

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM QUARTÉIS DO 1º GRUPAMENTO DE BOMBEIROS (1º GB) EM CURITIBA - PARANÁ: UMA FONTE SUSTENTÁVEL PARA OPERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIOS

Guilherme Augusto Picolotto¹

<https://orcid.org/0000-0002-8823-9424>

Marcos Rogério Szeliga²

<https://orcid.org/0000-0002-5365-4476>

RESUMO

Episódios cíclicos de escassez hídrica no Paraná exigem medidas eficientes para a manutenção da qualidade dos serviços de combate a incêndios prestados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Paraná. Objetivou-se analisar o potencial de economia de água potável, por meio da gestão sustentável deste recurso natural limitado, dotado de valor econômico, e por consequência, a probabilidade de economia de recursos financeiros, através do aproveitamento de água de chuva captada nos telhados dos quartéis do 1º Grupamento de Bombeiros em Curitiba, para o fim não potável de combater incêndios. Estimou-se o gasto superior à 110 mil reais no último quinquênio com água potável para este fim. Demonstrou-se que a maioria dos Postos de Bombeiros apresentam considerável capacidade de captação e armazenamento de água pluvial. Mediante o emprego do método de dimensionamento de Rippl foram estimados os volumes mínimos para reservação de água de chuva em atendimento as demandas e a viabilidade de implantação nos quartéis. Conclui-se que nas operações de combate a incêndios, a substituição da água de boa qualidade por uma de qualidade inferior, como é o caso das águas pluviais, tende a promover uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos, além de uma expressiva economia para os cofres públicos.

Palavras chave: Escassez hídrica; Combate a incêndio; Águas pluviais; Reuso.

¹ Capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (Quadro de Oficiais Bombeiros Militares). Bacharel em Segurança Pública e Especialista em Operações em Incêndio pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Email: guilherme.picolotto@bm.pr.gov.br.

² Doutor em Engenharia Civil concentração em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (2003) e pós-doutorado na Universidade de São Paulo (2009). Atualmente é professor associado da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

**USE OF RAINWATER IN HEADQUARTERS ON THE FIRST FIRE
DEPARTMENT (1º GB) IN CURITIBA - PARANÁ: A
SUSTAINABLE SOURCE FOR FIRE FIGHTING OPERATIONS**

ABSTRACT

Cyclical episodes of water scarcity in Paraná require efficient measures to maintain the quality of firefighting services provided by the Paraná Military Fire Brigade. The objective of this study was to analyze the potential for saving drinking water, through the sustainable management of this limited natural resource, endowed with economic value, and consequently, the probability of saving financial resources, through the use of rainwater captured on the roofs of the 1st Fire Brigade in Curitiba, for the non-potable purpose of fighting fires. It was estimated that more than 110,000 reais were spent in the last five years on drinking water for this purpose. It has been shown that most Fire Stations have considerable rainwater harvesting and storage capacity. It has been shown that most Fire Stations have considerable rainwater harvesting and storage capacity. Through the use of the Rippl sizing method, the minimum volumes for rainwater reserve were estimated to meet the demands and feasibility of implementation in the firehouses. It is concluded that in firefighting operations, the replacement of good quality water by lower quality water, as is the case of rainwater, tends to promote a more sustainable management of water resources, in addition to significant savings for the public coffers.

Keywords: Water scarcity. Firefighting. Rainwater. Reuse.

Artigo Recebido em 08/05/2023
Aceito em 02/11/2023
Publicado em 20/12/2023

1. INTRODUÇÃO

Recentemente discussões acerca da água foram acentuadas pela crise hídrica vivenciada em meio à Pandemia de Covid-19. A situação de emergência hídrica foi reconhecida no estado do Paraná mediante a publicação do Decreto Estadual nº 4.626/20 (Paraná, 2020), sendo prorrogado por cinco vezes até meados de junho de 2022. Diante desse cenário de situação de escassez, priorizou-se o uso dos recursos hídricos para o consumo humano e a dessedentação de animais.

As crises hídricas acontecem de modo cíclico, podendo ter variadas causas como o ritmo do clima em épocas com menos chuvas em determinadas regiões, bem como devido à ausência de investimentos em planejamento e gestão de riscos em diversos setores (Fontão, 2022, p. 26). Nesse ínterim, é esperada a adoção de estratégias que visem a preservação da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos, por meio da identificação de fontes alternativas sustentáveis e economicamente viáveis de água.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) divulgados na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) (ONU, 2015), tem o objetivo de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, otimizando substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores.

A água na sua forma líquida é o agente extintor natural mais econômico e abundante na natureza, portanto, recomenda-se predominantemente o seu uso para o combate a incêndios, considerando suas propriedades físicas e químicas de absorção. O suprimento de água é fator determinante no sucesso nas operações de combate a incêndios (CBMESP, 2006; CBMDF, 2009, p. 93; CBMGO, 2016, p. 72).

A literatura demonstra que essa água pode ter variadas origens. O processo de suprimento de água é compreendido pela captação da água em sua origem e o emprego nas operações de combate a incêndio. Compreende-

se que a fonte de captação de água é qualquer local em que haja abundância de água, podendo ser natural ou artificial. Denomina-se fontes naturais de água aquelas em que ela se encontra acumulada na natureza, em seu leito natural, ou devido ao seu acúmulo. Os lagos, lagoas, rios e mares são exemplos de fontes naturais. As fontes artificiais de água dependem da intervenção humana para formarem-se. Os açudes, canais, reservatórios, poços, piscinas, espelhos d'água, reservas técnicas de combate a incêndios, rede de hidrantes urbanos e as viaturas de combate a incêndio são exemplos de fontes artificiais capazes de armazenar e estas além disso pode transportar a água para o combate a incêndios (CBMGO, 2016 p. 72).

Pautado em dados extraídos desde o advento do novo Sistema de Registro de Ocorrências e Estatísticas do Corpo de Bombeiros (SysBM), Versão 2017, o Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR) utilizou mais de 209 milhões de litros de água no combate a incêndios em edificação, meios de transporte, vegetação e outros, consolidando uma média de consumo anual de mais de 41,8 milhões de litros. Em face a tais circunstâncias, um assunto pouco abordado na literatura e com elevado potencial de economia de recursos hídricos é o uso de águas pluviais em operações de combate a incêndios.

Nesta senda, conforme o texto do artigo 48A. da Constituição do Estado do Paraná, o CBMPR tem papel fundamental na aplicação consciente dos recursos hídricos, por meio da execução de atividades de combate a incêndio, prevenção a incêndios e desastres (Paraná, 1989).

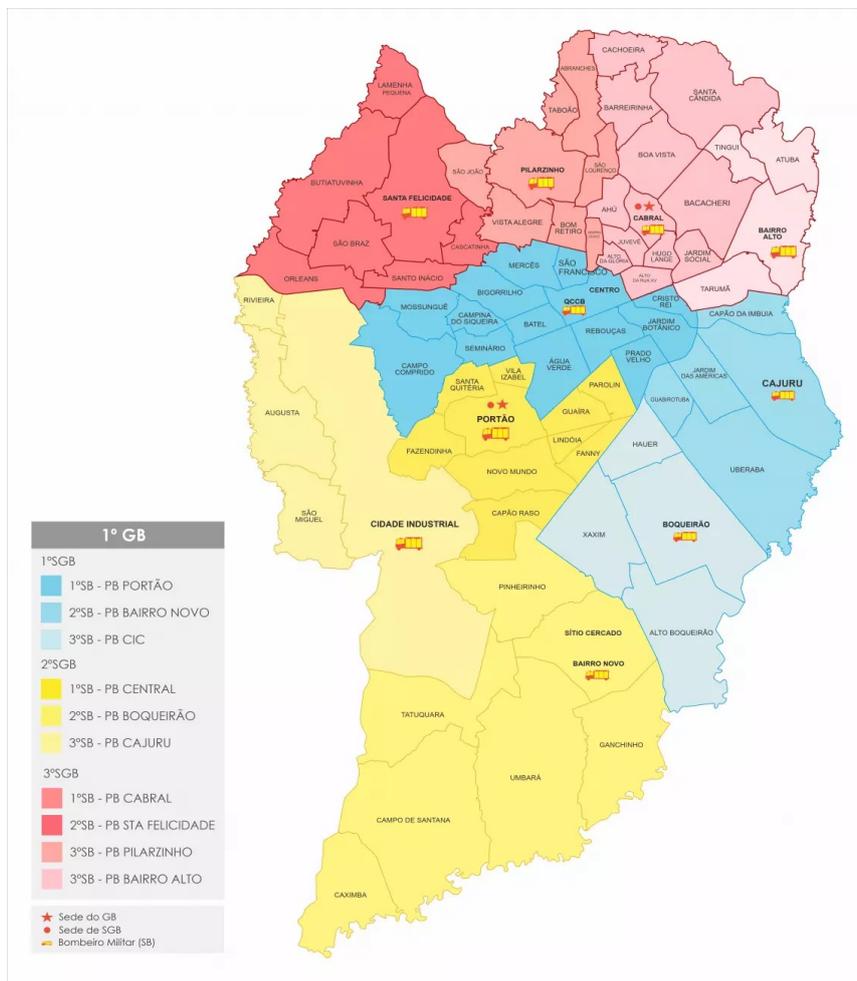
Considerando os princípios da administração pública, em especial o princípio da eficiência atrelado ao Plano Estratégico 2017-2025, delineado a partir de diretrizes estratégicas da instituição, o CBMPR tem como missão *“proteger a vida, o meio-ambiente e o patrimônio, promovendo desenvolvimento social responsável”* e como visão *“ser uma instituição militar estadual de excelência na prestação de serviços de bombeiros à sociedade, com foco no desenvolvimento sustentável”* (CBMPR, 2017).

Portanto, a fim de evitar desperdícios de água potável em operações de combate a incêndio, a captação de água de chuva pode ser uma alternativa complementar aos sistemas existentes (Martins Vaz; Ghisi; Souza, 2023).

A região estudada na presente pesquisa, limita-se ao município de Curitiba, estado do Paraná (PR), no qual está sediada a sede do Primeiro Grupamento de Bombeiros (1º GB), o qual abrange toda a capital do estado do Paraná e conta com uma sede administrativa situada no Posto de Bombeiros Portão (PB Portão) e nove Postos de Bombeiros distribuídos na cidade. Estes são divididos em Subgrupamentos de Bombeiros (SGB), responsáveis pelo atendimento a mais de 1,963 milhões de habitantes (IBGE, 2023). O SGB é um conjunto de quartéis cuja área de atuação corresponde a determinados bairros do município e destina-se ao atendimento de ocorrências de combate a incêndios, atendimento pré-hospitalar, resgates, buscas e salvamentos (CBMPR, 2021).

O 1º SGB/1º GB, é o maior SGB em termos de área de atuação e população, prestando atendimento a 44 bairros da região Centro-Sul e Oeste de Curitiba, sendo constituído pelos quartéis PB Portão, PB Central, PB Boqueirão, PB Bairro Novo e PB CIC. O 2º SGB/1º GB, é responsável pela região Norte de Curitiba, conta com 31 bairros em sua área de atuação e é formado pelos quartéis PB Cabral, PB Bairro Alto, PB Pilarzinho e PB Santa Felicidade. A Figura 1 contém o mapa com a delimitação das áreas de atuação do 1º Grupamento de Bombeiros (CBMPR, 2021).

Figura 1 - Áreas de atuação do 1º Grupamento de Bombeiros.



Fonte: CBMPR (2021).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo precípua desta pesquisa é analisar o potencial de economia de água potável, e por consequência, economia de recursos financeiros, com o aproveitamento de água de chuva captada nos telhados dos quartéis do 1º GB na cidade de Curitiba.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar a demanda de água potável em operações de combate a incêndios no período de agosto de 2017 a julho de 2022 no estado do Paraná.

Mapear os valores de precipitação média na cidade de Curitiba-PR a fim de subsidiar o dimensionamento das áreas de captação de água de chuva.

Mapear os Postos de Bombeiros (PB) em Curitiba-PR, com potencial para captação de água de chuva, bem como a viabilidade para reservar a água captada para uso no abastecimento dos caminhões de combate a incêndio.

Verificar o potencial de economia de recursos financeiros e de água de boa qualidade ao substituí-la por uma de qualidade inferior.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde o início da construção de sua casa no topo da montanha, Thomas Jefferson, terceiro presidente dos Estados Unidos da América, sabia que o abastecimento de água seria uma preocupação constante. Em seus planos para *Monticello*, Jefferson mencionou cisternas já em 1772 "*As duas cisternas do norte devem ser reservadas contra acidentes de incêndio: as do sul para o uso da cozinha e lavanderia, e para regar o jardim. As cisternas devem ser mantidas cobertas, com uma bomba em cada uma*" (Monticello, 2021). Isso nos mostra que mesmo após 250 anos, a captação de água de chuva ainda parece ser uma alternativa viável para a obtenção de água para o combate a incêndios.

O sistema de captação de água de chuva envolve a coleta e armazenamento da água de chuva para uma variedade de usos. Os objetivos do projeto do sistema de coleta de água de chuva são garantir que a qualidade da água seja adequada para o propósito e fornecer produção suficiente para

atender a demanda. A água de chuva destinada a aproveitamento é aquela drenada de áreas não trafegáveis do telhado de um edifício ou estrutura. A água pluvial genérica é a água drenada de superfícies trafegáveis que podem incluir estruturas de telhado, como terraços e outras superfícies que não sejam de telhado, por exemplo, áreas pavimentadas e calçadas. (BASIX, 2015). O volume de água a ser captado nesta área deve estar associado às necessidades do uso, ao tipo de cobertura da área e à precipitação pluviométrica ocorrente. (Moura *et al.*, 2007).

Para Moura *et al.* (2007) “A precipitação pluviométrica é um parâmetro de fundamental importância no dimensionamento de uma estrutura hídrica, principalmente em situações de escassez de água”. Dessa forma, os valores médios de precipitação dos anos mais secos e o período máximo que não chove na região, isto é, dos anos cuja precipitação pluviométrica está abaixo da normal climatológica, parecem ser “parâmetros críticos” a serem considerados. Deste modo, embora haja anos mais secos, a precipitação que ocorra na área de captação do reservatório proporcionará maior segurança ao ser suficiente para enchê-lo.

3.1 JUSTIFICATIVA AMBIENTAL

Em 2017, por meio da Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017 (Brasil, 2017), alterou-se o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a fim de incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Portanto, o tema abordado no presente estudo, busca incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais; assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável e; a

prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Como supedâneo, cabe salientar que a água é um bem de domínio público; ela é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Em face da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil, devendo integrar-se às políticas de gestão de recursos hídricos, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável. A PNPDEC, tem como objetivo integrar informações em sistema capaz de subsidiar os órgãos do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC na previsão e no controle dos efeitos negativos de eventos adversos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente (Brasil, 2012). A Lei nº 18.519, de 23 de julho de 2015 estabelece como objetivo da Política Estadual de Proteção e Defesa Civil (PEPDEC), o estímulo ao desenvolvimento de cidades resilientes e os processos ambientalmente sustentáveis de urbanização. (Paraná, 2015).

3.2 JUSTIFICATIVA ECONÔMICA

O estudo em comento sustenta-se no Princípio da Economicidade, o qual objetiva a minimização dos gastos públicos, sem comprometer os parâmetros de qualidade (Brasil, 2023). Alinha-se a Gestão de Desempenho, que compõem os Fatores Críticos de Sucesso do Planejamento Estratégico do CBMPR. E demonstra o potencial de economia de recursos financeiros ao propor a substituição de água de boa qualidade por uma de qualidade inferior,

para emprego nas operações de combate a incêndios desempenhadas pelo 1º Grupamento de Bombeiros.

3.3 JUSTIFICATIVA TECNOLÓGICA

Considerando o relato de Gnadlinger *et al.*, (2005) na obra Tecnologias de captação e manejo de água de chuva para o semiárido brasileiro, durante o pronunciamento de abertura na 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, realizado no Brasil, Petrolina – PE, em Julho de 1999, o então presidente da Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva, Dr. A. Appan, afirmou:

As tecnologias de sistemas de captação de água de chuva são tão antigas quanto as montanhas. O senso comum diz – como em todos os projetos de abastecimento de água – armazene a água (em tanques / reservatórios) durante a estação chuvosa para que ela possa ser usada quando mais se precisa dela, que é durante o verão. (Appan, 1999 *apud* Gnadlinger *et al.*, 2005).

As cisternas para armazenamento de água de chuva podem ser de alvenaria de bloco, concreto, polietileno e placas galvanizadas (Borja; Lordelo; Silva Santos, 2022, p. 248). O emprego de água oriunda da captação de chuva, para combate a incêndios, já tem diversos sistemas em funcionamento em nível mundial, um exemplo é a instalação no Texas - EUA no ano de 2012, onde um celeiro antigo foi usado para acomodar um reservatório para 53 mil litros de água a ser usada na supressão dos incêndios florestais (Figura 2).

Figura 2 - Acumulação de água de chuva para combate a incêndios - Texas EUA.



Fonte: Gardner (2012).

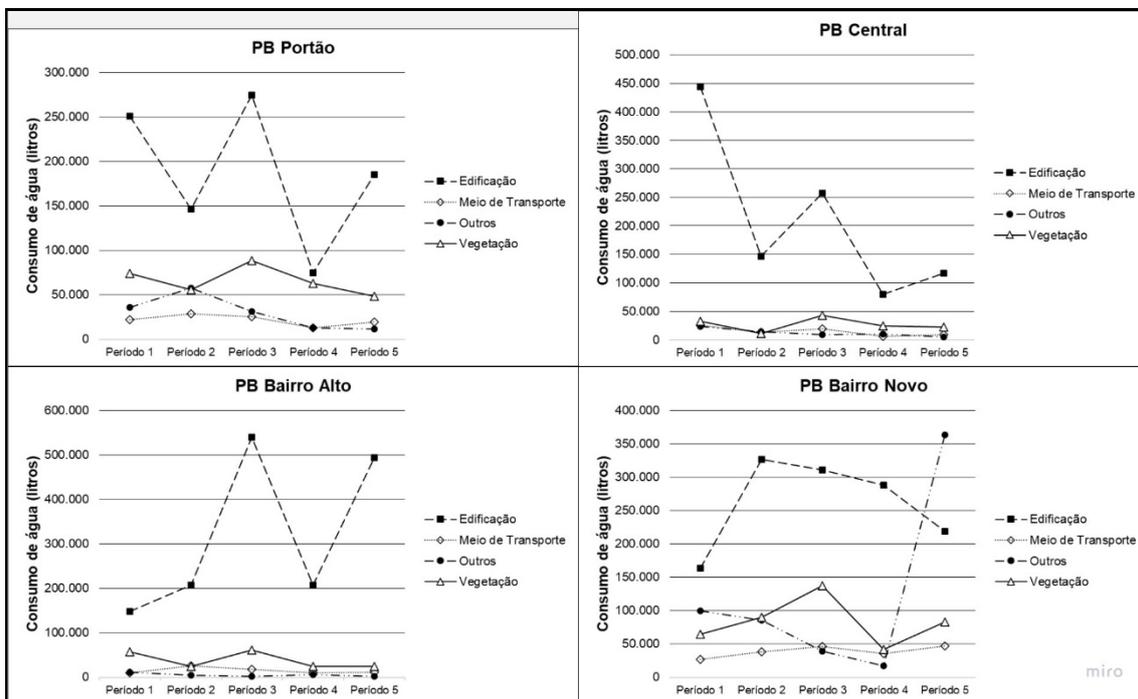
4 METODOLOGIA

4.1 CONSUMO DE ÁGUA

De acordo com os dados extraídos do SysBM, é possível visualizar o panorama do consumo de água na atividade de combate a incêndios realizada na capital do Estado do Paraná no lapso de agosto de 2017 a julho de 2022. Por questões didáticas, esse espaço de tempo foi dividido em cinco períodos compreendidos pelo mês de agosto e o mês de julho do ano seguinte, por exemplo, o 1º período está compreendido entre o dia 1º de agosto de 2017 e o dia 31 de julho de 2018, e assim sucessivamente.

Utilizou-se como critério de exclusão os quartéis que tiveram o atendimento a ocorrências de combate a incêndios suspensos em quaisquer dos períodos analisados. Deste modo, deixou-se de analisar o consumo de água no PB Cajuru e no PB CIC. A Figura 3 e 4 apresentam o consumo de água (litros) para combate a incêndios, nos períodos considerados, de 8 dos quartéis de bombeiros.

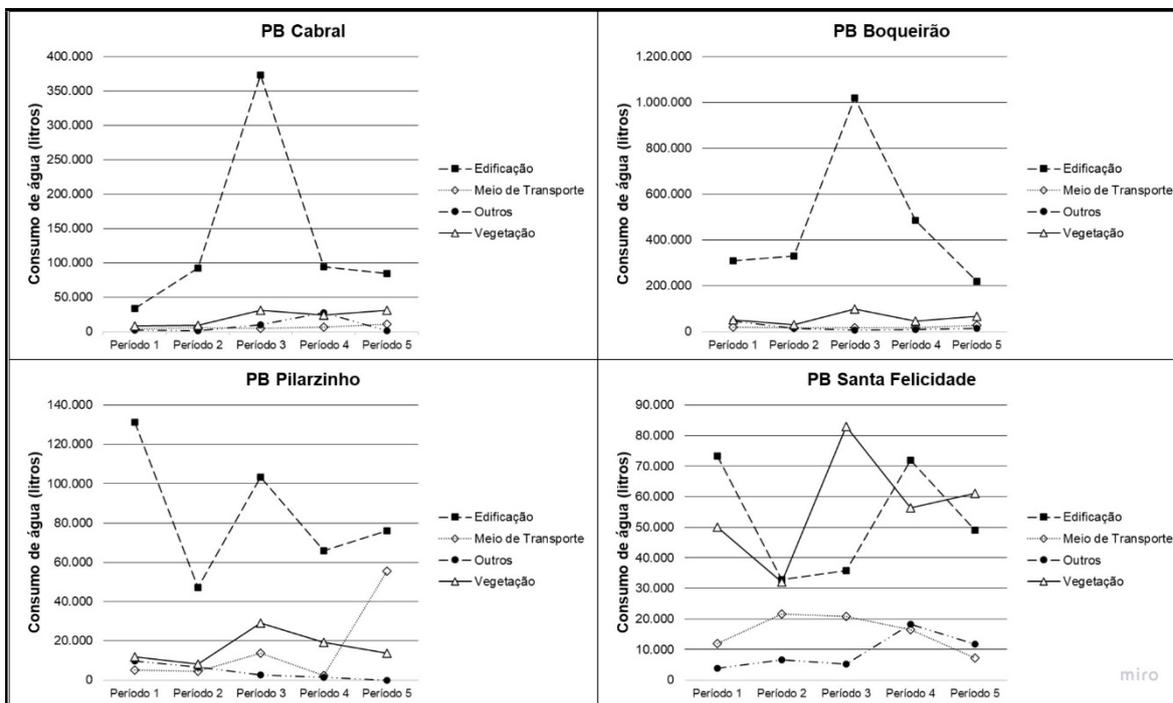
Figura 3 - Consumo de água (litros) para combate a incêndios.



Fonte: o autor (2022) adaptado de SysBM.

Estabeleceu-se a otimização da área de captação de telhados no sistema de instalações pluviais para abastecimento dos reservatórios em cada PB. Essa otimização, por método numérico GRC Não Linear – Solver – Excel, determina o volume mínimo de reservação para uma calculada fração da área de captação disponível. Quando a fração resulta em um valor maior que 1, o sistema é inviável para atender a demanda. Analisando-se as frações e respectivos volumes mínimos calculados, tem-se dados para avaliação da viabilidade técnica e econômica das instalações.

Figura 4 - Consumo de água (litros) para combate a incêndios.



Fonte: o autor (2022) adaptado de SysBM.

4.2 CUSTO DE ÁGUA

Mediante a tabela de evolução tarifária da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), demonstrada na Tabela 1, verificou-se o preço da água cobrado pela Sanepar para o Poder Público (Sanepar, 2022).

Tabela 1 - Tabela de Evolução Tarifária.

Estrutura Tarifária			Ano:	2017	2018	2019	2020	2021	2022
			Vigência:	01/06/2017	15/06/2018	17/05/2019	05/02/2021	17/05/2021	17/05/2022
			Reajuste médio (%)	8,53	5,12	12,13	5,11	5,77	4,96
Tarifa Comercial/ Unidade Pública/ Poder Público	Todas as localidades operadas	Água	até 05 m ³ (R\$):	59,22	62,25	68,80	73,37	77,60	81,45
			06 a 10 m ³ (R\$/m ³):	1,52	1,60	1,79	1,89	1,99	2,09
			11 a 15 m ³ (R\$/m ³):	7,54	7,93	8,89	9,35	9,89	10,38
			16 a 20 m ³ (R\$/m ³):	7,60	7,99	8,96	9,42	9,96	10,45
			21 a 30 m ³ (R\$/m ³):	7,65	8,04	9,02	9,48	10,02	10,52
			excedente a 30 m ³ (R\$/m ³):	7,71	8,10	9,08	9,55	10,10	10,60

Fonte: o autor (2022) adaptado de Sanepar.

Identificou-se por meio dos dados de volume de água consumidos no combate a incêndios, mensalmente, no período do mês de agosto de 2017 a julho de 2022, os volumes considerados como a demanda, o consumo da água pelos quartéis. Após, consultou-se o preço desse volume de água conforme a tarifa cobrada à época do consumo. Deste modo, foi possível calcular o custo da água em cada PB analisado.

Estimando que toda a água consumida em operações de combate a incêndios na área de atuação do 1º GB, durante o quinquênio de agosto de 2017 a julho de 2022, tenha sido originada de hidrantes públicos, visto que não foi controlada a origem da água empregada, se de fontes naturais ou fontes artificiais, é possível que esta água tenha custado no total R\$ 110.063,93 aos cofres públicos. O período analisado entre os meses de agosto de 2019 e julho de 2020, apresentou o gasto mais alto, R\$ 33.719,12, responsável por mais de 30% do custo total no quinquênio. Observou-se que no mês de setembro de 2019, foram consumidos mais de 827 m³ de água para combater o incêndio em um barracão na Linha Verde em Curitiba³.

A Tabela 2 traz pormenorizadamente, o custo da água para combate a incêndios em Reais (R\$) por período, em cada PB que operou ininterruptamente na missão de combate a incêndios no quinquênio pesquisado.

³ <https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/incendio-barracao-linha-verde-curitiba/>

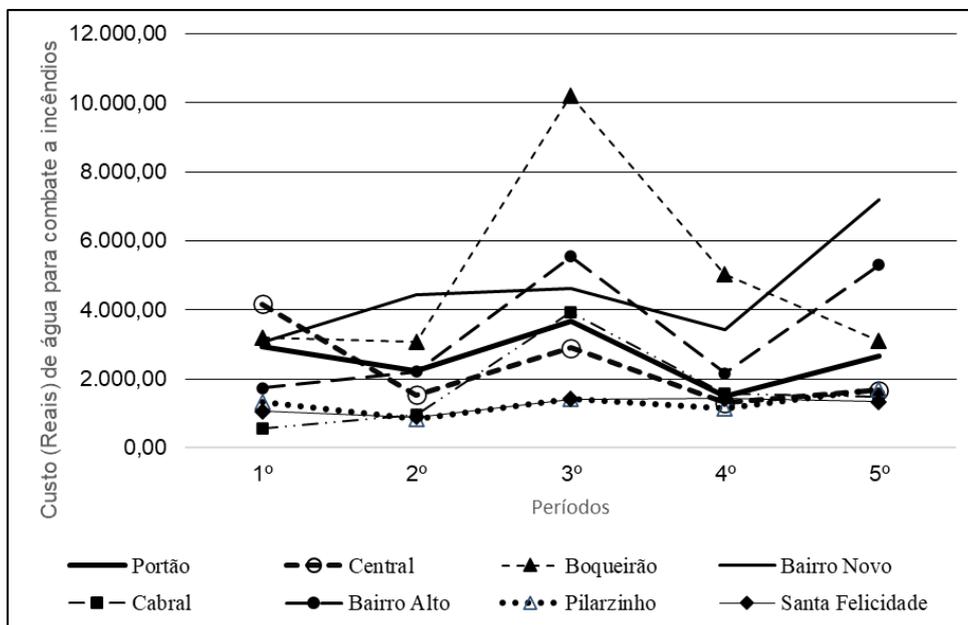
Tabela 2 - Custo (Reais) de água para combate a incêndios por período.

PB	1º	2º	3º	4º	5º	Total
Portão	2.946,23	2.246,23	3.658,06	1.495,63	2.659,51	13.005,66
Central	4.175,19	1.531,38	2.896,98	1.312,91	1.675,48	11.591,94
Boqueirão	3.196,91	3.080,83	10.219,54	5.028,32	3.114,93	24.640,53
Bairro Novo	3.055,51	4.439,22	4.623,58	3.415,14	7.189,32	22.722,77
Cabral	552,80	963,14	3.934,41	1.582,50	1.474,49	8.507,34
Bairro Alto	1.743,83	2.212,57	5.546,83	2.169,87	5.310,45	16.983,55
Pilarzinho	1.342,21	838,20	1.418,65	1.142,28	1.707,69	6.449,03
Santa Felicidade	1.066,55	902,02	1.421,07	1.437,41	1.336,06	6.163,11
Total	18.079,23	16.213,59	33.719,12	17.584,06	24.467,93	110.063,93

Fonte: o autor (2022).

A Figura 5 contém um gráfico com a evolução dos custos em Reais (R\$), por período em cada um dos 8 postos de bombeiros pesquisados.

Figura 5 - Evolução dos custos em Reais (R\$) por período.

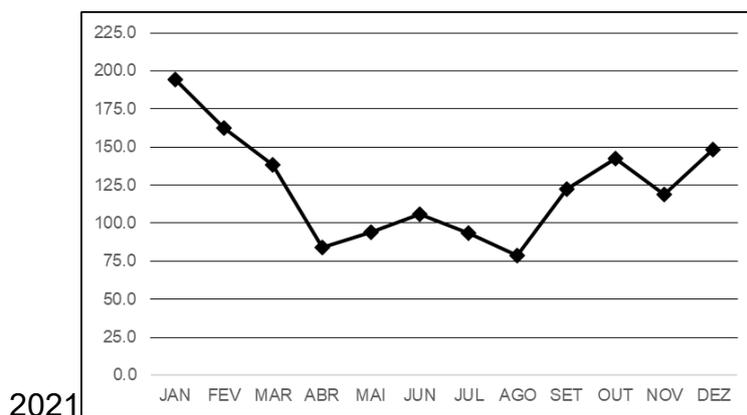


Fonte: o autor (2022).

4.3 DADOS DE CHUVA

Por meio do Relatório de Totais Mensais de Precipitação, gerado no Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto Água e Terra, obteve-se a série histórica de precipitação mensal dos últimos 60 anos, para o município de Curitiba, identificando-se a média anual de 1.481,5 mm (IAT, 2022). Observa-se que nos meses de Janeiro ocorreram as maiores precipitações, e nos meses de Abril e Agosto os menores valores de precipitação, como pode ser constatado por meio do gráfico da Figura 6, o qual demonstra os totais mensais de precipitação (mm) no período de 1962 a 2021 em Curitiba-PR, obtidos mediante a estação 2549006 de Curitiba – PR.

Figura 6 - Totais mensais de precipitação (mm) no período de 1962 a



Fonte: o autor (2022) adaptado de Sistema de Informações Hidrológicas - SIH.

4.4 ÁREA TOTAL DO TELHADO

Com o objetivo de avaliar a área de captação pluviométrica na cobertura das edificações em concreto, executou-se os procedimentos relatados por Picolotto e Luiz Filho, (2023), os quais fundamentaram-se em digitalizar os telhados de edificações distintas por meio da ferramenta de polígonos disponível no *software Google Earth Pro* e salvos como KML

(*Keyhole Markup Language*). Edifícios digitalizados com telhados fabricados em materiais diferentes foram provenientes desse processo. Importou-se os arquivos para o *software ArcGIS Pro* e converteu-se para *Shapefile* (.shp). Alterou-se o sistema de coordenadas do *Shapefile* individualmente para o sistema de coordenadas projetado, isto é, EPSG: 31982 - SIRGAS 2000 / Zona UTM 22S calculando-se as áreas dos telhados digitalizados mediante a ferramenta de cálculo de geometria disponível no *ArcGIS Pro*. Por conseguinte, a tabela de atributos com dados das áreas dos telhados foi convertida para arquivo do Microsoft *Excel* com a extensão .XLSX no qual foi realizado o processamento dos dados.

4.5 VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA

Considerando a área total do telhado de cada edificação, um coeficiente de escoamento de 0,80 e a série histórica de dados mensais de pluviosidade, determinou-se o volume mensal de captação de água de chuva. A perda de 20% da água pluvial descartada para limpeza do telhado e evaporação é indicada pelo coeficiente de escoamento. Portanto, usando a fórmula de Nissen-Petersen; Gould (1999) Eq. (1), é possível estimar o volume de água de chuva que pode ser captado em cada quartel analisado:

$$VR = \frac{R \times TRA \times Rc}{1000} \quad \text{Eq. (1)}$$

onde VR é o volume mensal de água de chuva previsto de ser captado em cada edificação em (m³/mês); R é a precipitação mensal (mm/mês); TRA é a área total do telhado da edificação em m²; Rc é o coeficiente de escoamento de Runoff (adimensional), e 1000 é o fator de conversão de litros para m³.

4.6 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

Os reservatórios de água de chuva podem ter seu dimensionamento por diversos métodos, entre os quais cita-se o empregado neste trabalho que foi o Diagrama de Massa – Rippl, que determina o volume mínimo a ser armazenado para atendimento da demanda em um período. Nesse caso o período é anual.

5 RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta o potencial mensal de captação de águas pluviais em m³ e área total de cobertura em m² em cada quartel analisado.

Tabela 3 - Potencial mensal de captação de águas pluviais e área total de cobertura.

PB	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total (m ³)	Área (m ²)
Portão Central	413	346	294	178	200	225	199	167	260	303	253	316	3.155	2.657
Boqueirão	483	405	345	209	234	264	233	196	305	355	297	370	3.696	3.113
Bairro Novo	317	266	226	137	154	173	153	129	200	233	195	243	2.424	2.042
Cabral	34	28	24	15	16	18	16	14	21	25	21	26	258	217
Bairro Alto	79	66	56	34	38	43	38	32	50	58	48	60	601	505,9
Pilarzinho	28	24	20	12	14	15	14	12	18	21	17	22	217	182,8
Santa Felicidade	33	28	24	14	16	18	16	13	21	24	20	25	253	213,2
CIC	66	56	47	29	32	36	32	27	42	49	41	51	508	428
Total	239	201	171	103	116	131	116	97	151	176	147	183	1.831	1.542
Total	1.693	1.419	1.207	731	821	923	817	686	1.068	1.243	1.038	1.295	12.942	10.900

Fonte: os autores (2022).

A fim de comparar os volumes de água de chuva com potencial de captação (Tabela 3) e a demanda de cada quartel no período distribuído no ano, foi elaborada a Tabela 4 e assim, subsidiar a análise da viabilidade da implantação.

Tabela 4 – Demanda média de água (m³) para combate a incêndios.

PB	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
Portão	2	54	20	18	20	12	20	27	27	16	37	44	297
Central	5	13	10	13	16	9	19	26	88	17	36	15	267
Boqueirão	45	27	16	28	26	12	32	38	208	29	54	55	570
Bairro Novo	26	76	27	26	26	27	134	25	41	19	40	51	518
Cabral	7	72	6	7	5	11	17	9	15	7	7	9	172
Bairro Alto	25	106	15	38	35	13	31	21	22	17	16	38	377
Pilarzinho	10	8	14	13	7	4	3	10	20	8	9	15	121
Santa Felicidade	8	11	18	12	9	6	14	14	16	3	10	12	133
Total	128	367	126	155	144	94	270	170	437	116	209	239	2455

Fonte: os autores (2022).

Por meio da comparação entre as Tabelas 3 e 4, é possível concluir que o potencial de captação e reserva de águas pluviais no PB Portão é capaz de prover recursos hídricos para operações de combate a incêndios durante todos os meses do ano para aquele quartel. Ainda, em que pese o PB Central possuir um elevado potencial de captação pluvial, possui um fator dificultador que é a área disponível para alocação dos reservatórios. Contudo, devido à alta capacidade de captação e reserva de água do PB Portão, este pode fornecer o volume necessário para operação dos caminhões de combate a incêndios no PB Central durante todos os meses do ano.

Com relação ao PB Boqueirão, verificou-se que o volume possível de ser captado mensalmente, é suficiente para suprir as demandas hídricas do caminhão de combate a incêndios denominado Auto Bomba Tanque e Resgate (ABTR) do quartel em todos os meses do ano, com exceção do mês de setembro. Todavia, este dado deve ser considerado com cautela, tendo em vista a presença de um *outlier*, ou seja, o já citado incêndio em um barracão na Linha Verde em Curitiba no mês de setembro de 2019.

No tocante ao PB Bairro Novo, percebeu-se que o potencial de captação de água de chuva é inferior ao consumo de água em operações de combate a incêndios em pelo menos dez meses do ano, dessa forma, o volume captado para contribuir com a economia de água potável não é suficiente para substituir o emprego de água oriunda de hidrantes públicos. Uma alternativa sustentável, pode ser o abastecimento do ABTR com a água captada no PB CIC, haja vista o expressivo potencial de captação dessa edificação.

No que tange ao PB Cabral, somente no mês de fevereiro o volume potencial de ser captado é inferior ao consumo em incêndio. Com relação ao PB Bairro Alto, a capacidade de captação é inferior em sete meses do ano, sendo conveniente para auxiliar na economia de água de boa qualidade, entretanto, não é capaz de substituir a água potável empregada nas operações de combate a incêndios. No PB Pilarzinho e PB Santa Felicidade, o potencial mensal de captação de águas pluviais é suficiente para atender em média durante todos os meses do ano.

5.1 ESTRUTURA PARA ARMAZENAMENTO

O sistema de captação e armazenamento de água de chuva é composto pela superfície de captação (nesse estudo especificamente o telhado dos Postos de Bombeiros), calha de captação e condução das águas, tubulação condutora, separador das primeiras águas (ou qualquer equipamento capaz de exercer a função), em determinadas situações filtro localizado pós separador das primeiras águas, pela cisterna propriamente dita com tampa, sangradouro e bomba. Cada instalação tem uma função de maneira a garantir a coleta adequada na quantidade e qualidade suficientes para o abastecimento d'água.

Figura 7 –Reservatório para aproveitamento de água de chuva.

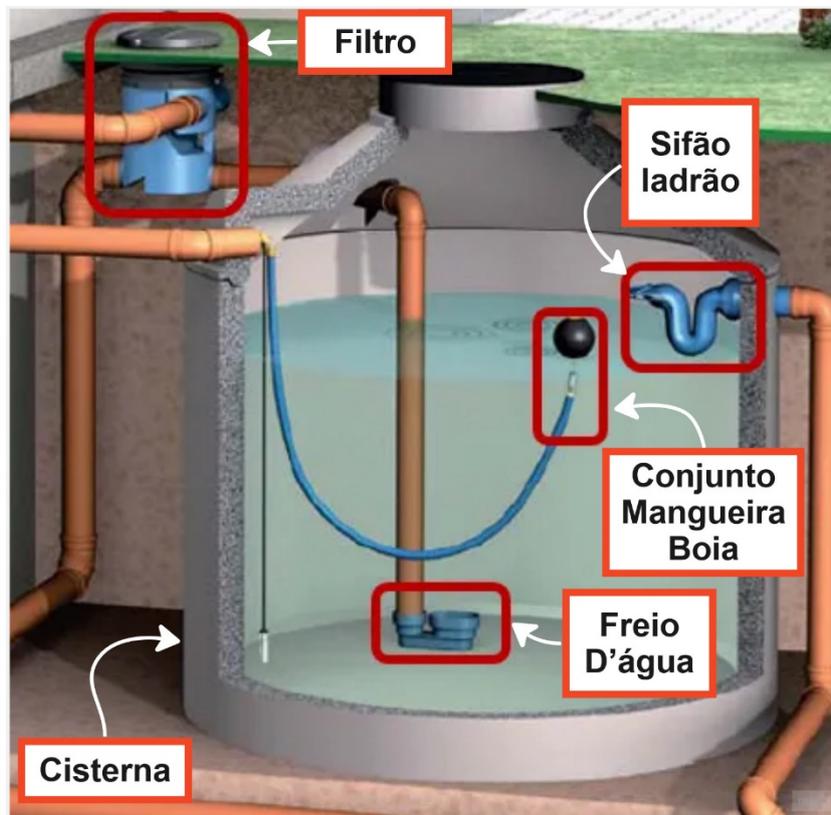


Fonte: os autores (2023) adaptado de Instituto Federal do Sul de Minas Gerais.

Considerando o exemplo da Figura 7, na qual é demonstrado um reservatório com capacidade para 16 mil litros, é necessária uma área com diâmetro mínimo de 3,5 m e uma altura de 2,5 m. Além disso, são necessárias as calhas de captação de águas pluviais, instaladas em seções de telhados que garantam as áreas mínimas de captação, os condutores verticais - colunas - os condutores horizontais de alimentação dos reservatórios, os sistemas de autolimpeza, de extravazão e condução dos excessos. De acordo com o posicionamento dos reservatórios poderão ser necessários sistemas elevatórios com utilização de conjunto mangueira boia e motobombas para abastecimento dos caminhões. Devido a fluabilidade do conjunto mangueira boia, este proporciona a captação da água do ponto no reservatório em que está mais limpa, impossibilitando a captação de resíduos decantados no fundo da cisterna ou em suspensão na superfície da água (EcoSoli, 2023).

O sistema de autolimpeza (Figura 8) pode ser composto por filtro com separação e retirada de sólidos por meio de dupla filtragem - peneira grossa e peneira fina, instalado antes da entrada da cisterna; freio d'água que visa reduzir a energia e velocidade da água oriunda do filtro ao chegar na cisterna e a fim de evitar a invasão por insetos e roedores, emprega-se um sifão ladrão com barreira contra odores e com sucção da água na superfície pelas duas aletas com efeito *skimmer* (EcoSoli, 2023).

Figura 8 – Sistema de autolimpeza.



Fonte: o autor (2023) adaptado de EcoSoli.

Conforme definido na metodologia, obteve-se os valores de volume mínimo de reservação para uma calculada fração da área de captação disponível por meio do método numérico GRC Não Linear – Solver – Excel. Quando uma calculada fração da área de captação disponível resultou em um valor maior que 1, determinou-se o sistema como inviável para atender a demanda.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de dimensionamento de reservatórios com seus volumes mínimos de reservação (m^3) e áreas de captação de telhados para abastecerem o sistema.

Tabela 5 - Quartéis - Especificações de aproveitamentos de telhados, volumes de reservação e viabilidade de implantação.

PB	Volume de reservação (m3)	Viabilidade	Observações
Portão	24	Viável	A fração de 0,10 resulta em um valor < 1, ou seja, 10% da área de captação do telhado.
Portão + Central	78	Viável	A fração de 0,21 resulta em um valor < 1, ou seja, 21% da área de captação do telhado, estima-se um médio custo para atender a demanda total.
Boqueirão	157	Viável	A fração de 0,27 resulta em um valor < 1, ou seja, 27% da área de captação do telhado, estima-se um alto custo para atender a demanda total.
Bairro Novo	268	Inviável	A fração resulta em um valor > 1, ou seja, 100% da área de captação do telhado, sendo inviável o uso de água de chuva, o qual poderá ocorrer somente em alguns períodos menores do ano.
Cabral	51	Viável	A fração de 0,32 resulta em um valor < 1, ou seja, 32% da área de captação do telhado, estima-se um médio custo para atender a demanda total.
Bairro Alto	163	Inviável	A fração resulta em um valor > 1, ou seja, 100% da área de captação do telhado, sendo inviável o uso de água de chuva, o qual poderá ocorrer somente em alguns períodos menores do ano.
Pilarzinho	12	Viável	A fração de 0,52 resulta em um valor < 1, ou seja, 52% da área de captação do telhado.
Santa Felicidade	17	Viável	A fração de 0,30 resulta em um valor < 1, ou seja, 30% da área de captação do telhado.

Fonte: o autor (2023).

Nota-se que os PB Bairro Novo e Bairro Alto não detém capacidade para atendimento da demanda total exclusivamente por armazenamento de água de chuva.

6 CONCLUSÃO

O suprimento de água é um fator determinante para o sucesso nas operações de combate a incêndios. No entanto, recorrentes períodos de escassez hídrica, exigem a adoção de estratégias que visem a preservação da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos, por meio da identificação de fontes alternativas sustentáveis e economicamente viáveis de água.

Posto isso, mediante a comparação dos dados presentes na tabela de evolução tarifária da Sanepar, com os dados mensais de consumo de água nas

operações de combate a incêndios no último quinquênio na cidade de Curitiba, estimou-se o gasto de R\$ 110.063,93 com água potável.

Por intermédio do Relatório de Totais Mensais de Precipitação, gerado no Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto das Águas do Paraná, obteve-se a série histórica de precipitação mensal dos últimos 60 anos, para o município de Curitiba, resultando em uma média anual de 1.481,5 mm.

O presente estudo ainda mapeou os Postos de Bombeiros em Curitiba-PR, verificando que todos os quartéis apresentam considerável potencial para captação de água de chuva, com exceção daqueles situados no Bairro Novo e no Bairro Alto. No que diz respeito a viabilidade para reservar a água captada para uso no abastecimento dos caminhões de combate a incêndio, somente o PB Central apresentou limitações de área para alocação dos reservatórios.

A tabela 4 demonstrou a média da demanda hídrica nas ocorrências de combate a incêndio da série histórica dos últimos cinco anos, apresentando o volume médio consumido mensalmente. Ao associá-la à tabela 3 é possível perceber o potencial da edificação para captar a água de chuva, e consequentemente a economia de água de boa qualidade nas operações de combate a incêndios, através da substituição pelas águas pluviais armazenadas.

Nem todas as edificações estudadas têm potencial para atender a demanda total exclusivamente com água de chuva, porém, mesmo nas edificações com déficit em sua capacidade de captação, é possível o sistema contribuir para reduzir o consumo de água potável.

Verificou-se que a captação, armazenamento e manejo das águas pluviais apresentou potencial de economia de recursos financeiros, mediante a substituição da água de boa qualidade por uma de qualidade inferior, entretanto, cada caso precisa ser analisado com relação aos custos de sua implantação, bem como de manutenção para efeito de amortização dos investimentos.

Futuros estudos podem investigar alternativas suplementares para substituição da água potável, por uma água de qualidade inferior, para emprego nas operações de combate a incêndios.

REFERÊNCIAS

ASCOM REIORIA/IFSULDEMINAS. IFPLUVIAL: sustentabilidade e preocupação com o futuro. 2020. Disponível em: <https://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/noticias/242-if/2768-ifsuldeminas-amplia-projeto-de-usinas-fotovoltaicas-para-geracao-de-energia-solar>. Acesso em: 24 set. 2022.

BASIX. Building Sustainability Index. Interim Rainwater Harvesting System Guidelines. 2015. Disponível em: https://www.basix.nsw.gov.au/iframe/images/BASIX_Rainwater_Harvesting_System_Guidelines.pdf. Acesso em: 23 jun. 2021.

BORJA, P. C.; LORDELO, L. M. K.; SILVA SANTOS, J. E. **Água, cisternas e Semiárido Brasileiro**. Cruz das Almas, BA: EDUFRB, 2022. 366p.; il. Disponível em: <https://online.fliphtml5.com/sjtcu/ceom/#p=8>. Acesso em: 23 out. 2023.

BRASIL. Congresso Nacional. Legislação e Publicações. Glossário de Termos Orçamentários. Disponível em: https://www.congressonacional.leg.br/legislacao-e-publicacoes/glossario-orcamentario/-/orcamentario/termo/principio_da_economicidade. Acesso em: 4 mar. 2023.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos da água; Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=09/01/1997&jornal=1&pagina=4&totalArquivos=64>. Acesso em: 5 fev. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de

2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 23 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm#art1. Acesso em: 23 set. 2022.

CBMDF. Módulo 1 - Comportamento do fogo. Manual básico de combate a incêndio. Distrito Federal. 2009. 2ª Edição. Disponível em: https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/335/1/incendio_modulo_1_comportamento_do_fogo.pdf. Acesso em: 2 nov. 2023.

CBMGO. Manual Operacional de Bombeiros. Combate a Incêndio Urbano/Corpo
CBMPR. Disponível em: <https://www.bombeiros.pr.gov.br/1gb/Pagina/Area-de-Atuacao-1o-GB>. Acesso em: 27 jun. 2021.

CBMPR. PLANO ESTRATÉGICO 2017-2025 2. ed. Curitiba. 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.pr.gov.br/Pagina/Planejamento-Estrategico>. Acesso em: 2 fev. 2022.

CBPMESP. Suprimento de água em combate em incêndios. Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros. 1. ed. São Paulo. 2006. v. 2. Disponível em: <https://www.bombeiros.com.br/imagens/manuais/manual-02.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2023.

CBMGO. Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano/Corpo de Bombeiros Militar. 1. ed. Goiânia. 2017. 453 p. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-Combate-a-Inc%C3%AAndio-Urbano-CBMGO.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2023.

ECOSOLI. 2023. Disponível em: <https://www.ecosoli.com.br/kit-filtro-agua-de-chuva-vf1>. Acesso em: 7 maio 2023.

FONTÃO, Pedro Augusto Breda. A crise hídrica no Brasil. **Revista CREA-PR**, Curitiba, 103 ed., mar./abr. 2022. Disponível em: https://revista.crea-pr.org.br/wp-content/uploads/2022/05/Crea_Revista_103.pdf. Acesso em: 23 set. 2022.

GARDNER, Scott. Rain Water Collection for Fire Suppression. **Browning Ranch Journal**. Texas. 2012. Disponível em: https://cdn.ymaws.com/www.arcsa.org/resource/resmgr/files/disasters/6._rain_water_collection_for.pdf. Acesso em: 2 nov. 2023.

GNADLINGER, J. PALMIER, L. R. SZILASSY, E. BRITO, L. T. Tecnologias de Captação e Manejo de Água de Chuva para o Semi-Árido Brasileiro. 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/37097/1/OPB1652.pdf>. Acesso em: 26 set. 2022.

IAT. Instituto Água e Terra. Relatório de Totais Mensais de Precipitação. Sistema de Informações Hidrológicas - SIH. 2022. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioTotaisMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>. Acesso em: 24 set. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/curitiba.html>. Acesso em: 6 maio 2023.

MARTINS VAZ, I. C.; GHISI, E.; SOUZA, J. C. Potential use of rainwater as a tool for fire stations and firefighting. *Science of The Total Environment*, v. 898, p. 165510, 2023.

MONTICELLO: dependências (plano), verso, antes de 4 de agosto de 1772, por Thomas Jefferson [edição eletrônica], Thomas Jefferson Papers: An Electronic Archive (Boston: Massachusetts Historical Society, 2003). <https://www.monticello.org/site/blog-and-community/posts/reconstructed-pump-harvests-water-jeffersons-gardens>. Acesso em: 23 jun. 21.

MOURA, M. S. B. de GALVINCIO, J. D. BRITO, L. T. de L. SILVA, A. de S. SÁ, I. I. de LEITE, W. de M. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável: anais. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 1 CD-ROM. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/159173>.

NISSEN-PETERSEN, E, GOULD, J. **Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation**. London. Intermediate Technology Publications, 1999. 335 p. ISBN 1853394564.

ONU. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Água potável e saneamento. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 2 nov. 2023.

PARANÁ. [Constituição (1989)]. **Constituição do Estado do Paraná**. Curitiba: Assembleia Legislativa do Estado do Paraná, 2022. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/exibirAto.do?action=iniciarProcesso&codAto=9779&codItemAto=97592>. Acesso em: 2 nov. 2023.

PARANÁ. Decreto n. 4.626 de 07 de maio de 2020. Decreta situação de emergência hídrica no Estado do Paraná pelo período de 180 dias. **Diário Oficial Executivo**. 7 maio 2020.

PARANÁ. Lei nº 18.519, de 23 de julho de 2015. Instituição da Política Estadual de Proteção e Defesa Civil. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=144318>. Acesso em: 23 set. 2022.

PICOLOTTO, G. A.; LUIZ FILHO, J. da S.. Demanda Hídrica rara o Combate a Incêndio em Municípios Paranaenses Sede de Grupamentos de Bombeiros ou Subgrupamentos de Bombeiros Independentes e o Aproveitamento de Águas Pluviais: Uma alternativa sustentável e eficiente nos períodos de estiagem. **REVISTA FOCO**, [S. l.], v. 16, n. 02, p. e905, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n2-047. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/905>. Acesso em: 2 nov. 2023.

Sanepar. Companhia de Saneamento do Paraná. Curitiba. Tabela de Evolução Tarifária. Disponível em <https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/clientes2012/tabeladeevolucaotarifaria2022.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.