

ANÁLISE DO USO DE ÁGUAS PLUVIAIS DE MICROBACIA URBANA EM CULTURA AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE ITAPIPOCA/CE

João Vitor dos Santos Sousa¹
Antônio Alisson Pessoa Guimarães²

RESUMO

O crescimento desordenado das cidades, devido a um processo de urbanização acelerado e à falta de um planejamento eficiente, traz potenciais problemas no que diz respeito ao manejo de águas pluviais de centros urbanos. Isto porque obras de desenvolvimento urbano como as de habitação e de pavimentação, principalmente, mudam as propriedades naturais do solo. O município de Itapipoca/CE teve seu crescimento às margens do Riacho das Almas, o qual foi negligenciado em seu trecho urbano, fato que fomentou a construção sem o respeito dos limites de seu leito. O resultado de tais ações antrópicas foi o surgimento de diversos pontos de enchentes na interseção do traçado desse rio com a malha urbana da cidade. Este trabalho analisa o volume gerado em uma microbacia urbana e estuda o seu uso na cultura agrícola da banana, a qual é bastante difundida na cidade. Os resultados são de que o volume captado, levando em consideração um tempo de retorno de 10 anos, a duração de precipitação de 5 minutos e um inverno moderado, pode-se abastecer pouco mais de 3 hectares de terras para a irrigação dessa cultura anualmente.

Palavras-chave: Drenagem urbana, Sustentabilidade, Controle de enchentes.

ABSTRACT

The disorderly growth of cities, due to an accelerated urbanization process and the lack of efficient planning, brings potential problems with regard to the management of rainwater in urban centers. This is because urban development projects, such as housing and paving, mainly, change the natural properties of the soil. The municipality of Itapipoca/CE grew along the banks of the Riacho das Almas, which was neglected in its urban area, a fact that encouraged construction without respecting the limits of its bed. The result of such anthropic actions was

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), jvsousa019@gmail.com.

² Docente do Programa de Pós-graduação, PGEA da UNILAB, alisson@unilab.edu.br.

the emergence of several flood points at the intersection of the course of this river with the urban fabric of the city. This work analyzes the volume generated in an urban microbasin and studies its use in the agricultural cultivation of bananas, which is widespread in the city. The results are that the volume captured, taking into account a return period of 10 years, a rainfall duration of 5 minutes and a moderate winter, can supply just over 3 hectares of land for the irrigation of this crop annually.

Keywords: Urban drainage, Sustainability, Flood control.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, um dos maiores desafios das cidades brasileiras é a gestão de suas águas pluviais, influenciada diretamente pelo histórico de crescimento populacional, junto com o desenvolvimento urbano acelerado e/ou mal planejado. A exemplo, práticas como a construção de avenidas em fundos de vales e a canalização de riachos urbanos, foram propagadas pelo país, e são obras que alteram o ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica de forma inadequada. (Cruz; Tucci, 2008).

O crescimento urbano das cidades brasileiras por muito tempo foi, e ainda é, embasado na impermeabilização massiva de áreas e canalizações artificiais, o que amplia a escassez de água e a baixa eficiência dos sistemas hídricos, contaminações e baixo grau de reaproveitamento de água (Souza; Cruz; Tucci, 2012).

O fato é que, ao passo que a urbanização avançou, trazendo infraestrutura para a população como edificações e rodovias, as condições de permeabilidade do solo e o tempo de concentração das precipitações foram reduzidos, fazendo com que qualquer evento pluviométrico tenha seu volume retido na superfície e convergido para cotas mais baixas. Em outras palavras, as águas das chuvas se encaminham em maior volume e velocidade para a regiões mais baixas. A ocupação de áreas ribeirinhas é irregular, as quais pertencem ao poder público e, naturalmente, são inundadas entre 1,5 e 2 anos (Tucci, 2002).

Localizada a cerca de 133 km da capital cearense e com uma população de 131.123 habitantes (IBGE, 2022), a cidade de Itapipoca teve seu crescimento urbano análogo ao das grandes cidades brasileiras, onde o fenômeno de urbanização ocorreu sem um planejamento urbano eficiente. O aumento da densidade populacional e a alteração do uso do solo, principalmente a negligencia de rios e a canalização de seus afluentes, fizeram com que a bacia

hidrográfica do município perdesse as características naturais, fato que traz uma série transtornos históricos à população nas quadras chuvosas.

Em eventos de maior intensidade pluviométrica, o principal rio da cidade, o Riacho das Almas, responsável natural pela macrodrenagem da principal bacia hidrográfica itapipoquense não possui vazão suficiente para absorver todo o volume precipitado, o que resulta em pontos críticos de enchentes urbanas.

Com a vazão da bacia convergindo para os pontos críticos e o rio, junto com seus afluentes, não dando vazão de engolimento para este volume, as águas pluviais se acumulam nas ruas, calçadas e, em alguns casos, invadindo os lotes urbanos, transtornando a população que, de alguma forma, tem relação com o espaço geográfico ocupado pelo volume da enchente.

Estas enchentes nos pontos críticos da cidade trazem impactos negativos aos residentes, trabalhadores e transeuntes da região afetada. Os residentes que têm suas casas invadidas por enchentes correm o risco de ter móveis e eletrodomésticos danificados, os trabalhadores também sofrem com riscos similares aos dos residentes, e quem por ali trafega está sujeito a sofrer acidentes por conta de a enchente esconder potenciais obstáculos na rua (como buracos, por exemplo). É válido ressaltar também que o contato direto com essas águas pode transmitir doenças de veiculação hídrica, uma vez que a qualidade dessas águas em contato com o solo é de qualidade duvidosa. Ou seja, a problemática deste trabalho tem caráter social e econômico.

As enchentes urbanas têm relação direta com os princípios do Saneamento Básico, o qual pode ser definido, de acordo com a Lei nº 11.445/2007 (Brasil, 2007) como conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Junto a isso, drenagem urbana é um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção, para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final de águas pluviais drenadas em áreas urbanas (Brasil, 2007).

Além disso a Lei 11.445/2007 (Brasil, 2007) tem como alguns de seus princípios fundamentais e que valem destaque nesta obra: a universalização do acesso aos serviços; a integralidade; a disponibilidade em todas as áreas urbanas de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado; a eficiência e sustentabilidade econômica; segurança, qualidade e regularidade; e a integração de infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos. Em suma,

os problemas de drenagem urbana são amparados por lei e devem ser resolvidos, considerando sua relação com o saneamento básico, qualidade de vida e desenvolvimento humano.

Em meio a tal problemática, há técnicas de engenharia que podem ser aplicadas para tentar sanar tais problemas. Os reservatórios ou bacias de retenção podem ser definidos como reservatórios que armazenam as águas de descargas pluviais por curto período, ajudando na redução de vazões de pico. Não reduzem, no geral, o volume de escoamento direto, o que acontece é a redistribuição da vazão em um maior período, formando um volume útil temporário. São utilizados para fins de controle de vazão máxima, de volume e de material sólido (Miguez; Veról; Rezende, 2016).

Já Canholi (2014), define as bacias de retenção como reservatórios de superfície que possuem um lago permanente, chamado de volume morto, com as finalidades recreacional, paisagística e/ou abastecimento, onde o nível d'água se eleva temporariamente durante ou imediatamente depois das cheias. Miguez, Veról e Rezende (2016) ainda destacam que o sistema possui uma eficiência de 70% a 90%, aproximadamente, na remoção de sólidos suspensos.

Diante de todo o contexto, este trabalho tem por objetivo geral analisar o volume gerado em uma microbacia urbana do município para reutilizá-lo em alguma cultura agrícola rurais, ou seja, quantificar um volume que causaria impacto à população urbana e estudar o seu manejo para onde o recurso hídrico faz falta na quadra de estiagem.

Já os objetivos específicos são:

- Delimitar a microbacia hidrográfica;
- Calcular a intensidade pluviométrica e a vazão de enchente;
- Calcular volume de enchente;
- Analisar o uso desse volume em cultura agrícola da cidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão abordados os temas chave para que o leitor tenha um melhor entendimento sobre os conceitos aqui utilizados, os quais são: Ciclo Hidrológico, Bacia Hidrográfica, Precipitação, Vazão de Projeto e Consumo de Água para a Agricultura Irrigada.

2.1 Ciclo Hidrológico

De acordo com Silveira (2015), o Ciclo Hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, fundamentalmente impulsionado pela

energia solar junta com gravidade e movimento de rotação do planeta. Entenda-se que a superfície terrestre abrange os continentes e oceano, e que parte do ciclo é formada pela circulação da água na própria superfície de solos e rochas, nos oceanos e seres vivos.

Junto a isso, a maioria dos fenômenos ocorrem de 8 a 16 km de altitude, na camada mais baixa da atmosfera, a troposfera, espaço onde está alocado cerca de 90% da umidade atmosférica. Na vizinhança superior, a estratosfera possui uma espessura entre 40 e 70 km, e tem a importância de conter a camada de ozônio, reguladora da radiação solar que atinge a superfície terrestre (continentes ou oceanos) (Silveira, 2015).

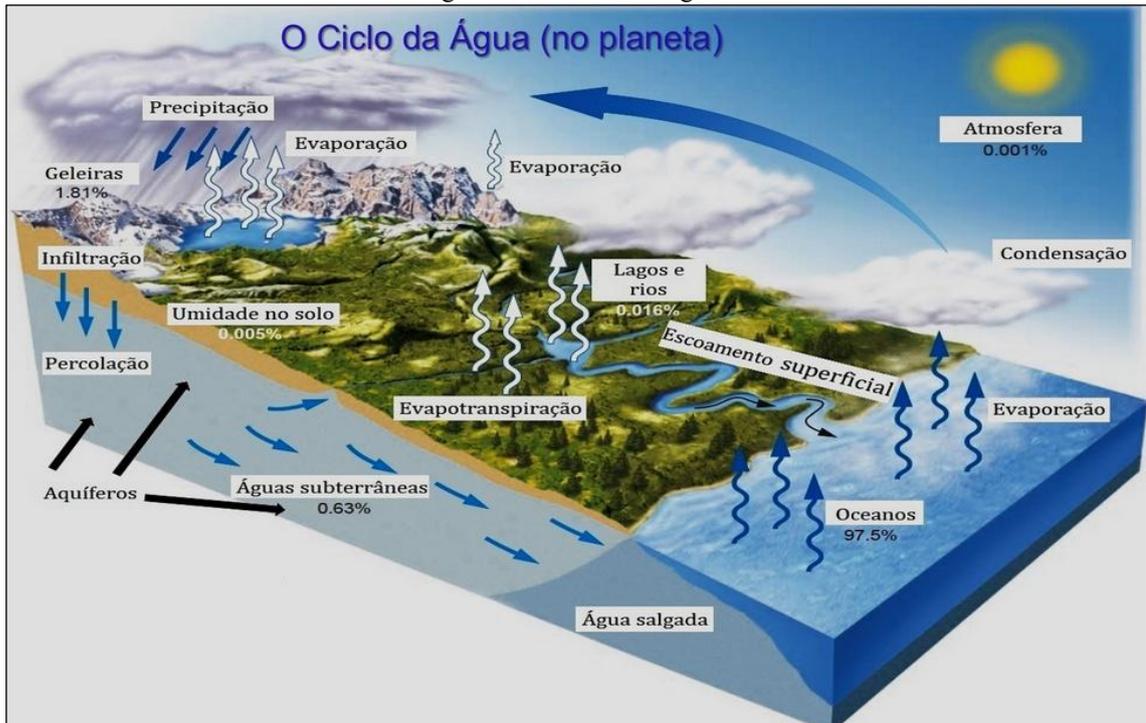
Pode-se descrever o ciclo iniciando pela sua fase na atmosfera, onde o vapor d'água condensado sob determinadas condições meteorológicas de pressão e temperatura, formam micro gotículas inicialmente suspensas, as quais vão se agrupando com partículas de poeira e gelo, criando assim um aerossol, que posteriormente irá sofrer efeitos da dinâmica de massas de ar somados à gravidade sobre sua crescente densidade e, finalmente, precipitar (Silveira, 2015).

A precipitação é a forma de transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre e é entendida como toda a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, podendo ser em forma de neblina, chuva, granizo, saraiva orvalho, geada e neve. As formas de precipitação são diferenciadas pelo estado em que a água se encontra (Bertoni; Tucci, 2015).

Durante o evento, a água pode já sofrer efeitos de evaporação ou evapotranspiração, dependendo das condições de radiação solar, da temperatura do ar, do vento e da pressão de vapor (Tucci; Beltrame, 2015). Já o volume que cai em terra firme, pode sofrer interceptação vegetal, a depender das características da precipitação, das condições climáticas, do tipo e densidade de vegetação e do período do ano (Tucci, 2015a).

O volume não interceptado na superfície segue a rede de drenagem natural da bacia, podendo infiltrar no subsolo e recarregar lençóis freáticos e mananciais, ou seguir para rios, que geralmente convergem para o oceano. A Figura 1 ilustra o ciclo hidrológico definido até então.

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.

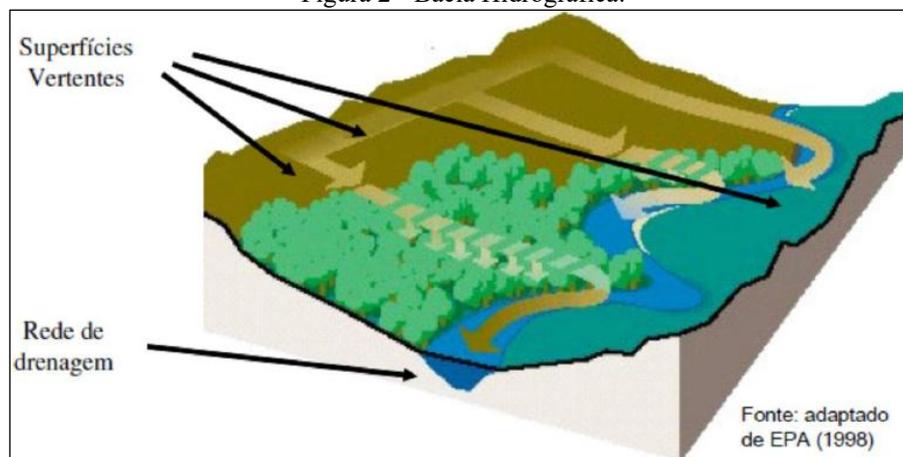


Fonte: (Adaptado de MONTGOMERY, 2010, p. 126, apud CDTN).

2.2 Bacia Hidrográfica

Bacia Hidrográfica é um sistema físico onde considera-se a entrada como o volume de água precipitado, e a saída como o volume de água escoado pelo exutório, levando em consideração os volumes evaporado e transpirado, bem como as águas infiltradas em alta escala de profundidade. O papel hidrológico da bacia hidrográfica é transformar o volume precipitado em volume escoado de forma mais distribuída no tempo. Além disso, é composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que convergem até o rio principal (Silveira, 2015). A Figura 2 ilustra a bacia hidrográfica.

Figura 2 - Bacia Hidrográfica.



Fonte: (EPA, 1998 apud Paz, 2004).

2.3 Precipitação

Como já comentado anteriormente, a água proveniente da atmosfera atinge a superfície terrestre nas formas de neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve, das quais destaca-se a chuva, que é a principal forma de pelo seu volume gerado para a bacia. É importante ressaltar a importância do seu estudo pela necessidade de quantificar o volume de abastecimento de água doméstico e industrial, a necessidade de irrigação de culturas, entre outros (Bertoni; Tucci, 2015).

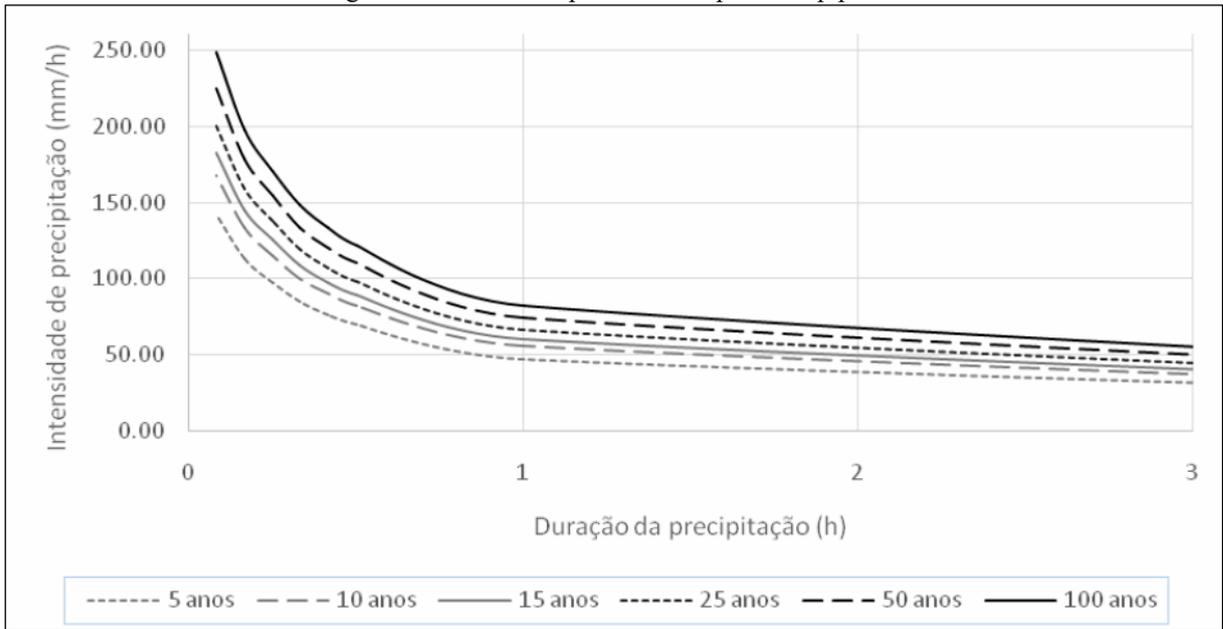
As chuvas são eventos aleatórios e não permite uma previsão determinística com grande antecedência, ou seja, o tratamento de seus dados são, na maioria das vezes, estatísticos. As principais características são a vazão, a duração e a distribuição espaço-temporal, e as grandezas que as caracterizam são a Altura Pluviométrica (P), a Duração (t), Intensidade (i) e Tempo de Retorno (T) (Bertoni; Tucci, 2015).

Altura pluviométrica é a espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a bacia que sofreu o evento, sem considerar as perdas por evaporação, e escoamento, com sua unidade sendo o milímetro (mm). A duração, intuitivamente pode ser definida como o tempo no qual a chuva ocorre, medindo-se geralmente em hora (h). Já a intensidade pluviométrica é a precipitação por unidade de tempo, expressa em milímetros por hora (mm/h), enquanto que o tempo de retorno é o número médio do tempo em que se espera uma precipitação analisada seja igualada ou superada, geralmente medida em ano (Bertoni; Tucci, 2015).

Correlacionando intensidades, durações e frequências de chuvas, verifica-se que quanto maior a intensidade de precipitação, menor será a sua duração. As funções de intensidade, duração e frequência (curvas IDF) podem ser determinadas com base em dados pluviográficos do local ou em de postos vizinhos (Bertoni; Tucci, 2015).

Costa, Lima e Costa (2019) elaboraram em sua obra as curvas IDF para o município de Itapipoca/CE, local objeto de estudo deste artigo. A Figura 3 mostra o gráfico das curvas IDF para os tempos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos.

Figura 3 - Curvas IDF para o município de Itapipoca.



Fonte: Costa; Lima; Costa, 2019.

As curvas plotadas no gráfico IDF mostrado na Figura 3 podem ser modeladas através da Equação 1, as quais serão de suma importância para este trabalho, onde i é a intensidade pluviométrica, Tr é o tempo de retorno em anos e t é a duração da precipitação em minutos.

$$i = \frac{923,08414 \cdot Tr^{0,18146}}{(t + 11,92462)^{0,75928}} \quad \text{Equação (1)}$$

2.4 Vazão de Projeto

Neste trabalho, entende-se vazão de projeto analogamente à definição de Tucci (2015b) para vazão a vazão máxima de um rio, a qual é o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado, sendo utilizada na previsão, controle e atenuação de enchentes e no projeto de obras hidráulicas como por exemplo condutos, canais, bueiros entre outras.

A vazão de projeto pode ser estimada com base no ajuste de uma distribuição estatística, na regionalização de vazões e na precipitação. Quando existem dados históricos da vazão local de interesse pode ser ajustada uma distribuição estatística. Porém, quando não há dados ou a série histórica é pequena, pode-se utilizar a regionalização de vazões, pela qual é possível estimar valores através de postos de regiões adjacentes. Já a precipitação máxima é determinada com base no tempo de retorno para o projeto, onde a vazão resultante não possui o mesmo risco dos métodos anteriores Tucci (2015b).

Para este trabalho, a vazão máxima será calculada com base na precipitação, com o cálculo chamado de Método Racional, o qual é largamente utilizado para bacias de até 2 km² de área (Tucci, 2015b). Considera-se neste método que, a duração da precipitação intensa é igual ao tempo de concentração, o coeficiente de perdas, denominado C, é único e estimado com base nas características da bacia, além de não avaliar o volume de cheia e a distribuição temporal das vazões. O método racional é modelado pela Equação 2, onde Q é a vazão, C é o coeficiente de perdas, i é a intensidade pluviométrica e A é a área de contribuição da bacia.

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad \text{Equação (2)}$$

O coeficiente C é baseado em tabelas e tem aspectos subjetivos. Na Tabela 1 são apresentados valores recomendados pela Associação Americana de Engenheiros Civis (ASCE), aos quais estão em função da superfície do terreno (Tucci, 2015b).

Tabela 1 - Valores do coeficiente C.

SUPERFÍCIE	C	
	INTERVALO	VALOR ESPERADO
Pavimento		
Asfalto	0,70 - 0,95	0.83
Concreto	0,80 - 0,95	0.88
Calçadas	0,75 - 0,85	0,80
Telhado	0,75 - 0,95	0.85
Cobertura: Grama solo arenoso		
Plano (2%)	0,05 - 0,10	0.08
Médio (2 a 7%)	0,10 - 0,15	0.13
Alta (7%)	0,15 - 0,20	0.18
Gramma, solo pesado		
Plano (2%)	0,13 - 0,17	0.15
Médio (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,20
Alta (7%)	0,25 - 0,35	0,30

Fonte: Adaptado de ASCE, 1969 apud Tucci, 2015b.

2.5 Consumo de Água para a Agricultura Irrigada

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, a agricultura irrigada é o maior usuário de recursos hídricos, a qual consome cerca de 50% do volume de água captado nos mananciais brasileiros, correspondente a uma vazão média de mil metros cúbicos por segundo (1.000 m³/s). Com tamanha escala de consumo, a ANA elaborou um estudo de coeficientes técnicos de uso de água para a agricultura irrigada (ANA, 2019).

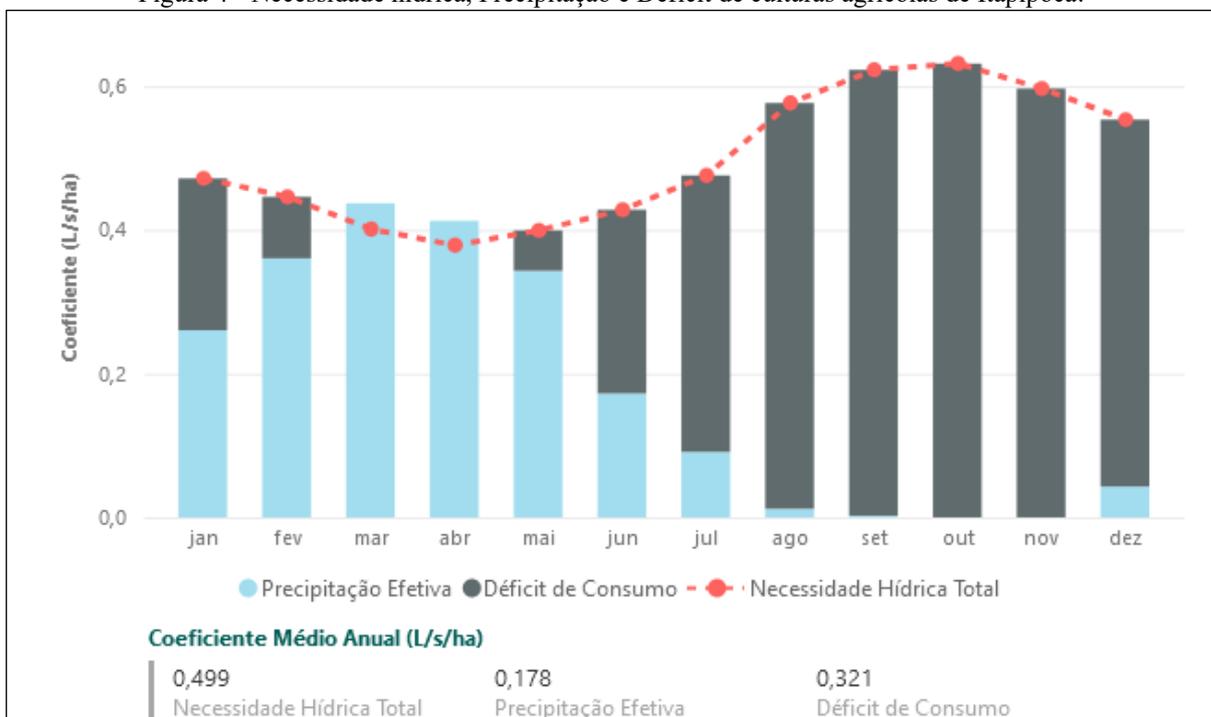
Os coeficientes foram obtidos por meio de simulações mensais de áreas colhidas para 61 culturas identificadas pelo IBGE, para cada município, totalizando aproximadamente 10 milhões de simulações, onde calculou-se a necessidade hídrica da cultura, a precipitação efetiva, o déficit de consumo e a necessidade de irrigação (ANA, 2019).

A necessidade hídrica da cultura é a demanda total por hectare, considerando as características da cultura e do clima médio local. A precipitação efetiva é a demanda que pode ser atendida pela precipitação, considerando a cultura, o solo e o clima. Já o déficit de consumo é a parcela da necessidade hídrica da cultura não atendida pela precipitação efetiva. Enquanto que a necessidade de irrigação é o déficit de consumo acrescido das perdas por ineficiência global do uso do recurso.

Além disso, a ANA (2019) também calculou os dados em meios às condições climáticas médias dos locais, com dados da rede hidrometeorológica. Dessa forma, é possível coletar valores de referência para o consumo de água para estes fins, os quais estão disponíveis no painel interativo de indicadores, no portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH (www.snirh.gov.br > Usos da Água).

A Figura 4 fornece os valores de coeficiente médio anual de necessidade hídrica, precipitação efetiva e déficit de consumo de culturas em geral para o município de Itapipoca. De um modo geral, ou seja, numa média para todas as culturas, a necessidade hídrica é de 0,499 litro por segundo por hectare, enquanto que o déficit de consumo é de 0,321 litro por segundo por hectare. É válido ressaltar que a ferramenta também fornece a precipitação efetiva, que é de 0,178 litro por segundo por hectare.

Figura 4 - Necessidade hídrica, Precipitação e Déficit de culturas agrícolas de Itapipoca.

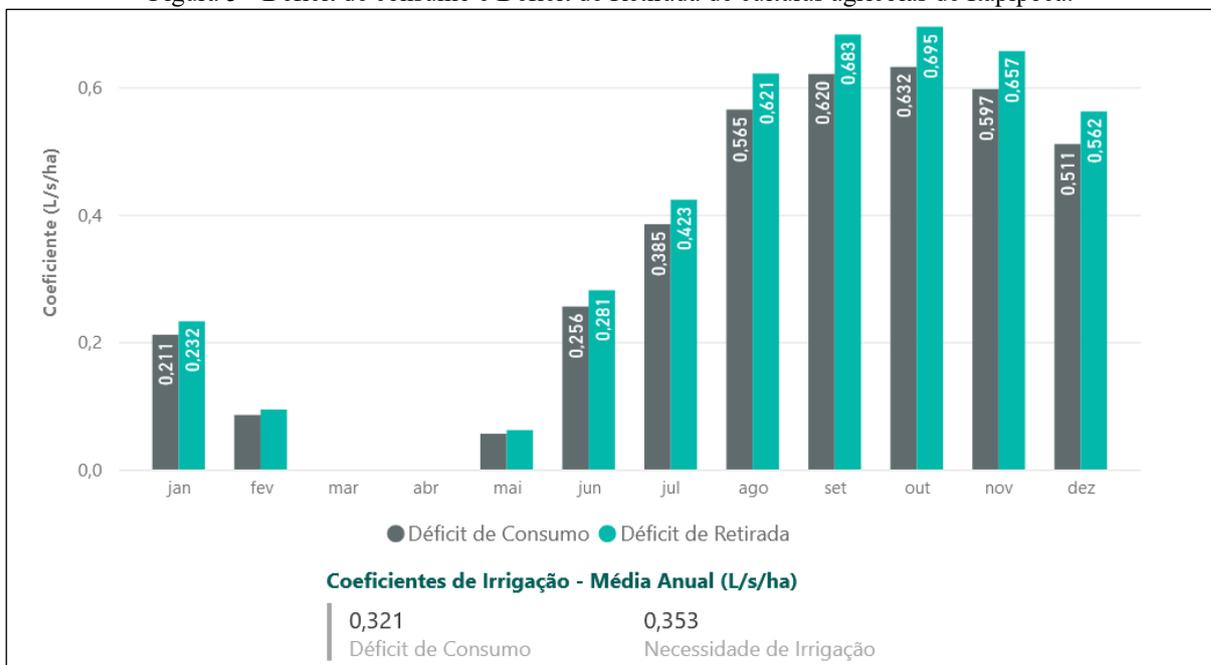


Fonte: SNIRH, 2024.

Já a Figura 5 mostra o déficit de consumo e a necessidade de irrigação de culturas em geral para o mesmo município, ou seja, há um déficit hídrico de 0,321 litro por segundo por

hectare e uma necessidade de irrigação de 0,353 litro por segundo por hectare. Portanto, a título de exemplo, pode-se dizer que, no mês de outubro, há o pico de necessidade de irrigação, com um coeficiente no valor de 0,695 litro por segundo por hectare.

Figura 5 - Déficit de consumo e Déficit de Retirada de culturas agrícolas de Itapipoca.



Fonte: SNIRH, 2024.

3 METODOLOGIA

Este trabalho, de acordo com sua natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que as práticas desenvolvidas são dirigidas à solução de um problema específico. Já quanto aos procedimentos utilizados, pode-se dizer que é um estudo de caso, pois é um tipo de pesquisa que trata de variáveis quantitativas e qualitativas aplicadas à uma unidade de forma aprofundada, lidando com fenômenos isolados e relevando conceitos e modelagens matemáticas de teorias já existentes. E quanto à forma de abordagem do problema, este projeto classifica-se como quantitativo, por lidar com variáveis que são mensuráveis como a delimitação da área de microbacia de drenagem e a vazão de projeto (Provdanov; Freitas, 2013).

Este trabalho foi realizado através do fornecimento da planta topográfica do município de Itapipoca, cedido pela Secretaria de Infraestrutura do município. Com o documento, foi possível traçar a microbacia de drenagem e quantificar a área de contribuição. Os quarteirões foram classificados como blocos com quatro águas, onde o sentido das mesmas é para a rua e, a depender do sentido do caimento, é ou não drenada para o exutório da microbacia, o qual é localizado no ponto crítico selecionado.

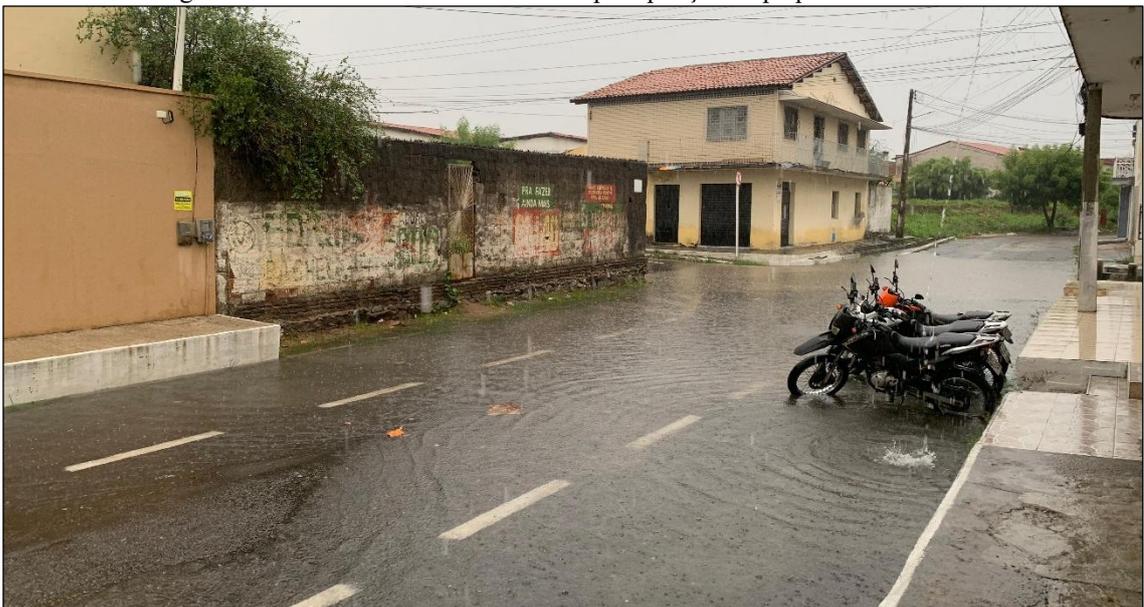
O local objeto deste trabalho é no cruzamento das ruas José de Alencar e Inocêncio Braga, um ponto crítico de enchentes urbanas de conhecimento do autor desta obra, com coordenadas UTM: 435584.49 m E (longitude) e 9613685.62 m S (latitude). A Figura 6 mostra o local marcado no software Google Earth, enquanto que a Figura 7 mostra o mesmo local fotografado durante uma precipitação de pequena intensidade.

Figura 6 - Ponto crítico / Exutório da microbacia deste estudo.



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 7 - Exutório da microbacia sobre precipitação de pequena intensidade.

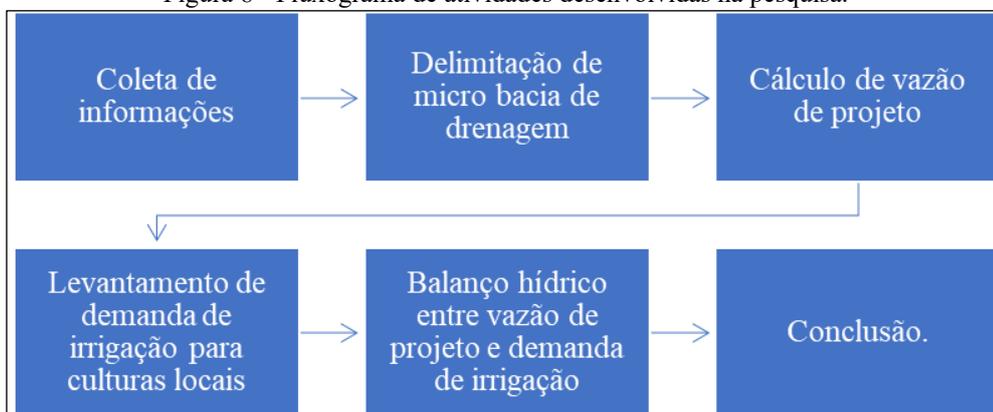


Fonte: Autor, 2025.

O ponto crítico mencionado no parágrafo anterior foi considerado como exutório da microbacia, a delimitação desta área se deu pela observação das cotas altimétricas e sua marcação. Posteriormente, sua medição foi feita pelo software Autocad. O cálculo da vazão de projeto é feito pelo método racional, o qual necessita dos parâmetros coeficiente de infiltração, intensidade pluviométrica e área.

Já o levantamento da demanda de irrigação foi feito através do SNIRH, mostrado no item 2.5 deste trabalho. Foram pesquisadas as demandas para a cultura da banana. Com esses valores encontrados, foi feito o balanço hídrico e análise do uso de águas pluviais da microbacia estudada e suas respectivas conclusões. O fluxograma da pesquisa é mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma de atividades desenvolvidas na pesquisa.



Fonte: Autor, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a planta topográfica fornecida pela Secretaria de Infraestrutura, é possível traçar uma poligonal para delimitar a microbacia que contribui para a vazão de projeto no exutório. Feito isso, a área encontrada é da ordem de 84.761,02 m². A Figura 9 mostra a microbacia delimitada para o cálculo, delimitada em verde, com seu exutório indicado.

Figura 9 - Delimitação de microbacia de drenagem.



Fonte: Autor, 2024

Seguindo na linha de raciocínio para o cálculo da vazão de projeto, é necessário encontrar a intensidade de precipitação i , a qual é modelada matematicamente através da Equação 1 vista na seção 2.3 desta pesquisa. Neste trabalho, será calculada a intensidade para um tempo de retorno de dez anos e tempo de duração de chuva de cinco minutos. A aplicação dos parâmetros à Equação 1 resulta numa intensidade pluviométrica de 163,65 mm/h.

Seguindo então para o cálculo da vazão de projeto, através da Equação 2, mostrada na seção 4, é definido que para as condições de solo desta microbacia com uma malha densa de cobertura cerâmica e malha viária com revestimento asfáltico, o coeficiente C adotado será de 0,85. Dessa forma o cálculo resulta numa vazão de projeto da ordem de 3,28 m³/s.

Sendo assim, considerando uma precipitação dessa magnitude e levando em consideração que sua duração é de cinco minutos, é possível calcular o volume que pode ser captado é resultado do produto entre vazão de projeto e duração. Desta forma, o volume que pode ser captado em um evento de precipitação é de 984 m³.

É válido ressaltar que, há um terreno de cerca de 310 m² de área, sem construção, ao lado do exutório, o qual pode ser utilizado para a construção de uma estrutura que armazene este volume de precipitação. A Figura 10 mostra o terreno levantado em questão (destacado em azul), bem como o exutório da microbacia de drenagem aqui delimitada.

Figura 10 - Exutório e potencial terreno para armazenamento.



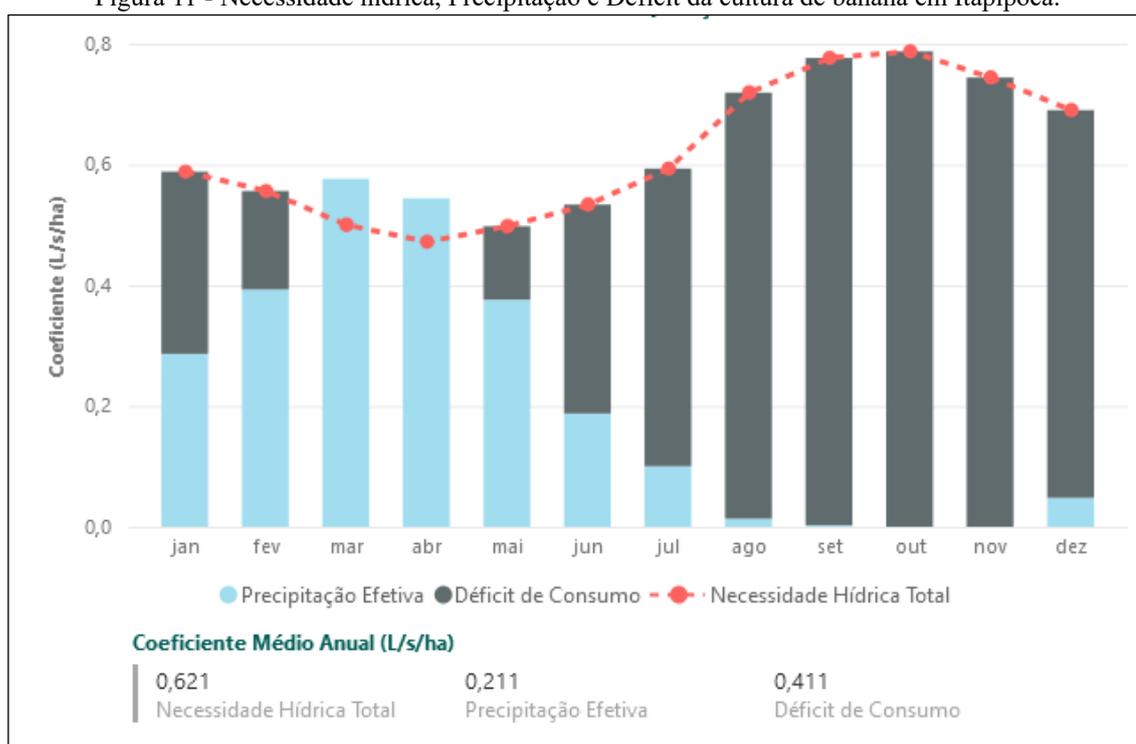
Fonte: Autor, 2024.

É válido ressaltar que, de acordo com a Lei 10.257 (Brasil, 2001), especificamente no seu artigo 25, o município pode exercer o direito de preempção sobre a propriedade, levando em consideração que o terreno é um potencial espaço de proteção e conservação ambiental, exercendo o amortecimento de enchentes urbanas, e que pode ser um espaço público de lazer e de áreas verdes.

Através de um cálculo preliminar, executando o quociente entre o volume captado numa precipitação e a área do terreno, é possível ter uma ideia da profundidade para uma bacia de retenção, o qual resulta em aproximadamente 3,20m.

Para dar mais eficiência a este trabalho, será analisado o uso deste volume retido no abastecimento da agricultura de banana, cultura bem difundida no município, através do SNIRH, definido na seção 2.5 deste trabalho. A Figura 11 explicita a necessidade hídrica, a precipitação efetiva e o déficit hídrico da agricultura irrigada da banana para o município.

Figura 11 - Necessidade hídrica, Precipitação e Déficit da cultura de banana em Itapipoca.

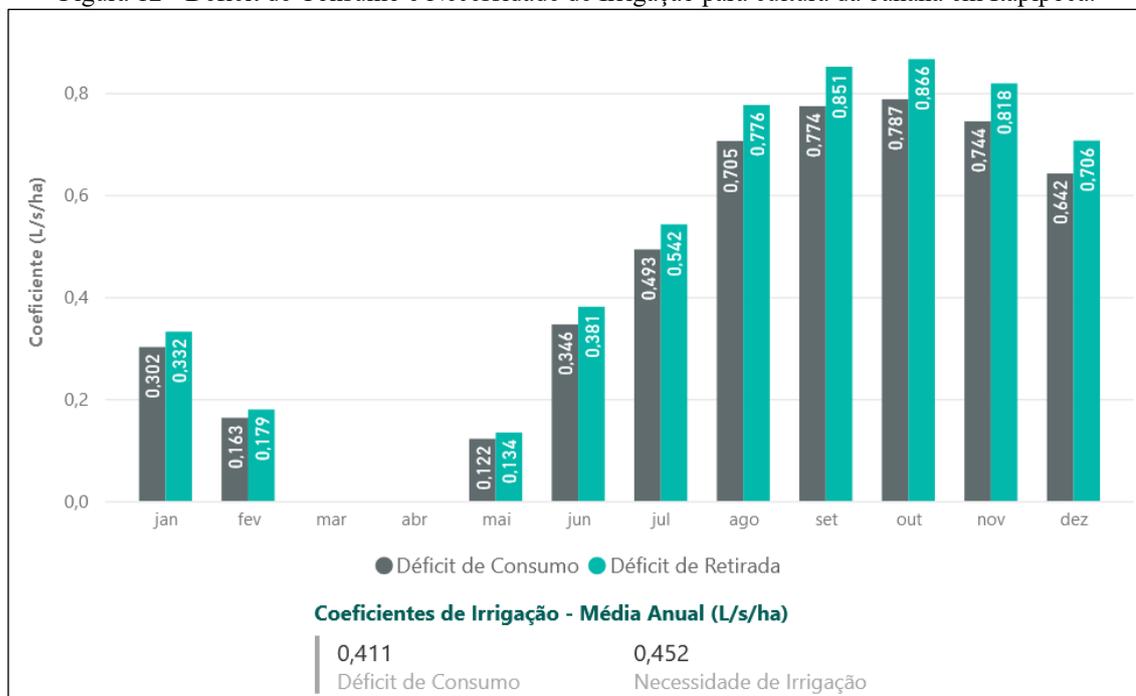


Fonte: SNIRH, 2024

Através do gráfico, é possível extrair que a precipitação efetiva é de 0,211 L/s/ha, e que coerentemente é mais frequente no intervalo entre fevereiro e maio. Por outro lado, Déficit de consumo é de 0,411 L/s/ha, o qual é mais presente na quadra de estiagem ao longo do ano, com destaque para os meses de setembro, outubro e novembro. Dessa forma, pode-se dizer que a necessidade hídrica total dessa cultura agrícola na cidade é de 0,621 L/s/ha.

Analogamente aos parâmetros anteriores, a Figura 12 mostra os parâmetros de abastecimento da cultura agrícola da banana, no município de Itapipoca, levando em consideração seus parâmetros climáticos e hidrológicos locais.

Figura 12 - Déficit de Consumo e Necessidade de Irrigação para cultura da banana em Itapipoca.



Fonte: SNIRH, 2024

Com tais dados, pode-se dizer que a cultura agrícola da banana tem uma necessidade média anual de irrigação de 0,452 L/s/ha, o que pode ser transformado em volume ao ser multiplicada pela quantidade de segundos contidas em um ano, resultando em 14.254,27 m³ de água.

Voltando para microbacia urbana, a fim de calcular o volume que pode ser gerado em um ano, parte-se do pressuposto que os meses de maiores eventos pluviométricos são março, abril e maio, e que em pelo menos metade dos dias totais desse período (45 dias) hajam precipitações de no mínimo a magnitude da vazão de projeto ($Q = 3,28 \text{ m}^3/\text{s}$), pode-se dizer que o volume que pode ser captado anualmente é de 44.280 m³.

Relacionando os valores de volume anual armazenado e volume anual demandado para irrigação da cultura, chega-se ao resultado de 3,11, ou seja, o valor armazenado de águas pluviais é mais de três vezes maior que o coeficiente que a cultura de banana demanda para sua colheita por ano e por hectare, demonstrando que há viabilidade hídrica em coletar o volume de águas da microbacia urbana e remaneja-lo para o setor da agricultura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, esta pesquisa atingiu os seus objetivos, onde foi analisado hidrológicamente, através de dados planialtimétricos da Secretaria de Infraestrutura de Itapipoca, o volume gerado da microbacia urbana estudada, o qual é da ordem de 44.280 m³ por ano, considerando um inverno de três meses e um regime pluviométrico moderado.

Além disso, a microbacia de drenagem tem uma área de aproximadamente 84.761,02 m² e tem seu exutório em um ponto crítico de enchentes urbanas. É válido ressaltar que a área é inferior aos 2 km² e que, portanto, é válido a utilização do método racional para o cálculo estimado da vazão de projeto.

Já a intensidade pluviométrica calculada, considerando um tempo de retorno de 10 anos e uma duração de chuva de 5 minutos, é de 163,65 mm/h, a vazão de projeto é de 3,28 m³/s e o volume de enchente para cada precipitação é de 984 m³.

Por conseguinte, na análise do uso desse volume na agricultura irrigada, através de dados da ANA, estima-se que cultura da banana demande anualmente 14.254,27 m³/ha, o que significa que, levando em consideração o volume gerado anualmente pela área estudada, é possível irrigar pouco mais três hectares de plantação de banana em um ano.

A pesquisa demonstrou que, através da utilização de parâmetros técnicos e partindo da premissa de uma quadra chuvosa moderada, que os resultados para a captação de águas pluviais de uma microbacia urbana para o uso na plantação de bananas são satisfatórios, havendo assim, viabilidade hídrica para tal operação.

Esta técnica de manejo de águas pluviais impacta dois problemas devido à variação espaço-temporal da chuva, a qual remaneja o volume excessivo do centro urbano para onde há falta nos períodos de estiagem, reduzindo os impactos socioambientais devido às enchentes e aumentando a economia do agronegócio local.

Por fim, recomenda-se para trabalhos futuros, que seja feito o dimensionamento hidráulico e estrutural do reservatório de armazenamento para captar tal volume, o projeto e orçamento destas estruturas, bem como o levantamento de área de cultivo da agricultura da banana na cidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Atlas Irrigação: Coeficientes Técnicos de Uso de Água para a Agricultura Irrigada**. 1^a ed. Brasília, DF. Agência Nacional de Águas - ANA, 2019.

BERTONI, Juan Carlos; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Precipitação. *In: Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 3. ed. Porto Alegre - RS: Editora da UFRGS / ABRH, 2002.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências: Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 28 jan. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico: Brasília, DF: Presidência da República, 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 19 dez. 2024.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR - CDTN. **Chover com mais intensidade não é a solução**. [S.l.], 20 maio 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cdtn/pt-br/assuntos/noticias/201cchover-com-mais-intensidade-nao-e-a-solucao201d-avalia-pesquisador-do-cdtn-sobre-desabastecimento-hidrico>. Acesso em: 19 dez. 2024.

COSTA¹, José Nilton de Abreu; LIMA, Rômulo Sousa; COSTA², 2019. **Elaboração da Equação Intensidade, Duração e Frequência para Chuvas Intensas do Município de Itapipoca - CE**. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 30º. Jun. 2019. Natal, RN. 30º Congresso ABES 2019.

CRUZ, Marcus Aurélio Soares; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**. Porto Alegre/RS, v. 13, n. 3, p. 59-71, Jul/Set 2008.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

PAZ, Adriano Rolim. **Hidrologia Aplicada**. (Material Didático). Porto Alegre - RS: UERGS, 2004.

PROVDANOV, Cleber Cristiano.; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

SILVEIRA, André L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. *In: Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 3. ed. Porto Alegre - RS: Editora da UFRGS / ABRH, 2002.

SOUZA, Christopher Freire; CRUZ, Marcus Aurélio Soares; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**. Porto Alegre/RS, v. 17, n. 2, p. 9-18, Abr/Jun 2012.

PORTAL DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH). **Painel dos Coeficientes Técnicos para Agricultura Irrigada**. [S.l.]. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/paineis-de-indicadores>. Acesso em: 19 dez. 2024.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BELTRAME, Lawson F. S. Evaporação e Evapotranspiração. *In: Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**. Porto Alegre/RS, v. 7, n. 1, p. 5-27, Jan/Mar 2002.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Interceptação. *In: Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015a.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Vazão Máxima e Hidrograma de Projeto. *In: Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015b.