

GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS: SOLUÇÕES PARA AS INUNDAÇÕES NO SETOR JARDIM AMÉRICA EM GOIÂNIA, COM FOCO NA REGIÃO DA RUA C-107

Caíque Estevão De Abreu
Thiago Vinícius Ferreira Matias
Regina de Amorim Romancheli

Resumo: A urbanização acelerada em Goiânia, especialmente no Bairro Jardim América, resultou em uma significativa impermeabilização do solo, causando frequentes inundações e comprometendo a gestão das águas pluviais. Este estudo teve como objetivo analisar o escoamento de águas pluviais na Rua C-107, identificando as causas das inundações e propondo soluções efetivas. Utilizando um levantamento de campo e análise do sistema de drenagem, que inclui bocas de lobo tipo chapéu e grelha, constatou-se que 92,53% da área é impermeável, contribuindo com uma vazão de 1,96 m³/s. As bocas de lobo apresentaram alta taxa de obstrução (42,22%), o que impactou negativamente na eficiência do sistema. Calculou-se a capacidade de engolimento dos dispositivos, que totalizou apenas 2,05 m³/s, superior à vazão de contribuição, mas insuficiente para lidar com as intensas chuvas. Os resultados evidenciam que a obstrução e as más condições das bocas de lobo comprometem o escoamento, enquanto as que estavam em melhores condições apresentaram maior eficiência. As análises revelam a necessidade de intervenções para melhorar o sistema de microdrenagem e reduzir os impactos das enchentes. Este trabalho destaca a importância de um planejamento urbano que considere o ciclo hidrológico, visando a implementação de soluções de absorção e retenção de águas pluviais para mitigar os problemas de inundação e garantir a segurança da população.

Palavras-chaves: Microdrenagem, Bocas de lobo, Vazão

CHALLENGES OF RAINWATER MANAGEMENT IN URBANIZED AREAS: A CASE STUDY OF RUA C-107 IN JARDIM AMÉRICA, GOIÂNIA

Abstract: Rapid urbanization in Goiânia, particularly in the Jardim América neighborhood, has led to significant soil impermeabilization, causing frequent flooding and compromising stormwater management. This study aimed to analyze stormwater runoff on Rua C-107, identifying the causes of flooding and proposing effective solutions. Using field surveys and drainage system analysis, which included catch basins of the hat and grill types, it was found that 92.53% of the area is impervious, contributing a runoff of 1.96 m³/s. The catch basins showed a high obstruction rate (42.22%), negatively impacting system efficiency. The total capacity of the devices was calculated at 2.05 m³/s, which exceeded the contribution runoff but was insufficient to handle intense rainfall. Results indicate that obstruction and poor conditions of the catch basins compromise runoff, while those in better condition demonstrated higher efficiency. The analyses reveal the need for interventions to improve the microdrainage system and reduce flood impacts. This work highlights the importance of urban planning that considers the hydrological cycle, aiming to implement absorption and retention solutions for stormwater to mitigate flooding issues and ensure public safety.

Kewwords: Microdrainage, Drains, Flow

INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e a expansão das áreas urbanas ao longo das últimas décadas têm levado a um aumento significativo na impermeabilização do solo e à supressão da vegetação. Isso tem causado sérios problemas, como enchentes que resultam em prejuízos materiais e até mesmo mortes. As atividades antrópicas, como a impermeabilização do solo, alteraram significativamente os padrões naturais de escoamento das águas pluviais.

A falta de planejamento, gestão eficiente e controle municipal são apontados como fatores cruciais para o desenvolvimento desses problemas, reforçando a importância da

execução efetiva das legislações nos âmbitos municipal e estadual. Dessa forma, compreender a história e o conceito das cheias urbanas torna-se fundamental para lidar com os desafios crescentes associados à rápida urbanização e suas ramificações ambientais (MOTA, 2003).

Para lidar com essa questão, surge a necessidade de implementar soluções eficazes no que se refere ao escoamento das águas pluviais nas áreas urbanas. A expansão acelerada da população urbana global tem sido notável, especialmente em países em desenvolvimento, como os da América Latina, onde o processo de urbanização se tornou altamente concentrado e expressivo. Esse fenômeno é evidenciado pelo Censo 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que revela que 81,23% da população brasileira reside em áreas urbanas (BOLLMANN, 2003).

Em Goiânia, a situação não é diferente, há regiões que apresentam inundações históricas e que demandam de soluções efetivas advindas da engenharia. Esta pesquisa buscou analisar a situação do Bairro Jardim América no município de Goiânia, uma região densamente urbanizada e com uma alta taxa de impermeabilização que possui históricos recorrentes de inundações e transbordos dos córregos. A região escolhida como objeto de estudo é a da Rua C-107. A hipótese é que há um escoamento de água pluvial acima da capacidade de suporte do sistema implantado, o que demandaria soluções adicionais de absorção/retenção deste déficit, cujas informações foram obtidas com um levantamento de campo, uma investigação do sistema de drenagem implantado no local e cálculos de contribuição, foi possível analisar as causas das inundações e propor soluções, sendo esses os principais objetivos deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada em uma área de 6419,84 m², que se localiza no setor Jardim América, na rua C-159, Goiânia-GO. Através do Software Google Earth foi realizado o georreferenciamento da área de estudo, com a análise geoespacial de localização, declividade, áreas permeáveis e impermeáveis a partir da coordenada 16° 42' 67'' S e 49° 17' 08'' O, apresentado na Figura 1.

Figura 1. Área da Bacia de Contribuição da área de estudo



Fonte: Google Earth, 2024

Sabe-se que independente da situação atual e dos dispositivos implantados atualmente, a área sofre com o acúmulo de água de chuva na pista, indicando uma microdrenagem ineficiente, que pode ser ocasionada pela insuficiência ou ausência de implantação de dispositivos de microdrenagem ou a sua funcionalidade parcial. Para entender o contexto para a área foram realizados levantamentos geoespaciais e de campo, de forma a obter informações que pudessem balizar cálculos para identificação de déficit ou superavit na capacidade de drenagem da região. Para tanto, foi realizado um levantamento histórico para verificação da evolução da permeabilidade da área, quando a implantação dos dispositivos de microdrenagem e a realidade de agora, em 2024, para isso foram utilizadas informações do software google Earth e realizado um levantamento de campo no dia 15/09/2024, no qual foi possível registrar a situação atual dos dispositivos, expressos aqui por meio de um relatório fotográfico, por meio do uso do aplicativo Timestamp.

2. CÁLCULO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO E DE ENGOLIMENTO

De posse das informações reais da área, foi realizado o cálculo da vazão de contribuição e da capacidade de engolimento dos dispositivos existentes, de forma a perceber o déficit de escoamento que pode estar colaborando para o acúmulo de água na região. Para tanto foram realizados os seguintes passos:

2.1 Cálculo da vazão de contribuição

Para verificar se as bocas de lobo (ou bueiros) da área estudada são suficientes para o escoamento do fluxo de água, foi realizado os seguintes passos e cálculos:

2.1.1 Calcular a vazão de escoamento superficial (Q)

O primeiro passo é calcular a vazão de escoamento superficial que as bocas de lobo precisam captar. Isso é feito usando a equação racional (ALMEIDA, 2017).

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Onde:

Q = Vazão de escoamento (m³/s),

C = Coeficiente de escoamento superficial (adimensional, varia de 0 a 1 dependendo do tipo de superfície – ex.: 0,9 para áreas pavimentadas),

I = Intensidade da chuva (mm/h), calculada com base nas curvas IDF,

A = Área da bacia de contribuição (m²).

Para uma microdrenagem com área menor que 1.000.000,00m² (um milhão de metros quadrados), o período de retorno a ser utilizado como parâmetro de projeto, deverá adotar a Tabela 1, a seguinte:

PERÍODO DE RETORNO (T) PARA TIPO DE ESTRUTURA PLUVIAL	
TIPO DE ESTRUTURA PLUVIAL	T (anos)
Galerias	2
Bueiros	10
Pontes	25
Canal Pluvial	10
Vertedouro/Extravasor	10

Tabela 1. Indicação do tempo de retorno

Fonte: (Lei Nº 9.511 ,2014)

O primeiro passo a ser realizado é achar a intensidade da chuva através do cálculo baseado nas curvas IDF: O método mais comum para o cálculo da intensidade de chuva é a fórmula de intensidade-duração-frequência (IDF), que relaciona a intensidade da chuva (I) com a duração do evento (t) e o período de retorno (T), ou seja, a frequência esperada de ocorrência de uma chuva de determinada magnitude.

A equação é dada por:

$$I = C/(t+b)^n, \text{ (VIEIRA,1994)}$$

Onde:

I: é a intensidade da chuva em mm/h para uma duração t (em minutos) e um período de retorno T (em anos).

C, b e n são coeficientes específicos para cada localidade, obtidos de estudos meteorológicos regionais.

a) Determinando o período T:

O período de retorno (T) indica a frequência de ocorrência da chuva considerada para o dimensionamento. Por exemplo, uma chuva com período de retorno de 5 anos ocorre, em média, uma vez a cada 5 anos. Para sistemas de drenagem urbana, como bocas de lobo, são comumente utilizados períodos de retorno entre 2 e 10 anos, dependendo da importância da área e das normas locais (VIEIRA,1994).

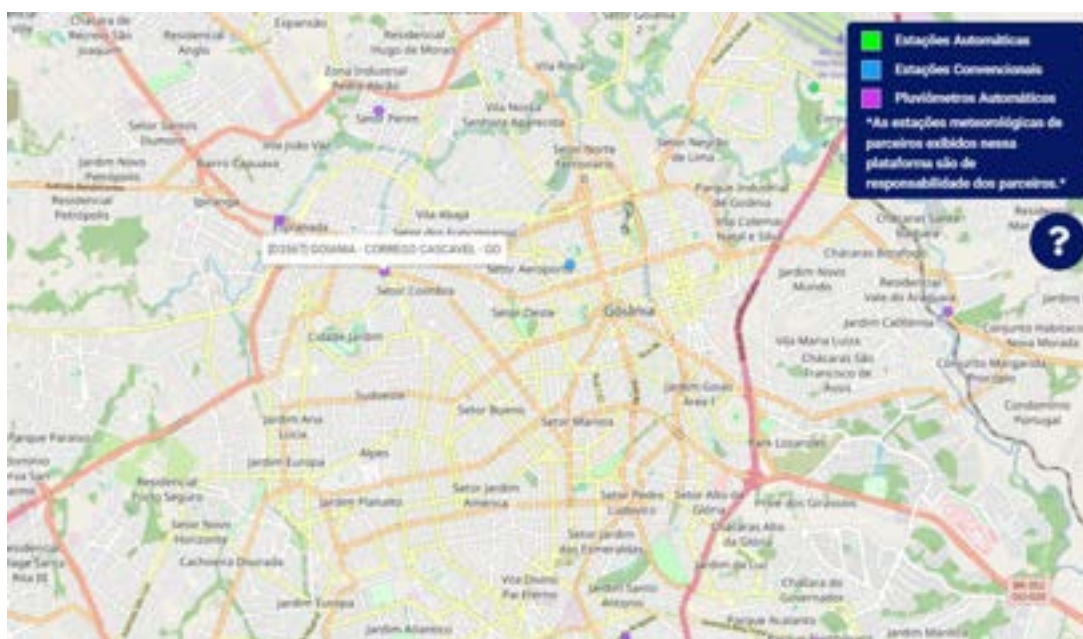
b) Escolha da Duração da Chuva (t)

Segundo Vieira (1994), a duração da chuva influencia diretamente a intensidade da precipitação. Eventos curtos tendem a ter maior intensidade, enquanto chuvas mais longas têm intensidade menor. A duração considerada para o cálculo deve ser coerente com o tempo de concentração da bacia hidrográfica que alimenta a boca de lobo.

O tempo de concentração é o tempo necessário para que a água escoe de todas as partes da bacia até o ponto de análise (a boca de lobo, neste caso). Pode ser calculado por fórmulas empíricas ou obtido de estudos locais.

Por meio do Mapa de estações disponíveis no site portal.inmet.gov.br foi encontrado o pluviômetro mais próximo da área de estudo, que no caso seria do setor Coimbra, como consta na imagem abaixo da Figura 2:

Figura 3. Mapa de estações meteorológicas do INMET (2024)



Fonte: INMET, 2024

Continuando no site portal.inmet.gov.br, foi encontrado as maiores precipitações dos últimos 10 anos na região de Goiânia através do Banco de dados Meteorológicos.

Tabela 2. Dados de precipitação obtidos no INMET (2024)

Anos	Precipitação
2013	60,4
2014	36,6
2015	29,8
2016	32,4
2017	36,2
2018	45,4
2019	51,4
2020	38
2021	67,4
2022	51,4
2023	59

Fonte: INMET, 2024.

Figura 4. Curva de IDF



Fonte: INMET, 2024

No ano de 2021 ocorreu a maior precipitação, que foi de 67,4 mm/h no ano.

c) Definição do Coeficiente de Escoamento (C)

O coeficiente depende do tipo de cobertura do solo. Para Goiânia, conforme diretrizes de Azevedo Neto (1996), usa-se:

- **Asfalto / áreas pavimentadas:** 0,80 a 0,95
- **Áreas residenciais (urbanizadas):** 0,50 a 0,70
- **Áreas verdes ou permeáveis:** 0,10 a 0,30

Para essa análise será adotada 0,9

2.2 Cálculo da capacidade de engolimento dos dispositivos existentes

2.2.1 Cálculo a capacidade de escoamento das bocas de lobo

Foi determinado a capacidade de escoamento das bocas de lobo, o que depende do modelo e do tamanho das bocas de lobo. Assim será realizado o cálculo para cada geometria separadamente. A fórmula básica para isso, apresentada por NETTO (2015) é:

Onde:

Q_b = Vazão máxima que a boca de lobo consegue captar (m^3/s),

C_b = Coeficiente de captura da boca de lobo (depende do tipo e da inclinação),

L = Comprimento da boca de lobo (m),

H = Altura da lâmina d'água no ponto de entrada (m).

a) Fórmula Geral para Escoamento por Boca de Lobo Trapezoidal:

$$Q = C_d \cdot H \cdot B_m \cdot H^{3/2}$$

NETTO (2015)

54

Onde:

Q = Vazão de escoamento (m^3/s)

C_d = Coeficiente de descarga (0,6 a 0,7 para bocas de lobo), a depender da funcionalidade do sistema

B_m = Largura média da boca trapezoidal (m)

H = Altura da lâmina d'água na entrada (m)

Para uma abertura trapezoidal, a **largura média** é dada por:

$$B_m = B_1 + B_2/2$$

NETTO (2015)

b) Fórmula Básica para Capacidade de Escoamento de Grelha

Se o fluxo na grelha for predominantemente de entrada por vertedouro (superfície), podemos utilizar uma fórmula simplificada para a vazão máxima:

$$Q = C_d \cdot A_o \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

NETTO (2015)

Onde:

Q = Vazão máxima de entrada na grelha (m^3/s)

C_d = Coeficiente de descarga (entre 0,6 e 0,9 para grelhas, dependendo da obstrução)

A_o = Área aberta da grelha (m^2)

g = Aceleração da gravidade ($9,81 m/s^2$)

h = Altura da lâmina d'água sobre a grelha (m)

A área aberta é a soma das aberturas por onde a água pode escoar. Ela é dada por:

$$A_o = n \cdot (L \cdot B)$$

NETTO (2015)

Onde:

n = Número de aberturas na grelha

L = Largura de cada abertura (m)

B = Comprimento de cada abertura (m)

Coefficiente de Descarga (Cd)

Grelhas pouco obstruídas: **Cd** $\approx$ 0,9

Grelhas parcialmente obstruídas: **Cd** $\approx$ 0,7

Grelhas muito obstruídas: **Cd** $\approx$ 0,6

c) Fórmula Básica para Capacidade de Escoamento de Boca de Lobo Retangular

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

NETTO (2015)

Onde:

Q = Vazão máxima de entrada na grelha (m³/s)

Cd = Coeficiente de descarga (entre 0,6 e 0,9 para boca de lobo, dependendo da obstrução)

A = Área aberta da boca de lobo (m²)

g = Aceleração da gravidade (9,81 m/s²)

h = Altura da lâmina d'água sobre a grelha (m)

Após calcular a déficit ou superavit da vazão dos dispositivos em relação a vazão de contribuição da pista, foi realizado uma análise em relação a necessidade de implantação de dispositivos adicionais, como a bacia de retenção, e caso necessário, indicado o local adequado para a execução da técnica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. CICLO HIDROLÓGICO.

O ciclo hidrológico, essencial para a manutenção do equilíbrio hídrico na Terra, representa a dinâmica complexa das águas em um ciclo fechado. No entanto, sua compreensão vai além de uma simples sequência de processos, sendo caracterizado por diversas fases que delineiam os caminhos nos quais a água circula na natureza (LOPES, 2007).

Ao se explorar o ciclo hidrológico, é possível discernir duas partes fundamentais: o ramo aéreo, investigado pela Meteorologia, e o ramo terrestre, objeto de estudo da Hidrologia. Este ciclo abrange a presença da água em seus três estados físicos - sólido, líquido e gasoso - distribuída em vários locais, como superfície, subsuperfície, atmosfera e biosfera, transitando constantemente entre esses estados e localidades (MENDONÇA, 2007).

O entendimento aprofundado do ciclo da água envolve a consideração de processos hidrológicos complexos, tais como evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial e subsuperficial. Inclui-se também o escoamento subsuperficial como parte integrante desse intrincado sistema (LIMA, 2008).

Impulsionado pela energia solar, o ciclo hidrológico é influenciado por forças como a gravidade e a rotação terrestre. A energia solar aquece as massas de água e a terra, desencadeando a transição da água do estado líquido na superfície para o estado gasoso na atmosfera, seja por evaporação direta ou através do processo de evapotranspiração, resultante da transpiração dos seres vivos (PINTO, 2008).

A ascensão do vapor d'água na atmosfera culmina em sua condensação, formando nuvens devido à diminuição da temperatura abaixo do ponto de saturação. Este ciclo se completa com a precipitação, manifestada por chuva, neve, granizo ou orvalho. Durante esse processo, parte da água evaporada imediatamente, contribuindo para a complexidade do ciclo hidrológico (AYOADE, 2010).

Antes de atingir a superfície, parte da água pode ser retida pela vegetação, sofrendo interceptação e, posteriormente, podendo evaporar-se ou atingir o solo através do escoamento do tronco ou queda das copas das árvores. Quando atinge a superfície, parte da água se infiltra, alimentando lençóis freáticos e aquíferos por meio de processos como percolação e escoamento subsuperficial. Outra porção flui sobre a superfície, integrando-se à rede de drenagem (MARTINS, 2008).

É fundamental destacar a distinção entre rios efêmeros, abastecidos exclusivamente pelo escoamento superficial vinculado à ocorrência de chuvas, e rios perenes ou intermitentes, que recebem águas superficiais e subsuperficiais. Estes últimos mantêm um escoamento contínuo ao longo do ano ou interrompido durante períodos de estiagem, caracterizados pela redução do lençol freático e a ausência de chuvas. Essas nuances do ciclo hidrológico são essenciais para compreender a dinâmica natural da água e formular estratégias eficazes de controle e gestão desse recurso vital (SILVA, 2006).

2. IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NAS CHEIAS URBANAS

A influência significativa do homem sobre o meio ambiente não se restringe apenas ao âmbito local, mas abrange todo o país, sendo uma das consequências marcantes da urbanização desenfreada. Este crescimento urbano descontrolado resulta em modificações profundas no meio ambiente, afetando diretamente cursos hídricos, ciclos hidrológicos, variações climáticas, e contribuindo para o aumento das cheias naturais dos rios e córregos, bem como impactando negativamente o solo devido a usos e ocupações inadequadas (BARROS, 2005).

As inundações em centros urbanos são um desafio crítico no Brasil, onde 84% da população reside em áreas urbanas. O aumento populacional exerce uma pressão significativa sobre a infraestrutura das cidades, destacando-se os problemas de drenagem durante o período chuvoso, que podem ter consequências desastrosas (IBGE, 2010).

Historicamente, a Europa seguia o conceito de drenagem natural, mantendo águas pluviais e esgoto sanitário separados para reduzir o risco de contaminação. No entanto, no século XX, o governo brasileiro adotou a construção de galerias e canais de drenagem como solução, devido às implicações políticas e ao desejo de desenvolvimento urbano (RIGHETTO, 2009).

A partir da década de 70, o enfoque mudou para a hidrologia urbana, considerando não apenas o escoamento para jusante, mas também a proteção do meio ambiente e do espaço urbano. Isso se deu após problemas significativos causados pelo crescimento urbano desordenado, onde o saneamento básico era frequentemente implementado somente após riscos à saúde pública se tornarem evidentes. (TUCCI, 2003).

O desenvolvimento desordenado nas cidades brasileiras resulta em diversos impactos, incluindo inundações e degradação da qualidade das águas pluviais. Esses problemas refletem

a falta de planejamento, controle insuficiente do uso do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados. (DOS SANTOS, 2012)

Para lidar com esses desafios, é fundamental classificar os sistemas de drenagem de acordo com sua zona de aplicação. A drenagem na fonte coleta o escoamento em terrenos específicos, como estacionamentos e parques. A micro drenagem atua em nível de loteamento ou rede primária urbana, por meio de condutos ou canais. A macrodrenagem, por sua vez, engloba coletores de diversos sistemas de micro drenagem (ABREU, 2018).

3. MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA ENCHENTES

O enfrentamento das cheias urbanas demanda a implementação de medidas classificadas em duas categorias distintas: as não estruturais e as estruturais. No âmbito das medidas não estruturais, destaca-se o emprego de mecanismos legais, a prevenção por meio de alertas, o estabelecimento de seguros e a capacitação da população e de profissionais. Essas iniciativas têm como propósito a prevenção e a adaptação às inundações (TUCCI, 2012).

Por outro lado, as medidas estruturais envolvem a construção de obras que visam evitar as inundações, como diques, barragens e canalizações. Contudo, é crucial salientar que essas medidas demandam investimentos significativos e, em muitos casos, não se mostram viáveis economicamente. Nas áreas ribeirinhas, por exemplo, os custos associados a medidas estruturais são notavelmente elevados, o que torna as medidas não estruturais a opção mais comum e acessível (CANHOLI, 2015).

No contexto específico da drenagem urbana, observam-se dois cenários fundamentais. Para áreas ainda não construídas, predominam as medidas não estruturais, que se baseiam em instrumentos legais, fiscalização, controle e mecanismos de incentivos econômicos. Já nas áreas já edificadas, as medidas estruturais ganham destaque, priorizando o amortecimento do escoamento na fonte ou por meio de macrodrenagem (CANHOLI, 2015).

Uma abordagem sustentável no controle de cheias urbanas focaliza a retenção do escoamento na fonte, seja no loteamento ou na macrodrenagem, através de práticas como a infiltração ou armazenamento. Essa estratégia busca evitar a transferência dos impactos para jusante. Para implementação eficaz dessas medidas, é imperativo contar com legislações municipais que regulamentem o aumento do escoamento, prática adotada por países desenvolvidos desde os anos 1970 (TUCCI, 2012).

A história das medidas de controle de cheias urbanas revela uma evolução na compreensão e abordagem do problema, transitando de soluções estritamente estruturais para

uma abordagem mais integrada, combinando medidas estruturais e não estruturais, em busca de uma gestão sustentável e eficaz diante dos desafios das inundações urbanas (TUCCI, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. DESCRITIVO DA ÁREA DE ESTUDADA

A área estudada, englobou 125410,58 m² entre as ruas C-137, T-63, são 9 quadras com aproximadamente 252 residências. Pelas imagens do google Earth Pro, estima-se que há 7,47% de área permeável e 92,53% de área impermeável.

Figura 5. Área da Bacia de Contribuição da área de estudo



Fonte: Google Earth, 2024

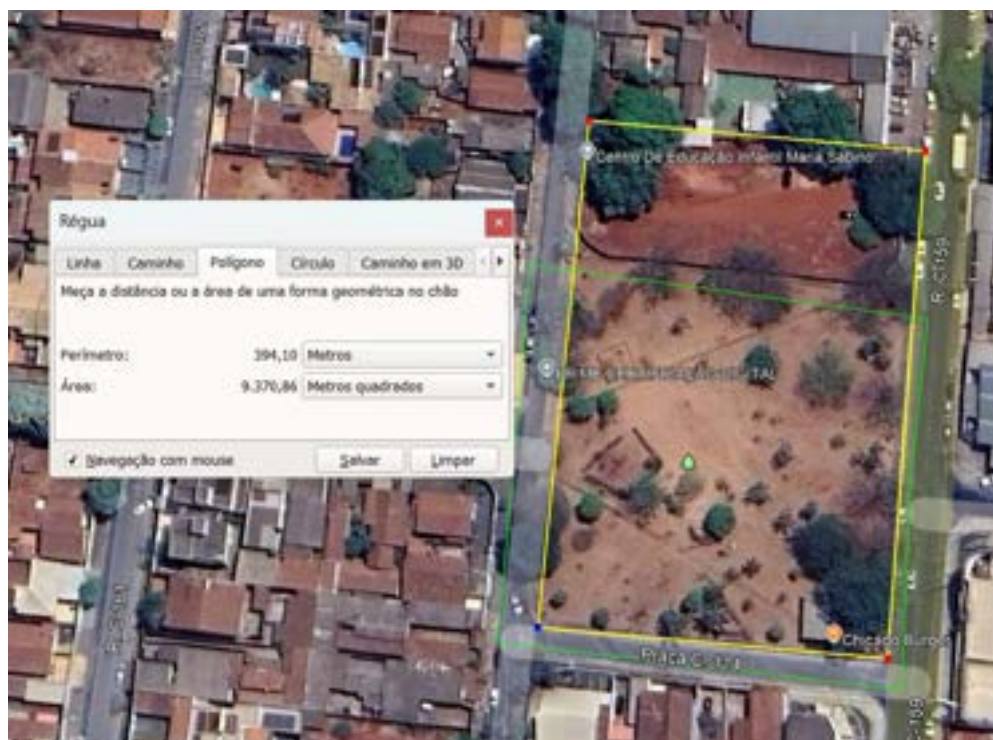
Uma análise histórica entre 2005 e 2024, indica um aumento da densidade demográfica da área, porém de forma bastante tênue, já que em 2005 quase todos os lotes já estavam ocupados. A única área permeável que se manteve ao longo do tempo, está indicada na Figura 5 e 6.

Figura 6. Indicação da área permeável mantida desde 2005



Fonte: Google Earth, 2005

Figura 7. Área permeável da Bacia de Contribuição da área de estudo



Fonte: Google Earth, 2024

2. EVIDÊNCIAS DE CAMPO

No levantamento de campo realizado em Goiânia, no setor Jardim América, foram identificados 16 pontos de existência de boca de lobo. Verificando a funcionalidade do sistema, observou-se que no local de estudo existe um sistema de drenagem pluvial, constituída por sistema de meio fio, sarjeta e boca de lobo, direcionando o fluxo da pista, para o Córrego Cascavel, por meio de sistema de microdrenagem convencional. Na rota de levantamento, observou-se que as bocas de lobo estavam posicionadas nas Ruas C-137 e T-63, não havendo dispositivos na área interna da bacia de contribuição estudada. Os pontos amostrados estão representados na Figura 7.

Figura 8. Posição das bocas de lobo na região estudada



Fonte: Google Earth Pro, 2024

Observou-se também pela ferramenta do Google Earth Pro, pela elevação dos pontos, que os dispositivos atendem a inclinação do terreno, estando adequadamente posicionadas em relação a topografia, conforme pode ser visualizado na figura 8, sendo a declividade direcionada para o Córrego Cascavel, em uma inclinação média de 4,2%, e sentido sudeste-noroeste.

Figura 9. Inclinação da região, objeto de estudo



Fonte: Google Earth Pro, 2024

Quanto a funcionalidade foi observada que dos 16 pontos de existência, existem 46 bocas de lobo funcionando, estando algumas delas, conjugadas. Destas 42,22% estão obstruídas e 4,44% inadequadas pela falta de manutenção. O detalhamento das observações de campo está na tabela 3. São 45 bocas de lobo do tipo chapéu e 1 do tipo grelha

Tabela 3. Discrição dos pontos do sistema de drenagem (2024)

Ponto	Coordenada	Sistema de drenagem	Estado de Conservação/Implantação
01	682244 e 8151282	Sistema conjugado com 4 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente afogado	Está limpa, sem a presença de detritos grandes e em cima da primeira boca de lobo há presença de vegetação e folhas, está em ótimo estado de conservação
02	682035 e 8150927	Sistema conjugado com 2 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente afogado	Não há presença de vegetação ao redor da boca de lobo, o tampão de concreto na primeira boca de lobo está mau nivelada, notamos que não tem folhas e galhos ao redor
03	682085 e 8150935	Sistema conjugado com 2 bocas de lobo do tipo chapéu	Está em ótimo estado, os tampões de concreto estão bem nivelados e com o recapeamento do asfalto aumentou a altura do asfalto dificultando a vazão da água na última boca de lobo, não há presença de galhos e folhas

Ponto	Coordenada	Sistema de drenagem	Estado de Conservação/Implantação
04	682250 e 8150963	Sistema conjugado com 2 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente aberta	Não há presença de vegetação próxima a boca de lobo os tampões de concreto estão bem nivelados, mas dentro das bocas de lobos notamos muitos detritos
05	682218 e 8150953	Sistema conjugado com 2 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente afogada	As bocas de lobo tipo chapéu não está niveladas, os tampões de concreto estão em ótimo estado e não há presença de vegetação, folhas e galhos
06	682159 e 8150943	Sistema conjugado com 2 bocas de lobo uma do tipo chapéu e a outra com tela	Há presença de muitos detritos, materiais recicláveis, folhas e galhos, os tampões de concreto e as bocas de lobo estão bem niveladas
07	682136 e 8150940	Sistema conjugado com 2 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente afogada	Pelo recapeamento do asfalto aumentou o asfalto, fazendo com que dificulta o escoamento da água, os tampões de concreto estão bem colocados e nivelados não há presença de vegetação no local
08	681871 e 8151219	Sistema conjugado com 3 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente afogada	Foi reajustado o asfalto e com o aumento do asfalto está dificultando o escoamento da água, a primeira boca de lobo do tipo chapéu está mal nivelada e o tampão de concreto também está mal nivelada, não há presença de vegetação e detritos no local
09	681878 e 8151211	Sistema conjugado com 4 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente aberta	Todas as bocas de lobo do tipo chapéu e os tampões de concreto estão bem colocados e nivelados, não há presença de vegetação, folhas e galhos, está em ótimo estado de conservação
10	681968 e 8151237	Sistema conjugado com 3 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente aberta	Observamos que todas as bocas de lobo tipo chapéu e a parte superior dos tampões de concreto estão bem colocadas e niveladas, não há presença de detritos grandes e vegetação
11	681975 e 8151236	Sistema conjugado com 4 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente afogada	Pelo recapeamento do asfalto aumentou a espessura do asfalto, fazendo com que obstruiu o escoamento da água, há presença de vegetação dentro da boca de lobo os tampões de concreto estão bem nivelados e não há presença de grandes detritos
12	682054 e 8151256	Sistema conjugado com 3 bocas de lobo do tipo chapéu parcialmente aberta	Tanto as bocas de lobo tipo chapéu como os tampões de concreto estão bem niveladas, mas há presença de urbanização e vegetação no local
13	682060 e 8151256	Sistema conjugado com 4 bocas de lobo do tipo chapéu com	As bocas de lobo tipo chapéu com tela de ferro e os tampões de concreto estão bem

Ponto	Coordenada	Sistema de drenagem	Estado de Conservação/Implantação
		tela de ferro parcialmente aberta	niveladas, mas há presença de urbanização e vegetação e detritos pequenos
14	682146 e 8151264	Sistema conjugado com 3 bocas de lobo do tipo retangular parcialmente aberta	Há detritos e vegetação dentro das bocas de lobo, estão bem niveladas as bocas de lobo, tanto na parte superior e inferior
15	682152 e 8151271	Sistema conjugado com 4 bocas de lobo do tipo retangular parcialmente aberta	Há presença de vegetação, as bocas de lobo e os tampões de concreto estão bem niveladas, está em ótimo estado de conservação, apresenta detritos pequenos
16	682235 e 8151282	Boca de lobo com grelha parcialmente afogada	Não há presença de detritos, vegetação, folhas e galhos, está bem nivelada e conservada e não há urbanização próxima

Fonte: Timestamp, 2024

De forma a ilustrar as informações de campo, demonstra-se por meio do relatório fotográfico que as obstruções em sua maior parte são devido a imperfeições no pavimento, ou acúmulo de resíduo nas caixas coletoras, impedindo parcialmente o fluxo de água pelo sistema, como pode ser observado nas figuras 09 a 24.

Figura 10 e Figura 11. Ponto 1 e 2 respectivamente, indicando sistema conjugado com obstrução da entrada



Figura 12 e Figura 13. Pontos 3 e 4 com sistemas conjugados, do tipo chapéu



Figura 14 e Figura 15. Identificação de obstrução por resíduos, pontos 5 e 6 respectivamente



Figura 16 e Figura 17. Pontos 7 e 8 demonstrando a obstrução parcial da entrada da água e ressalto da soleira



Figura 18 e Figura 19. Presença de resíduos e obstruções de entrada da água nos pontos 9 e 10



Figura 20 e Figura 21. Pontos 11 e 12 com repetição do problema de obstrução de entrada, porém com posicionamento adequado



Figura 22 e Figura 23. Presença de resíduos e vegetação saindo das bocas de lobo, o que indica obstrução dos canais por excesso de sedimentos nos pontos 13 e 14



Figura 24 e Figura 25. Boas de lobo bem-posicionadas, com tampas adequadas e uso de bocas tipo grelha em pontos de maior demanda de engolimento, nos pontos 15 e 16



A região de estudo possui atendimento com o sistema de drenagem urbana com sarjetas, meio fio e bocas de lobo, porém evidencia-se que há ainda áreas de inundações na região, assim, para se verificar se o dimensionamento do sistema está compatível com a vazão de projeto, serão realizados os cálculos da vazão de contribuição, de forma a verificar o volume de água escoado na região e posteriormente, a capacidade de engolimento do sistema implantado, para que seja verificado o excedente hídrico que por ventura seja ocorrente na região e propostas soluções.

Foram realizados os procedimentos metodológicos para os cálculos da vazão de contribuição, utilizando as referências já citadas. Foi determinado a área que contribui com o escoamento, somando 0,116 km² (116.039,68 m² = 11,6 ha). Foi considerada a área como sendo 92,53% impermeável já que a área sem cobertura ou pavimentação representa apenas 7,47 % do total e ainda se encontra com o solo compactado. Calculando a vazão de contribuição tem-se que a área objeto de estudo, contribui com 1,96 m³/s.

$$Q = I \cdot C \cdot A$$

$$Q = 67,4 \cdot 0,9 \cdot 116.039,68 / (60 \cdot 60)$$

$$Q = 1,96 \text{ m}^3/\text{s}$$

Com os dados de vazão o próximo passo é verificar se o sistema dimensionado para o local está compatível.

Conforme observado no levantamento de campo, as bocas de lobo trapezoidal, quase sempre apresentava algum tipo de redução da capacidade de engolimento, quer seja pela obstrução da entrada e resalto da soleira provocada pelos recapeamentos da pista, ou ainda pela verificação do crescimento de vegetação dentro do dispositivo, o que indica depósito de

sedimentos e obstruções do sistema de coleta, por esse motivo nas bocas de lobo dos pontos: 11, 09, 07, 05, 02,01 coeficiente de descarga fora considerado de 0,5.

Sendo 21 bocas de lobo encontradas nessa situação, tem-se que esses dispositivos tem capacidade de engolimento de 0,0393 m³/s. As bocas de lobo dos pontos 13, 12, 10, 6, 4 e 3 estavam em melhores condições, o que resultou em um coeficiente de escoamento maior, garantindo uma melhor eficiência na captação das águas pluviais. Nesse caso foi adotado o valor de Coeficiente de descarga (C_d) = 0,75

$$Q = C_d \cdot H \cdot B_m \cdot H^{3/2}$$

$$Q = 0,75 \cdot 0,12 \cdot 0,75 \cdot (0,12)^{3/2}$$

$$Q = 2,81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Sendo 17 bocas de lobo encontradas nessa situação, tem-se que esses dispositivos tem capacidade de engolimento de 0,0477 m³/s. Somando-se a capacidade de engolimento das bocas de lobos trapezoidais nas duas situações se chegara na capacidade total

$$Q \text{ total trapezoidal} = 0,0477 \text{ m}^3/\text{s} + 0,0393 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ total trapezoidal} = 0,087 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para as bocas de lobo do tipo grelha, observou-se uma pequena obstrução, e aqui foi atribuído uma capacidade de engolimento de 90% entendendo que as tubulações normalmente apresentam algum entupimento que reduz a eficiência do dispositivo, representado no coeficiente de descarga.

- **Grelha** com 16 aberturas de **5 cm x 20 cm** (0,05 m x 0,2 m).
- **Coeficiente de descarga (C_d):** 0,9
- **Lâmina d'água (h):** 0,12 m (adotada)

$$A_o = n \cdot (L \cdot B)$$

$$A_o = 16 \cdot (0,05 \cdot 0,2) = 0,16 \text{ m}^2$$

$$Q = C_d \cdot A_o \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$Q = 0,9 \cdot 0,16 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,12}$$

$$Q = 0,240 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sendo apenas um dispositivo deste tipo, tem-se que a capacidade de engolimento é de 0,240 m³/s.

Na boca de lobo retangular tem-se que: $Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

$$Q = 0,7 \cdot 0,2295 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,12}$$

$$Q = 0,2463 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,2463 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 7 \text{ (Quantidades de bocas de lobo)}$$

$$Q = 1,7246 \text{ m}^3/\text{s}$$

Depois de calcular a vazão de escoamento (Q) e a capacidade de cada boca de lobo (Qb), foi realizada a verificação do atendimento à capacidade de suporte, onde: Vazão excedente = Vazão de projeto – (Vazão de engolimento da boca de lobo tipo chapéu-Vazão de engolimento da boca de lobo tipo grelha-Vazão de engolimento da boca de lobo retangular), procedendo-se os cálculos tem-se que a capacidade de engolimento dos dispositivos somam 2,05 m³/s, enquanto a vazão de contribuição chega a 1,96 m³/s, o que demonstra um superavit de 0,09 m³/s.

Assim, por meio dos cálculos, observa-se que mesmo com o aumento da densidade e impermeabilização da área, observado historicamente, assim como considerando as obstruções para as bocas de lobo com funcionalidade comprometida, o sistema ainda deveria ser capaz de retirar das pistas toda a chuva precipitada, porém isso não é o que ocorre na prática. Observa-se também que o superavit de 0,09 m³/s representa apenas 5% da vazão de contribuição, o que significa que uma pequena alteração dos cálculos aqui executados, com coeficientes de descarga mais conservadores, pode resultar em um déficit hídrico relevante. Soma-se ainda o fato de não ter sido levado em consideração possíveis entupimentos ou obstruções nas tubulações de drenagem e caixas de passagem.

CONCLUSÃO

A análise do sistema de drenagem na região do Bairro Jardim América, em Goiânia, revela um panorama complexo. Embora a área enfrente problemas de alagamentos, os cálculos indicam que o sistema de drenagem possui capacidade para captar a vazão pluvial esperada para um evento de chuva de recorrência de 10 anos, com uma capacidade de engolimento total de

2,05 m³/s, enquanto a vazão de contribuição medida é de 1,96 m³/s, resultando em um superávit de 0,09 m³/s.

Esse superávit sugere que, teoricamente, o sistema deveria ser capaz de evitar alagamentos durante chuvas de intensidade média. No entanto, as inundações observadas podem ser atribuídas a fatores como obstruções nas bocas de lobo, que comprometem a eficiência do sistema, e a inadequação da infraestrutura para lidar com eventos de chuva de maior intensidade ou duração.

Adicionalmente, a alta taxa de impermeabilização do solo na região e a falta de manutenção regular do sistema de drenagem também podem contribuir para a dificuldade em escoar a água de forma eficaz. Portanto, recomenda-se a realização de ações de manutenção e limpeza frequentes, bem como a consideração de melhorias no sistema, como a instalação de dispositivos adicionais de captação ou a reabilitação das áreas permeáveis, para mitigar os problemas de alagamento e garantir que a infraestrutura de drenagem opere de maneira eficiente diante de diferentes cenários climáticos.

REFERÊNCIAS

ABREU, Fernando Girardi de. Quantificação dos prejuízos econômicos à atividade comercial derivados de inundações urbanas. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Características da População. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticasnovportal/sociais/populacao.html>>. Acesso em 10 de junho de 2018.

AYOADE, J.O. Introdução à climatologia para os trópicos. 13.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

Azevedo Netto, J. M. (2015). Manual de hidráulica. 9a ed. São Paulo: Blucher, Brasil, 632 pp.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2015. 2ª Edição, 318 p.

BARROS, M. T. L. De. Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento. In: PHILIPPI JR, A. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.

BICHANÇA, Maria de Fátima et al. Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias secas. 2006.

BOLLMANN, H. A. Relação da densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-química das águas superficiais em micro bacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre –RS.2003. 159 f. Tese (Doutorado) –Instituto de Pesquisas hidráulicas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BOTELHO, R.G.M & SILVA, A.S. (2010) Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed.

CÂMARA MUNICIPAL DE GOIÂNIA. Lei nº 9.511, de 15 de dezembro de 2014, que estabelece regras de controle de águas pluviais e drenagem urbana e dá outras providências. Goiânia, 2014.

CANHOLI, Aluísio. Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de textos, 2015.

CEOLIN, Luísa de Faria Machado. Análise hidráulica-hidrológica da implantação de bacias de retenção e detenção em Vicente Pires. 2019.

COELHO, Lineker Max Goulart. INCORPORAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO EM EQUIPAMENTOS URBANOS COMO MEDIDA COMPENSATÓRIA, ESTUDO DE CASO DA BACIA DO CÓRREGO DO LEITÃO EM BELO HORIZONTE. In: XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos. 2022.

DOS SANTOS, Kesia Rodrigues. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. Élisée-Revista de Geografia da UEG (ISSN 2316-4360), v. 1, n. 01, p. 177-190, 2012.

GRIBBIN, J. E. Introduction to Hydraulics and Hydrology with Applications for Stormwater Management. 3ª. ed. [S.l.]: Thomson Delmar Learning, 2006.

LIMA, W.P. (2008) Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2.ed.

LOPES, E. A.; MENDONÇA, F. Urbanização e recursos hídricos: conflitos socioambientais e desafios à gestão urbana na franja leste da região metropolitana de Curitiba (RMC) -Brasil. In: Seminário Latino Americano de Geografia Física, COIMBRA, 2010.p. 1-14

MARTINS, J.A. Evaporação e transpiração. In: PINTO, N.L.S et al. Hidrologia básica. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

MENDONÇA, F.A. & DANNI-OLIVEIRA, I.M. (2007) Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos.

NAMBA, Jhonathan Yoshiaki et al. ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE BACIA DE DETENÇÃO E TÉCNICAS DE DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO. REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA, v. 15, n. 1, 2023.

PERONI, Carolina Sulzbach Lima. Avaliação de bacias de detenção na gestão de águas pluviais em Araraquara, SP. 2018.

PINTO, N.L.S. Introdução. In: PINTO, N.L.S et al. Hidrologia básica. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

RIGHETTO, A. M. Manual de Águas Pluviais Urbanas. ABES. Rio de Janeiro, 2009.

RIGHETTO, A. M. Manejo de Águas Pluviais. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p. RIO DE JANEIRO. Decreto nº. 23.940, de 30 de janeiro de 2004. Torna obrigatória, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Disponível em:< <https://cm-rio-dejaneiro.jusbrasil.com.br/legislacao/917561/decreto-23940-04>>. Acesso em 27 ago 2016.

SARABIA, F. Ciclo Hidrológico. 2013. Disponível em: Acesso em: 16 out. 2018.

TUCCI, Carlos EM. Gestão da drenagem urbana. 2012.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J.C. Inundações na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 2003.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do impacto da urbanização. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. La L.; BASTOS, M. T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 277-343.

VAREJÃO-SILVA, M.A. (2006) Meteorologia e Climatologia. Versão Digital, Recife. 2.ed.

VIEIRA, D.B.; LOMBARDI NETO, F.; SANTOS, R.P. Análise das máximas intensidades de chuva em Pindorama, SP. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.18, p.255-260, 1994.

VIEIRA, Ivan Luís Sousa. Análise de bacias de retenção. 2014. Tese de Doutorado. Universidade da Madeira (Portugal).

Recebido: 25 de novembro de 2024.

Aceito: 13 de dezembro de 2024.