi realizado um levantamento, por meio do histórico disponível na ferramenta do Google Maps (2020), de como a rotatória era concebida antes da instalação do dispositivo, buscando ainda identificar como fora executada. A Figura 17 do ano de 2018, representa ainda como uma rotatória comum sinalizada apenas horizontalmente limitadas com uso de faixa amarela e “tartarugas”.

Figura 17. Rotatória escolhida para implantação do Jardim de Chuva em 2018.



Fonte: GOOGLE MAPS (2018)

No início do ano de 2019 começa a ser implantando o sistema de drenagem urbana sustentável, o jardim de chuva. A Figura 18 demonstra o primeiro passo executado pelo órgão responsável pela construção, que consiste em transformar o centro da rotatória pavimentada, em não pavimentada; a alocação dos meio fios com distaciamento à montante, para o direcionamento da água das vias e sequente absorção, que determina a função principal do jardim.

Figura 18. Rotatória aguardando inicio das obras de implantação do Jardim de Chuva em 2019



Fonte: GOOGLE MAPS (2019)

Ainda em fase de execução, a Figura 19 demonstra homens e máquinas trabalhando para a criação do jardim. Com alguns elementos necessários já presentes no local, como o agregado graúdo.

Figura 19. Andamento da obra de implantação do Jardim de Chuva em 2019.



Fonte: PREFEITURA DE GOIÂNIA (2019)

E por fim, Figura 20 que demonstra o término da obra e o início do funcionamento do elemento de drenagem. Pelas imagens é possível constatar que não houve abertura de valas de 3 metros de largura por 2 metros de profundidade, que não houve o rebaixamento do nível e solo e tão pouco houve a disposição dos elementos de drenagem conforme informado no projeto.

Figura 20. Jardim de chuva implantado.



Fonte: GOOGLE MAPS (2020)

Observou-se que houve apenas uma repaginação do paisagismo buscando utilizar elementos mais permeáveis e com a inclusão de “meios fios drenantes”, o que impactou sobremaneira na eficiência do dispositivo que não integra as características de uma drenagem na fonte e tão pouco um jardim de chuva, sendo assim, observa-se que o dinheiro público investido no projeto e reforma da rotatória em nada somou ao sistema de drenagem do local.

CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho, foi conhecer e verificar a eficiência do Jardim de chuva, que é o mais novo sistema de drenagem implantado na cidade de Goiânia-GO. Embora seja um sistema considerado inovador nesta cidade, há diversos jardins já implantados, em várias regiões do mundo. E analisou que, seu funcionamento é bem próximo o qual foi instalado em Goiânia. Porém, com certas adaptações de projeto, em conformidade com o local de implantação e com o tipo de solo da região.

Portanto, tornou-se de extrema importância a análise de características como: reconhecimento do projeto implantado no local de estudo, o tipo de solo da região, os tipos de agregados o qual foram utilizados no auxílio da drenagem do jardim de chuva, e por fim, não menos importante, a verificação do projeto implantado, ou seja, se atende à demanda solicitada para a região.

Localizado na região sudoeste da cidade, o jardim foi instalado em uma rotatória que se situa entre 3 vias de acesso: Rua Luiz de Matos, Avenida Araxá e Avenida C-17. Foi implantado com intuito de auxiliar na drenagem pluvial da redondeza. Já que, devido ao crescimento desordenado da região, o sistema de bocas de lobo, que é o sistema de drenagem primário da região, se tornou insuficiente para a demanda que vem sendo solicitada. Além de ter se tornado insuficiente, as bocas se encontram em situações precárias. Por motivos de mau uso e falta de manutenção/limpeza necessária deste sistema. O mesmo influi diretamente na recorrência de alagamentos nas cotas mais baixas para onde a água pluvial escoar.

Feito uma análise do projeto apresentado pela Prefeitura de Goiânia, teve como base as seguintes características do sistema: o rebaixamento do solo; preenchimento do local rebaixado, com agregados que contribuem para a percolação da água pluvial diretamente ao lençol freático; e a adoção de espaçamentos entre o meio fio para impedir

a entrada de materiais sólidos no jardim, de maneira que permita somente materiais líquidos adentrarem o tal.

Conforme dito anteriormente, o jardim de chuva é um sistema de drenagem que sofre adaptações conforme o local de implantação. Cálculos e análises pluviométricas da bacia de contribuição são necessários para verificar se o projeto é o ideal para a região, e identificar se é capaz de suportar o escoamento excedente do sistema de drenagem ali instalado. Goiânia, possui períodos predominantemente chuvosos, que variam em relação a intensidade e duração da chuva. Contudo, foi constatado que o projeto suportaria de maneira significativa a uma possível demanda média que for solicitado.

Entretanto, devido a persistência dos problemas oriundos da falta de eficácia dos sistemas de drenagem pluvial da região, foi possível constatar por meio de ferramentas tecnológicas que, o processo executivo não seguiu o projetado. Realizado então, somente pequenas modificações paisagísticas e o assentamento do meio fio com espaçamentos, que possibilita a entrada da água pluvial, porém, não há percolação ao lençol freático.

Foi possível concluir que, conforme constado através de cálculos e análises, o Jardim de chuva apresentaria resultados significativos na região. Evitando pontos de alagamento e agindo beneficemente de maneira sustentável junto a estética da região, devido ao paisagismo característico de um jardim. Todavia, devido à não execução conforme o projeto, o jardim implantado não capta a demanda esperada. Portanto, não pode ser classificado como um sistema de drenagem urbana, pois o mesmo não cumpre esta função.

Necessário então que, futuramente seja feito uma nova intervenção no local. Afim de promover a implementação do jardim de chuva conforme projetado, solicitando novamente investimentos públicos. E, até que seja realizada a nova intervenção, se faz necessário estudos e pesquisas que busquem soluções provisórias que evitem possíveis alagamentos na região.

REFERÊNCIAS

BARROSO, J. C. et al., **Restauração de cursos d'água urbanos**: Estudo de caso do córrego olhos d'água em Belo Horizonte, Congresso Abes [Fenasam], Belo Horizonte, 2017.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas na América do Sul**, ABRH, Porto Alegre, 2003.

CARVALHO, E. T. L. **Avaliação de elementos de infiltração de águas pluviais na zona norte da cidade de Goiânia**, Dissertação (Mestrado em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

CORMIER, N.; & PELLEGRINO, P. R. **Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana**, Paisagem e Ambiente, Ed. 25, São Paulo, 2008.

COELHO FILHO, J. A. P.; MELO, D.C.R.; ARAÚJO, M.L.M. **Estudo de chuvas intensas para a cidade de Goiânia/GO por meio da modelação de eventos máximos anuais pela aplicação das distribuições de Gumbel e Generalizada de Valores Extremos**, Ambiência, Volume 13, Goiânia, 2017.

FONTES, A. R. M.; BARBASSA, A.P. **Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbanas**, RBRH, Vol.8, São Carlos, 2003.

HERZOG, C. P. **Cidade para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza**. Mauad X : Inverde, Rio de Janeiro, 2013.

HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, O. M. C.; TUCCI, C. E. M. **Gestão de Água no Brasil**. UNESCO, Brasília, 2001.

HIROSE, Rodrigo. **O teste das chuvas vem aí: Goiânia será aprovada?**, Jornal Opção. Goiânia, 2019. Disponível em: <<https://www.jornalopcao.com.br/colunas-e-blogs/ponto-de-partida/o-teste-das-chuvas-vem-ai-goiania-sera-aprovada-219367>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

LOPES, Lis. **Prefeitura substitui rotatórias por jardins para conter chuvas em alguns setores de Goiânia**, Jornal G1 Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/go/goias/viver-cidade/noticia/2019/03/11/prefeitura-substitui-rotatorias-por-jardins-para-conter-chuva-em-alguns-setores-de-goiania.ghtml>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

RODRIGUES, A. A. C.; TERRA, S.S. **Jardim de Chuva: Prática Sustentável para manejo de águas superficiais**, Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Centro Universitário de Goiás – UNI-Anhanguera, Goiânia, 2019.

SANTOS, Jessica. **Jardins de Chuva são implantados para melhorar escoamento de água em Goiânia**, Jornal Mais Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: <<https://www.emaisgoias.com.br/jardins-de-chuva-sao-implantados-para-melhorar-escoamento-da-agua-em-goiania/>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

SOARES, T.S.; ET AL. **Impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada na área urbana do município de Viçosa**, Estado de Minas Gerais. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, Ed. 08, Minas Gerais, 2006.

RIBEIRO, M. E. J. **Infraestrutura Verde: uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares**, FAUUSP, São Paulo, 2010.

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

TECEDOR, N.; BAPTISTA, L.F.S.; FELIPE, M. C.; BARBASSA, A. P. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana Aplicadas no Campus da UFScar,** 5º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos - FATEC, Jaú, 2013.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas,** Estudos Avançado, Vol. 22, São Paulo, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana,** Ciência e Cultura, Ed. 4, São Paulo, 2003.