



Impacto de variáveis locais na determinação do dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água pluvial segundo aspectos econômicos

Impact of local variables on the determination of the optimal volume of building water system reservoirs according to economic aspects

Impacto de variables locales en la determinación del volumen óptimo de construcción de embalses de sistemas de agua según aspectos económicos

MUNIZ, Letícia Alves¹
BARROS, Renata Lima²
CAMPOS, Marcus André Siqueira³

¹Engenheira Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás, Brasil.
leticia.muniz01@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-4017-3112

²Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás; Engenheira Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás, Brasil.
renata_lima_barros@discente.ufg.br
ORCID ID: 0000-0003-4781-117X

³Doutor, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas; Mestre, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos; Engenheiro Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
marcus_campos@ufg.br
ORCID ID: 0000-0002-2499-9897

Recebido em 05/12/2022 Aceito em 08/05/2023



Resumo

Um das principais preocupações da atualidade é o alastramento da crise hídrica no mundo. A problemática é causada, dentre outras questões, pelo crescimento populacional e modificação das práticas de consumo. Os Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial (SPAAP) caracterizam-se como uma solução pois a redução do consumo de água potável. O custo desta implementação envolve diversos fatores e que dependem de diferentes variáveis, tais como tarifa de água, preços de serviço e materiais de construção e regime pluviométrico. Esta pesquisa objetiva estudar o impacto das variáveis locais na determinação do volume ótimo de um reservatório de um SPAAP considerando aspectos econômicos. Para tal, simulou-se o dimensionamento de reservatórios de uma edificação escolar em 5 cidades brasileiras sob a ótica de 4 cenários: a situação real e mais três cenários onde duas variáveis locais eram mantidas iguais para todas as cidades e se variava apenas uma, tentando medir o impacto que cada uma destas possuía no dimensionamento do reservatório e na viabilidade econômica do sistema. Ao final, verificou-se que a estrutura tarifária (preços e políticas de reajustes) foi o que mais interferiu na viabilidade do sistema, podendo ser pensado como uma política de incentivo de implementação desta tecnologia.

Palavras-Chave: Sistemas de Aproveitamento de água; Viabilidade Econômica; Variações Climáticas.

Abstract

One of the main concerns today is the spread of the water crisis in the world. The problem is caused, among other issues, by population growth and changes in consumption practices. Building Systems for the Use of Rainwater (SPAAP) are characterized as a solution for reducing the consumption of potable water. The cost of this implementation involves several factors that depend on different variables, such as water tariff, service prices and construction materials and rainfall. This research aims to study the impact of local variables in determining the optimal volume of a SPAAP reservoir considering economic aspects. To this end, the dimensioning of reservoirs in a school building in 5 Brazilian cities was simulated from the perspective of 4 scenarios: the real situation and three more scenarios where two local variables were kept the same for all cities and only one was varied, trying to measure the impact that each of these had on the dimensioning of the reservoir and on the economic viability of the system. In the end, it was found that the tariff structure (prices and readjustment policies) was what most interfered with the viability of the system, and can be thought of as an incentive policy for the implementation of this technology.

Key-Words: Water Harvesting Systems; Economic viability; Climate Variations.

Resumen

Una de las principales preocupaciones hoy en día es la propagación de la crisis del agua en el mundo. El problema es causado, entre otras cuestiones, por el crecimiento de la población y los cambios en las prácticas de consumo. Los Sistemas Constructivos de Aprovechamiento de Agua de Lluvia (SPAAP) se caracterizan como una solución para la reducción del consumo de agua potable. El costo de esta implementación involucra varios factores que dependen de diferentes variables, como la tarifa del agua, los precios de los servicios y los materiales de construcción y las precipitaciones. Esta investigación tiene como objetivo estudiar el impacto de las variables locales en la determinación del volumen óptimo de un yacimiento SPAAP considerando aspectos económicos. Para ello, se simuló el dimensionamiento de reservorios en un edificio escolar en 5 ciudades brasileñas desde la perspectiva de 4 escenarios: la situación real y tres escenarios más donde se mantuvieron dos variables locales iguales para todas las ciudades y solo se varió una, tratando de medir el impacto que cada uno de estos tuvo en el dimensionamiento del embalse y en la viabilidad económica del sistema. Al final, se encontró que la estructura tarifaria (precios y políticas de reajuste) fue lo que más interfirió en la viabilidad del sistema, pudiendo pensarse como una política de incentivos para la implementación de esta tecnología.

Palabras clave: Sistemas de captación de agua; Viabilidad económica; Variaciones Climáticas.

1. Introdução

O crescimento populacional é um dos grandes responsáveis pelo aumento na demanda por água. Segundo a UN(2022), há mais de 8 bilhões de habitantes em todo o mundo e estima-se que até 2050 este número aproxime-se de 10 bilhões de pessoas. Os números são preocupantes, porque quanto mais se aumenta o número de pessoas, mais reservas de água com qualidade são necessárias, sendo que na atualidade 10% da população mundial já não possui água potável disponível (UN, 2021).

O salto no número de pessoas no mundo não é um problema só pelo fato de que mais pessoas precisarão do recurso hídrico em si. Com o crescimento da população há a necessidade da intensificação tanto da atividade agrícola como da industrial, que representam, o que aumenta a poluição do meio ambiente, e conseqüentemente, afeta as reservas de água, quantitativa e qualitativamente.

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento de Recursos Hídricos (CONNOR et al., 2021), estima-se que no ano de 2050 haja um aumento de 55% na demanda mundial de água para suprir o crescimento do setor industrial, da geração de energia por meio das termelétricas, bem como do consumo doméstico. Este quadro pode gerar o chamado estresse hídrico, quando a quantidade de água utilizada é maior que sua possibilidade de renovação natural, o que causa redução das reservas disponíveis. No caso das mudanças climáticas, Barker *et al* (2021) estimam que, na Austrália, o aumento de temperatura provocará um aumento no consumo de água entre 2,0 a 2,4 Giga litros. Os autores apontam quem mesmo com um aumento relativamente pequeno, a escassez provocada pelo aquecimento poderá provocar mais situações de escassez.

Sendo assim, o uso de medidas que promovam a conservação de água é essencial. Embora o uso doméstico de água represente apenas 10% do consumo total (UN,2021) esta água é tratada o que acarreta no aumento do consumo de energia embutida no processo (BRANDÃO, CAMPOS 2019). Neste cenário, edificações que promovam a conservação de água são fundamentais. Dentre os aspectos que estão sendo discutidos, o aproveitamento de água pluvial é essencial. De acordo com Souto, Reis, Campos (2022), além de promover a redução do consumo de água potável, a implantação destes sistemas pode reduzir os picos de vazão da rede pública de drenagem.

O aproveitamento de água pluvial consiste na coleta de água proveniente da cobertura e destinada para um armazenamento. Esta prática já é bastante utilizada em diversos países tais como: Austrália (ALIM et al., 2020; Khan et al.,2021; PREETI et al., 2022), Estados Unidos (GHODSI et al, 2023), Reino Unido (KIM, HUMPHREY, HOFMAN, 2022), Brasil (SOUTO, REIS, CAMPOS, 2022; CUSTODIO, GHISI, 2023) entre outros.

Ao se observar os trabalhos, é possível observar que a busca por um volume ótimo que busque atender impactos urbanos ((SOUTO, REIS, CAMPOS, 2022; CUSTODIO, GHISI, 2023) ou que estudam impactos das mudanças climáticas (PREETI et al., 2022), a determinação do volume é uma parte importante destas análises. Mesmo havendo uma diversidade de métodos de dimensionamentos, sabe-se que a oferta de água pluvial (tanto na área de coleta quanto no regime pluviométrico), na demanda e em aspectos econômicos são fundamentais para uma viabilidade econômica atrativa para os investidores neste tipo de sistema.

Países como Brasil, com diversidades climáticas e econômicas substanciais, a avaliação deve ser pontual e pode, quando analisada conjuntamente, determinar a importância que cada variável apresenta. Partindo deste pressuposto, surge o objetivo desta pesquisa, uma vez que este estudo busca aprimorar o conhecimento sobre a viabilidade econômica destes sistemas no país. Sendo assim,

o objetivo é estudar o impacto que variáveis locais, tais como tarifa de água, preços de serviço e materiais de construção e regime pluviométrico, possuem na determinação do volume ótimo de um reservatório de um sistema predial de aproveitamento de água pluvial considerando aspectos econômicos.

2. Metodologia

Para a realização da pesquisa, foi necessário, primeiramente, a definição do objeto de estudo. É importante que seja esclarecido que, foi escolhida apenas uma edificação de estudos e cinco diferentes cidades escolhidas, ou seja, foi analisado o mesmo edifício implantado em todas as cidades. Então, parte-se para o dimensionamento do reservatório em cada caso, e assim para a simulação de cenários para as análises e discussões.

O sistema foi concebido pensando em um reservatório inferior e um outro superior (de volume igual a demanda diária). Sendo assim, seria necessário a instalação de uma bomba para permitir que o recalque deste volume ocorra diariamente. Na determinação do volume recalcado, estimou-se que a bomba funcionaria no máximo 6 horas por dia.

Para o dimensionamento do reservatório foi escolhido o programa RAIN TOOLBOX, desenvolvido por Campos (2012), em que o volume determinado vem da otimização da função Valor Presente Líquido (VPL), através da técnica de otimização PSO (*particle swarm optimization* - Otimização por enxames de partículas). Sendo assim, o volume encontrado será o que trará o maior VPL.

No cálculo do reservatório são necessários a determinação da demanda e da oferta, e levantamento de determinados valores como: o custo do reservatório; os custos de operação e manutenção do sistema; o valor da tarifa de água praticada e histórico de reajustes. Nos reservatórios foi sempre considerada uma profundidade máxima de 2 m e que o material para construção do mesmo é o concreto armado, o que significa uma vida útil de 20 anos, conforme especificado na NBR 15525-6 (ABNT, 2021).

A taxa mínima de atratividade adotada neste trabalho, foi de 0,83% ao mês, os mesmos valores utilizados por Campos (2012). Este é o valor utilizado para comparação do retorno do investimento, e, caso este retorno seja maior que a taxa, o projeto é considerado viável.

2.1. Objeto de estudo

O edifício escolhido foi inicialmente projetado para ser a Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás, em Jataí. A edificação possui quatro pavimentos, sendo que o térreo possui 1335m², o primeiro pavimento, 1309m² e o segundo e terceiro pavimentos 1296,40m² cada um, além de 100,60m² do pavimento técnico. A área construída total é de 5337,40m² e área de cobertura de 1488,02m². O edifício conta com salas de aula, laboratórios, sala de professores, centro acadêmico, mini auditórios, consultórios, lanchonete e copiadora.

Partindo da edificação, simulou sua instalação em 5 cidades diferentes. As cidades foram escolhidas com base na disponibilidade de dados de precipitação diárias, com registros históricos de 15 anos e dos preços de materiais e mão de obra segundo a tabela SINAPI. Além disso, foi decidido que seriam escolhidas cidades entre as capitais do país, o que facilitaria o acesso a dados da tabela SINAPI. Quanto à precipitação, foram escolhidas cidades em isotetas diferentes. Deste modo, foram escolhidas as cidades de Natal, Brasília, Curitiba, Belo Horizonte e Palmas, contemplando uma em cada região do país. Ressalta-se que não pretende, com as escolhas destas cidades, que as mesmas representem as regiões que cada uma destas faz parte.

2.2. Dimensionamento de reservatórios

Para o dimensionamento dos reservatórios seguindo método utilizado e já descrito, são necessárias algumas informações. Para dar início às simulações foi considerada uma profundidade máxima do reservatório de 2 m e que o material para construção dele foi o concreto armado, o que significa uma vida útil de 20 anos, ou seja, o VPL será calculado para este tempo de vida do reservatório. Alguns dados de entradas foram necessários e são descritos a seguir.

2.2.1. Oferta de água pluvial

Os regimes pluviométricos foram obtidos por meio de séries históricas de 15 anos, de 2001 a 2015 registradas nas estações meteorológicas do INMET em cada cidade (INMET, 2016). Os dados obtidos eram diários e por meio deles foi possível calcular as precipitações médias mensais e verificar os períodos de menor altura pluviométrica.

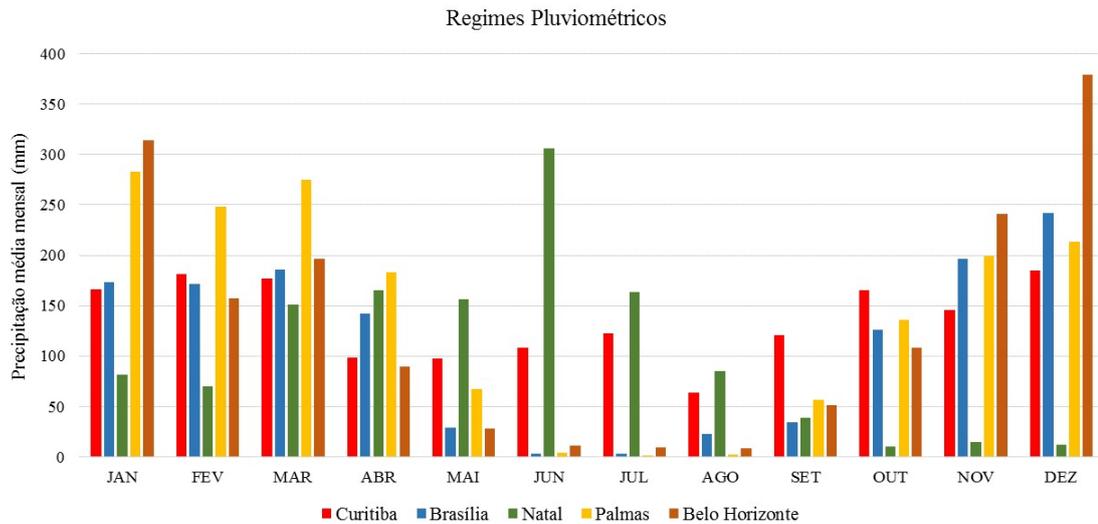
A cidade de Curitiba é a que possui o regime pluviométrico mais uniforme, ou seja, as chuvas são muito bem distribuídas ao longo do ano. Outra peculiaridade de Curitiba, é que suas médias mensais não ultrapassam os 200mm e as mínimas não são menores do que 50mm, o que indica que o local não sofre de extensos períodos de seca. A precipitação média anual é de 1630,35mm.

As cidades de Belo Horizonte e Brasília possuem o mesmo período do ano de seca, com precipitações abaixo de 50mm, que vai de maio a agosto, sendo que em setembro a precipitação média de Belo Horizonte é somente um pouco superior aos 50mm, e a de Brasília ainda é inferior à 50mm.

Em Palmas, o período com o maior volume de chuvas é de janeiro a março, quando as máximas vão de 250mm a 300mm, já o período de seca, com precipitação menor que 50mm vai de junho a agosto, sendo que a média total anual é de 1668,83mm.

Natal possui um regime diferente, em que a média anual é de 1254,37mm, a menor média anual dentre as cidades estudadas. A máxima precipitação acontece no mês de junho, com média de aproximadamente 300mm, sendo que as precipitações menores que 50mm podem ser observadas entre os meses de setembro e dezembro e em todo o ano, exceto no mês de junho, as precipitações não ultrapassam os 170mm. A Figura 1 apresenta as precipitações médias de cada uma das cinco cidades investigadas.

Figura 1 – Regime Pluviométrico das cinco cidades



Fonte: elaborado a partir de dados do INMET

2.2.2. Demanda de águas pluvial

Campos (2012) realizou um levantamento para estimar a demanda em uma edificação representativa do tipo institucional educacional pública, ou seja, uma caracterização que pode ser adotada em outros contextos, levando em conta o uso de água em bacias sanitárias, mictórios, lavatórios, na irrigação dos jardins e lavagem de pisos. O Quadro 1 é uma adaptação da tabela encontrada no trabalho supracitado.

Quadro 1: Demanda de água pluvial em uma edificação de ensino pública.

Demanda	
Bacias sanitárias	0,9 descarga/aluno/dia, 25% com volume total (6,8 L/descarga) e 75% com volume parcial (3,4 L/descarga). Número médio para dias da semana e aos sábados
Lavagem	0,5 L/m ² , com pano e balde nos dias úteis e 1,0 L/m ² , com balde e rodo nos sábados
Irrigação	3 vezes por semana (segundas, quartas e sextas) com vazão de 2,4 L/m ² , em toda a área de jardim

Fonte: Campos (2012)

A lavagem de piso ocorre ao longo do ano, independente das férias escolares; o uso de bacias sanitárias foi considerado conforme o período letivo de atividades, ou seja, nos meses de março a junho, na primeira quinzena de julho, de agosto a novembro e nos primeiros vinte dias no mês de dezembro.

Foi previsto ainda que nos meses em que a precipitação é maior que 150mm não haverá irrigação, sendo que nos demais meses ela será realizada três vezes por semana, isto indica que a demanda para cada cidade não é a mesma, pois o período seco de cada localidade está sendo considerado. A área de jardim interno de 18m² localizado no térreo do edifício é irrigada durante todo o ano independente do período letivo ou altura de precipitação. Considerou-se também que não há consumo de água aos domingos.

No objeto de estudo em questão foram consideradas as áreas de lavagem de piso e de irrigação, bem como a quantidade de usuários em cada época do ano, além dos parâmetros apresentados no Quadro 1. Para os dias de recesso e finais de semana, foi considerado que apenas 20% dos usuários

frequentes utilizam o edifício. A área de lavagem é de 5281,71m², área de irrigação de 153,41m² e de irrigação interna de 18m². O número de usuários em período letivo é de 763 e nos períodos de recesso e finais de semana é de 153, sendo que estas quantidades seguem previsões estabelecidas nos projetos da edificação. A Tabela 1 mostra a demanda para cada uma das cidades.

Tabela 1: Demanda de água pluvial.

	Mês	Demanda Diária Estimada (m ³)						
		Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab
Palmas		0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
	Mar/Abr	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Jul (16 a 31)	0,00	3,99	3,58	3,99	3,58	3,99	6,22
	Ago/Set/Out	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Nov/Dez (1 a 20)	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Dez (21 a 31)	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
Belo Horizonte	Jan/Fev	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
	Mar	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Abr/Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Jul (16 a 31)	0,00	3,99	3,58	3,99	3,58	3,99	6,22
	Ago/Set/Out	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Nov/Dez (1 a 20)	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Dez (21 a 31)	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
Brasília	Jan/Fev	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
	Mar	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Abr/Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Jul (16 a 31)	0,00	3,99	3,58	3,99	3,58	3,99	6,22
	Ago/Set/Out	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Nov/Dez (1 a 20)	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Dez (21 a 31)	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
Natal	Jan/Fev	0,00	3,99	3,58	3,99	3,58	3,99	6,22
	Mar/Abr/Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Jul (16 a 31)	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
	Ago/Set/Out/Nov/Dez (1 a 20)	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Dez (21 a 31)	0,00	3,99	3,58	3,99	3,58	3,99	6,22
Curitiba	Jan/Fev	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22
	Mar	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Abr/Mai/Jun/Jul (1 a 15)	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Jul (16 a 31)	0,00	3,99	3,58	3,99	3,58	3,99	6,22
	Ago/Set	0,00	7,72	7,31	7,72	7,31	7,72	6,22
	Out/Nov/Dez (1 a 20)	0,00	7,35	7,31	7,35	7,31	7,35	6,22
	Dez (21 a 31)	0,00	3,62	3,58	3,62	3,58	3,62	6,22

2.2.3. Levantamento de aspectos econômicos

a) Custo do reservatório

A função custo do reservatório é uma relação entre o volume do reservatório e o custo de execução do mesmo. Ela pode ser elaborada a partir da realização de quantitativos, isto é, levantamentos dos materiais e mão de obra necessários para a construção do reservatório, de suas quantidades e dos preços. Cada cidade possui custos diferentes para estes itens. O Quadro 2 mostra o levantamento de serviços necessários para a construção do reservatório.

Quadro 2: Listagem dos serviços e materiais para construção do reservatório.

LOCAÇÃO CONVENCIONAL DA OBRA
Escavação manual em solo até 2m de profundidade
Escavação manual em solo de 2m até 4m de profundidade
Regularização e compactação manual de terreno com soquete
Reaterro interno (edificações) compactado manualmente
Lastro de bitra
Concreto usinado bombeado fck=15 mpa (inclui lançamento e adensamento)



Armação aço ca 50 para 1m ³ de concreto
Forma tábua para concreto, 05 utilizações
Impermeabilização de superfície com argamassa de cimento e areia traço 1:3 e=2,5cm

b) Custo de manutenção e operação

O valor dos custos de operação e manutenção variam de acordo com a frequência em que são considerados, e podem ser mensais, bimestrais, semestrais ou anuais. Alguns custos de operação que podem ser considerados são: o consumo de energia pela bomba e a realização de ensaios para verificação da qualidade da água, conforme delineados na ABNT NBR 15527 (ABNT, 2019). Entre os possíveis custos de manutenção estão os produtos de desinfecção, limpeza do filtro e manutenção geral do reservatório, calhas e bomba.

No caso dos testes, a periodicidade está determinada na norma, já o consumo de energia é medido mensalmente pela companhia de energia local. Segundo Campos (2012), a periodicidade dos produtos de desinfecção deve ser mensal, a de limpeza do filtro, bimestral e a de manutenção geral, anual. Os custos também foram levantados de acordo com a cidade.

Para obtenção dos custos com a limpeza do filtro e manutenção geral do reservatório, foi retirado da tabela SINAPI de agosto de 2016 o preço da mão de obra de um servente com encargos para cada cidade (SINAPI, 2016). No caso da limpeza do filtro foi considerada a mão de obra de meia diária de um servente, já no caso da manutenção geral, uma diária.

Para obtenção dos custos com o consumo de energia proveniente da utilização da bomba, foi utilizada a tarifa de energia de cada concessionária, ou seja, o preço por kWh. Tendo todas as especificações da bomba foi possível calcular seu gasto mensal com energia elétrica.

Para a determinação do valor a ser pago pelo consumo mensal de energia da bomba, a fórmula utilizada é a mostrada na Equação 1:

$$CM = P \cdot t \cdot N \cdot V \quad (1)$$

Em que:

CM – é o consumo mensal de energia pela bomba, em R\$/mês;

P – potência da bomba escolhida, em kWh;

t – tempo de funcionamento da bomba em h/dia;

N – número de dias em que a bomba funciona no mês, em dias;

V – valor do kWh praticado pela concessionária de energia elétrica, em R\$/kWh.

Sendo que a bomba escolhida para esta determinação é uma bomba submersa vibratória para reservatório ou cisterna, com potência de 450 kW e elevação máxima de 50 metros, seu tempo de funcionamento é de 6 horas por dia, e o número médio de dias em funcionamento é de 25 dias por mês.

Para obtenção dos custos dos ensaios foram feitas cotações em laboratórios de análise de água de cada cidade. Em Palmas não foram encontrados laboratórios para realização dos ensaios; assim, foi decidido que as amostras seriam enviadas para Goiânia e incluída uma taxa referente ao envio das

amostras nos custos de Palmas. Em Brasília, foi dado o valor do pacote para a realização dos ensaios mensais, ou seja, não foram fornecidos os valores de cada ensaio, o que não afeta a análise, já que estes valores são somados para inserção no programa.

Tabela 2: Custos de operação e manutenção dos sistemas.¹

Descrição	Periodicidade	Critério		Curitiba	Brasília	Natal	Palmas	Belo Horizonte
Consumo de energia	Mensal	Conjunto Motor bomba com 6h de Funcionamento por dia	Valor Unitário	R\$0,64543/kwh	R\$0,40994/kwh	R\$0,52540/kwh	R\$0,35768/kwh	R\$0,57622/kwh
			Valor Total	R\$ 43,57	R\$ 26,56	R\$ 35,46	R\$ 24,14	R\$38,89
Consumo de produto de desinfecção	Mensal	4g para 1m ³ de água Balde de 1L de cloro	Valor/m ³	R\$0,1118/m ³	R\$ 0,1996/m ³	R\$ 0,1996/m ³	R\$ 0,1118/m ³	R\$ 0,2076/m ³
Realização de ensaios previstos pela ABNT (2007)	Mensal	Cloro	Valores Totais	R\$ 15,00	R\$ 110,00	R\$ 10,00	R\$ 10,00	R\$ 20,00
		PH		R\$ 10,00		R\$ 5,00	R\$ 15,00	R\$ 20,00
		Turbidez		R\$ 10,00		R\$ 10,00	R\$ 15,00	R\$ 25,00
		Cor		R\$ 15,00		R\$ 10,00	R\$ 10,00	R\$ 25,00
		Sedex		R\$ -		R\$ -	R\$ 43,80	R\$ -
Limpeza o Filtro	Bimestral	Mão de obra (meia diária de um servente)	Valor Unitário	R\$ 14,54/h	R\$ 13,25/h	10,57/h	R\$ 11,50/h	R\$ 11,50/h
			Valor Total	R\$ 58,16	R\$ 53,00	R\$ 42,28	R\$ 46,00	R\$ 46,00
Realização de ensaios previstos pela ABNT	Semestral	Coliforme totais e termotolerantes	Valor Total	R\$ 60,00	R\$ 50,00	R\$ 60,00	R\$ 50,00	R\$ 110,00
Manutenção em geral (limpeza do reservatório, calhas e verificação da bomba)	Anual	Mão de obra (diária de um servente)	Valor Unitário	R\$ 14,54/h	R\$ 13,25/h	R\$ 10,57/h	R\$ 11,50/h	R\$ 11,50/h
			Valor Total	R\$ 116,32	R\$ 106,00	R\$ 84,56	R\$ 92,00	R\$ 92,00

c) Estrutura tarifária da tarifa de água e histórico de reajustes

A estrutura tarifária, com os valores das tarifas atuais praticadas, foi obtida na concessionária de água de cada cidade escolhida, assim como o histórico de reajustes das tarifas, que não são uniformes no país e variam por cidade ou estado. As tarifas atuais são inseridas no programa computacional com seus valores, enquanto o histórico de reajustes a partir do ano de 2001 é inserido em arquivos no formato .csv.

As concessionárias de água de cada cidade possuem diferentes faixas de consumo com diferentes preços para edificações públicas, ou seja, não há uma regra quanto a isso e cada concessionária pratica as faixas e os preços que se encaixam à realidade de cada localidade.

As cidades de Natal e Belo Horizonte são as que possuem a maior quantidade de faixas de consumo praticadas, mas não possuem a mesma proporcionalidade de faixas ou de preços. Assim, as tarifas de Belo Horizonte são mais caras que as da cidade de Natal, tendo em vista a última faixa de Natal é a que contempla consumos maiores que 100m³ e custam R\$ 7,79/m³, enquanto em Belo Horizonte, a última faixa é de 200m³, com um valor de R\$ 9,98/m³, o que representa um valor 21,94% maior para consumos acima de 200m³.

Belo Horizonte é a cidade que começa com a menor tarifa, com valor de R\$ 2,07 para consumos menores que 5m³, sendo que Curitiba é a cidade que possui a menor tarifa, quando se considera

¹ Os valores apresentados são referentes a maio de 2016.

consumos muito altos, de 200m³ ou mais, com um valor de R\$ 6,84.

Brasília, em contrapartida, é a cidade que possui as maiores tarifas quando comparada com às respectivas faixas de consumo de cada cidade. Para consumos em torno de 10m³, a tarifa de Brasília é superior à de Palmas, Belo Horizonte, Natal e Curitiba em 23,00%, 37,20%, 71,25% e 43,00%, respectivamente.

Quando a faixa de consumo analisada é a de 200m³ ou mais, as tarifas de Brasília possuem valores maiores, mas a diferença percentual quando comparada com as outras cidades é menor ou igual aos valores comparados na faixa dos 10m³, este valor superior à de Palmas, Belo Horizonte, Natal e Curitiba em 23,00%, 16,80%, 35,08% e 43,00%, respectivamente.

Pode-se observar também que apesar de terem as mesmas faixas de consumo, Curitiba e Brasília praticam tarifas bem distintas. A tarifa de Brasília para a segunda faixa de consumo, acima de 10m³, é 43% superior que a de Curitiba, o que representa uma enorme diferença entre estas duas regiões do país.

A cidade de Palmas se diferencia de todas as cidades, tanto na escolha das faixas de consumo quanto no preço praticado. As faixas de Palmas envolvem consumos de 0 a 15m³ e consumos maiores que 15m³. Quando comparada a outras cidades, na faixa de 15m³, a tarifa só é menor que a da cidade de Brasília.

Para que a tarifa de esgoto não interferisse nos resultados obtidos, ela foi considerada como sendo 100% da tarifa de água para todas as cidades.

Outra questão levantada foi o histórico de reajustes das tarifas de água. Para este trabalho, foram analisados reajustes de 2001 a 2016. Em quatro das cinco cidades estudadas, não foram encontrados dados oficiais sobre o reajuste de pelo menos um ano deste intervalo considerado; porém, foi ponderado que esta ausência de um ano em cada cidade não causaria interferência na análise final dos resultados obtidos. Os reajustes de 2001 a 2016 para cada cidade podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3: Histórico de reajustes para as cinco cidades

	Curitiba	Brasília	Natal	Palmas	Belo Horizonte
2016/2017	10,48%	7,98%	13,09%	17,15%	13,90%
2015/2016	12,50%	16,20%	10,28%	10,99%	15,04%
2014/2015	6,40%	7,39%	0,00%	13,90%	11,34%
2013/2014	6,90%	9,50%	11,22%	0,00%	6,18%
2012/2013	16,50%	11,20%	5,10%	7,00%	4,34%
2011/2012	16,00%	7,23%	5,70%	6,53%	7,02%
2010/2011	0,00%	4,31%	5,26%	0,00%	0,00%
2009/2010	0,00%	6,29%	14,12%	7,53%	9,05%
2008/2009	0,00%	5,78%	4,46%	9,80%	0,00%
2007/2008	0,00%	2,97%	3,14%	6,64%	18,75%
2006/2007	0,00%	14,87%	4,43%	12,00%	7,66%
2005/2006	0,00%	27,54%	0,00%	9,96%	24,15%
2004/2005	14,01%	20,00%	12,28%	5,22%	14,28%

2003/2004		16,56%	0,00%	31,01%
2002/2003	8,40%	16,58%	0,00%	9,11%
2001/2002	19,30%	9,48%	25,00%	17,00%

2.3. Análise de resultados

Para realizar a análise das variáveis, optou-se em criar cenários para que seja possível verificar o impacto que cada uma da variável possui em uma determinada situação. Para isto, torna-se necessário “congelar” algumas situações e deixar uma única variável interferir. O primeiro cenário foi o real, utilizando os dados reais de cada cidade, ou seja, para cada cidade foram inseridos seus dados de tarifa de água e reajustes, precipitação e custos de manutenção e operação, para que dessa forma fosse possível analisar qual a viabilidade econômica real de cada cidade para a construção de reservatórios para SPAAP (CENÁRIO A).

No segundo cenário foi estudada a influência da precipitação no VPL. Para isto, foi necessário congelar os dados de tarifas, reajustes e custos de manutenção e operação, ou seja, para a simulação de todas as cidades estes dados foram os mesmos da cidade de Brasília, sendo que os dados da terceira variável, a precipitação, foram inseridos os de cada cidade específica que estava sendo analisada (CENÁRIO B).

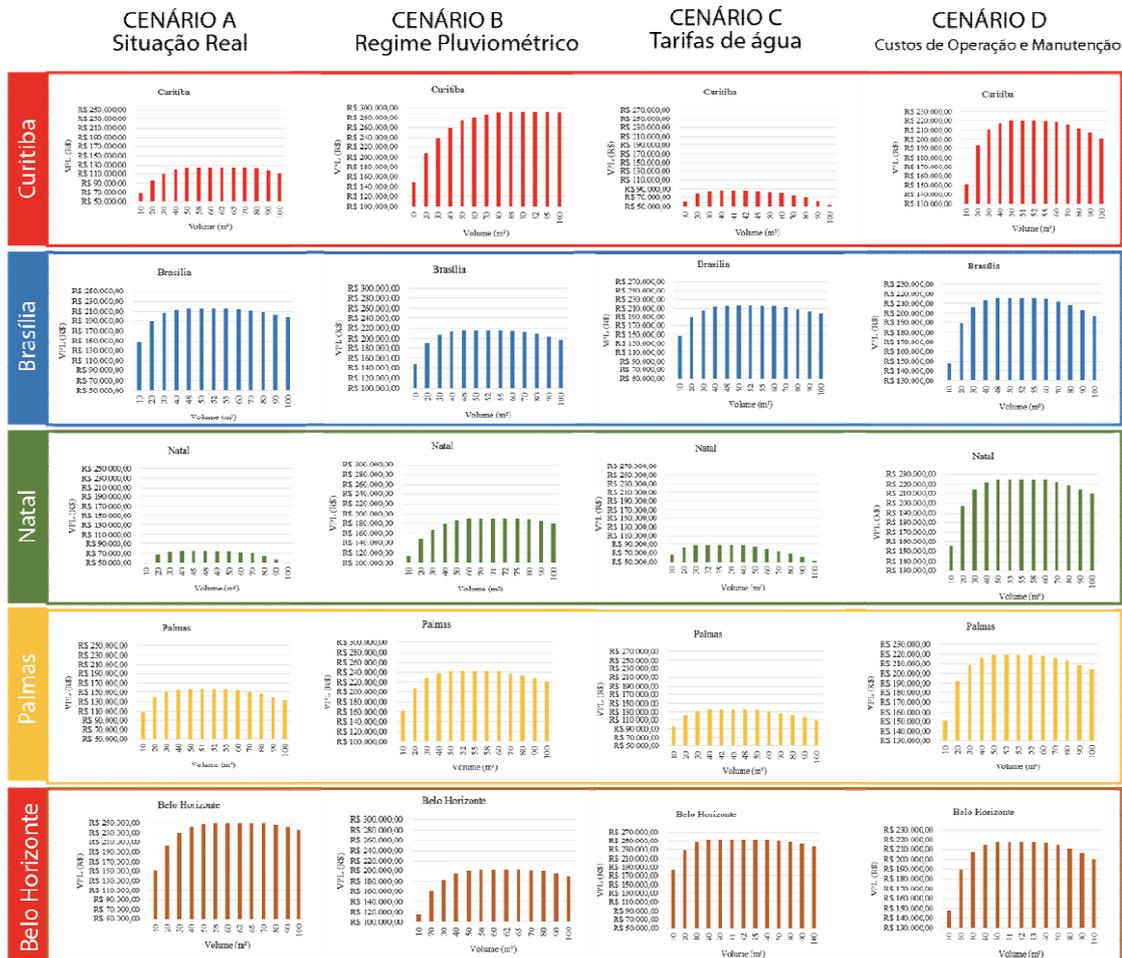
No terceiro cenário, foi estudada a influência dos preços das tarifas de água e seus reajustes no VPL. Assim, os dados de precipitação e custos de manutenção e operação foram mantidos os mesmos de Brasília para todas as cidades, e os dados de tarifas e reajustes foram variando para cada cidade analisada (CENÁRIO C).

No quarto cenário, foi estudada a influência dos custos de manutenção e operação no VPL. Dessa forma, foram mantidos os mesmos dados de tarifas de água, reajustes e precipitação de Brasília para todas as cidades e variados os custos de manutenção e operação para análise de cada cidade (CENÁRIO D).

3. Resultados e Discussões

Realizou-se então o dimensionamento, conforme Com todos os dados de entrada já mencionados obtidos, realizou-se simulações no RAIN Toolbox (CAMPOS, 2012). A Figura 2 apresenta os gráficos com volumes e VPL para as cinco cidades e os quatro cenários simulados.

Figura 2: Esquema comparativo do VPL das 5 cidades nos 4 cenários hipotéticos.



3.1. Análise dos resultados para o Cenário A

Os resultados ótimos obtidos para o CENÁRIO A, que se refere às condições reais de cada cidade, bem como seus respectivos VPL encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Volumes e máximos VPL para o CENÁRIO A.

Cidades	Volume (m³)	VPL (R\$)
Curitiba	62	R\$ 123.327,56
Brasília	50	R\$ 215.538,13
Natal	45	R\$ 75.253,74
Palmas	50	R\$ 157.375,61
Belo Horizonte	62	R\$ 248.914,12

Para corroborar com os resultados obtidos pelo programa, também foram feitas simulações do VPL para outros volumes, iniciando-se em 10m³ e refeitas para outros volumes de 10 em 10m³ até chegar a 100m³ (apresentados na Figura 2). Verificou-se que o VPL foi positivo para todas as cidades, indicando que o investimento é aceitável para todas elas. Quando se compara cada uma das cidades entre si, nota-se que a cidade de Belo Horizonte possui o maior VPL, com um volume ótimo de 62m³. Esse volume ótimo apresenta o ganho econômico que esta cidade apresenta nas situações de cada região. Por sua vez, a cidade de Natal apresenta o menor VPL, sendo 65,08% menor do que o de Belo Horizonte. Essas condições locais, como preços de materiais e serviços, tarifa de água e o próprio regime pluviométrico afetam o volume utilizado. Como a ferramenta utiliza determina volumes ótimos por aumento do VPL, em algumas situações, é possível ter volumes relativamente altos. Isto ocorre principalmente para promover ganhos econômico.

As cidades com o maior e menor desempenho econômico foram os que apresentaram os maiores e menores volumes. Entretanto, observa-se que a redução do VPL (70%) não é proporcional a redução do volume (27%). Cidades com o mesmo volume como Curitiba e Belo Horizonte apresentam VPL diferentes (50% do VPL de Belo Horizonte). Isso acontece com as cidades de Brasília e Palmas que possuem o mesmo, mas uma diferença de VPL de 26,98%. Estas diferenças ocorrem justamente em função dessas variáveis locais.

Além do VPL, porém, também é possível analisar o índice de lucratividade do investimento, já que nem sempre a situação que possui o maior VPL é necessariamente a mais interessante do ponto de vista econômico, na hora da implantação do sistema. Isso ocorre porque mesmo possuindo um alto VPL, este pode ser gerado devido a um alto investimento inicial, o que pode inviabilizar a construção do reservatório. A Tabela 5 mostra os valores de investimento inicial, os VPL e os índices de lucratividade para as cinco cidades.

Tabela 5: Investimentos iniciais e índices de lucratividade para as cinco cidades

Cidades	Volume (m ³)	VPL (R\$)	Investimento Inicial	Índice de Lucratividade
Curitiba	62	R\$ 123.327,56	R\$ 36.849,54	3,347
Brasília	50	R\$ 215.538,13	R\$ 29.106,28	7,405
Natal	45	R\$ 75.253,74	R\$ 24.125,70	3,119
Palmas	50	R\$ 157.375,61	R\$ 27.547,03	5,713
Belo Horizonte	62	R\$ 248.914,12	R\$ 35.844,41	6,944

Percebe-se que os investimentos iniciais variam de forma considerável, tanto que a diferença entre o menor e o maior investimento é de R\$ 12.723,84, o que representa 34,52% do maior valor para investimento inicial. A cidade de Natal, que possui o menor VPL, também é a que possui o menor investimento inicial, bem como o menor índice de lucratividade. Sendo assim, Natal seria a cidade que possui a menor viabilidade econômica para implantação do reservatório, quando analisados os fatores mencionados acima.

Esse comportamento econômico é justificado pelo regime pluviométrico, já que é a cidade que menos chove entre as pesquisadas além de quase 20% dessa precipitação total acontece em um único mês. Aliado a isto, o baixo valor da tarifa de água contribui para que o sistema não seja tão atrativo quanto nas demais cidades.

Por sua vez, a cidade de Brasília é a que possui o maior índice de lucratividade quando comparada às outras cidades. Isso significa que em Brasília, a implantação do reservatório seria mais lucrativa quando se compara o investimento aos retornos advindos dele, sendo que seu índice de lucratividade é aproximadamente 2,4 vezes que o menor índice calculado, que é da cidade de Natal.

Quando se compara Brasília com a cidade de Curitiba, nota-se que Curitiba possui um alto valor inicial de investimento, porém não atinge um VPL que torne a construção do reservatório lucrativa, já que seu VPL é 42,78% menor que o que Brasília. Para todas as cidades, no entanto, este é um investimento que deve ser aprovado, já que o índice de lucratividade é maior que 1.

3.2. Análise dos resultados para o Cenário B

Uma vez que se avaliou o cenário real, iniciou-se a investigação de cenários hipotéticos, onde se verificava a influência de cada uma das variáveis. No CENÁRIO B, verificou-se a influência dos regimes pluviométricos de cada cidade estudada, na viabilidade de implementação dos SPAAP. Sendo assim, todos os custos de manutenção e operação e de tarifas de água foram fixados conforme valores praticados em uma cidade de referência, utilizando o regime pluviométrico de cada cidade. Os valores do VPL encontram-se na Tabela 6

Tabela 6: Volumes e máximos VPL para o CENÁRIO B.

Cidades	Volume (m ³)	VPL (R\$)
Curitiba	90	R\$ 291.709,35
Brasília	50	R\$ 291.709,35
Natal	70	R\$ 291.709,35
Palmas	55	R\$ 291.709,35
Belo Horizonte	60	R\$ 291.709,35

Foi possível perceber que, assim como no primeiro cenário, o SPAAP proposto é viável para todas as cidades analisadas (VPL >0). Curitiba foi a cidade que apresentou tanto o maior VPL, quanto o maior volume ótimo, de 90m³. Isso indica que, quando a precipitação é analisada isoladamente, o regime pluviométrico de Curitiba é o que apresenta as características mais favoráveis para a implantação de reservatórios de SPAAP.

Observa-se que, em Curitiba, as mínimas são sempre superiores a 60mm e as máximas não passam de 200 mm. Essa homogeneidade é justamente o que causa que o regime pluviométrico local mais adequado (e mais viável) para implantação de SPAAP. Assim, espera-se que localidades com regimes de chuva, com distribuição mais homogêneas no decorrer do ano, sejam mais propícios à adoção de investimentos como este. Isso também pode ser observado no trabalho de Campos e Pacheco (2016), no qual foram comparadas as cidades de Goiânia, Manaus e Recife quanto à influência da precipitação, sendo que Manaus apresentou o maior VPL e maior volume e era a cidade que possuía o regime pluviométrico mais homogêneo dentre as outras cidades analisadas.

Quando se analisa a diferença percentual do VPL das cidades em relação ao menor VPL obtido, é possível que se analise qual é o grau de influência da precipitação na determinação do volume ótimo e do VPL correspondente. As diferenças em relação à Natal estão na Tabela 7

Tabela 7: Diferenças percentuais dos VPL.

Cidades	Diferença percentual do VPL
Curitiba	54,22%
Brasília	13,95%
Natal	0,00%
Palmas	27,72%
Belo Horizonte	6,81%

Com base na Tabela 7, pode-se observar que a maior diferença ultrapassa os 50%, o que retrata a grande influência que a precipitação possui nos retornos deste investimento. Isso pode ser explicado pelo fato de que a cidade de Curitiba é a que possui o regime pluviométrico mais uniformemente distribuído, enquanto Natal possui quatro meses em que as médias mensais não ultrapassam os 40mm.

Porém, Natal não é a cidade que possui as menores médias mensais nestes períodos de seca. Na cidade de Palmas, as médias nos meses de junho, julho e agosto, que correspondem ao período de estiagem, são menores que 4mm, sendo que o VPL da cidade de Palmas é superior ao de Natal em 25%. A explicação para esta grande diferença pode estar no período chuvoso de cada região, já que a cidade de Palmas possui médias mensais superiores a 250mm neste período, enquanto as de Natal giram em torno de 150mm, havendo apenas um mês em que ela supera os 300mm.

3.3. Análise dos resultados para o Cenário C

Já no CENÁRIO C, verificou-se a influência das tarifas de água praticadas em cada cidade, bem como o histórico dos seus reajustes. Sendo assim, todos os valores de custos de manutenção e operação e o regime pluviométrico foram fixados conforme valores praticados em uma cidade de referência, utilizando as tarifas de água de cada cidade. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para este cenário.

Tabela 8: Volumes e máximos VPL para o CENÁRIO C.

Cidades	Volume (m ³)	VPL (R\$)
Curitiba	40	R\$ 85.829,98
Brasília	50	R\$ 215.538,13
Natal	35	R\$ 87.209,31
Palmas	45	R\$ 135.027,68
Belo Horizonte	50	R\$ 253.824,68

Na análise deste cenário, é possível perceber que, novamente, todas as cidades apresentam implantações de SPAAP viáveis (VPL >0), mas a cidade que possui o maior VPL foi Belo Horizonte, com um volume associado de 50m³. É possível observar que a cidade de Brasília também possui o volume ótimo de 50m³, porém seu VPL é 85% do valor do VPL obtido para Belo Horizonte.

Isso indica que, quando analisadas as tarifas de água e reajustes isoladamente, os preços praticados pela concessionária de água de Belo Horizonte, bem como suas políticas de reajustes permitem uma maior capacidade de atração de investimentos nesse tipo de sistema, quando compara com as outras cidades analisadas.

O menor VPL obtido foi para a cidade de Curitiba, que é quase três vezes menor que o de Belo Horizonte; no cenário anterior, no entanto, foi a cidade que obteve o maior VPL. Isso indica que apesar de ter um regime pluviométrico totalmente propício à atração destes investimentos, as tarifas de água praticadas não têm influência positiva para atrair as aplicações.

O segundo menor VPL foi encontrado na cidade de Natal. Como mostrado anteriormente, o regime pluviométrico natalense não é propício para investimentos em SPAAP. Porém, observa-se que a tarifa praticada pela CAERN também não é a mais adequada, o que resulta em VPL baixos neste cenário investigado.

Entretanto, a análise não pode ocorrer apenas do ponto de vista do valor da tarifa. A política de reajustes também interfere na viabilidade do sistema. Era esperado que a cidade com as maiores tarifas de água obtivesse os maiores valores de VPL, no entanto, a cidade de Brasília, que possui a maior tarifa, possui apenas o segundo maior VPL. Já Belo Horizonte, que possui a segunda maior tarifa, foi a cidade que obteve o maior VPL. Isto pode ser explicado pela política de reajustes praticada nestas cidades. Ressalta-se que para os cálculos realizados, foi simulado, para o futuro, os mesmos valores de reajustes praticados nos últimos anos.

Enquanto em Brasília, a média dos reajustes foi de 11,49%, ao longo dos 15 anos analisados, em Belo Horizonte esta média foi de 11,98%, quando considerado 2002, o ano em que não foi possível encontrar dados a respeito do reajuste aplicado. Assim, apesar de a diferença nas médias ser pequena, ela pode explicar a discrepância de pouco mais de R\$ 38.000, 00 entre os VPL das duas cidades.

A diferença percentual dos VPL de todas as cidades em relação a que possui o menor VPL, neste caso a cidade de Curitiba, também é muito grande, como pode ser observado na Tabela 9

Tabela 9: Diferenças percentuais dos VPL.

Cidades	Diferença percentual do VPL
Curitiba	0,00%
Brasília	151,12%
Natal	1,61%
Palmas	57,32%
Belo Horizonte	195,73%

Este cenário é o que apresentou as maiores diferenças percentuais quando comparadas com a cidade que obteve o menor VPL. A maior diferença é de quase 200%, o que caracteriza uma grande influência das tarifas na viabilidade do sistema.

As maiores diferenças são justamente entre Curitiba e Brasília e Curitiba e Belo Horizonte, que são as cidades que possuem as maiores tarifas de água dentre as capitais estudadas. Isso indica que quanto maior a tarifa de água, maior é a capacidade de atração deste tipo de investimento, pois a economia de água potável com o uso da água pluvial será muito considerável, o que leva a altos valores de VPL.

3.4. Análise dos resultados para o Cenário D

No CENÁRIO D, verificou-se a influência dos custos de manutenção e operação de cada cidade estudada. Sendo assim, todos os valores de tarifa de água e de precipitação foram fixados conforme

valores praticados em uma cidade de referência, utilizando os custos de manutenção e operação, bem como preços de materiais e serviços de cada cidade. Os resultados ótimos obtidos quando considerado o CENÁRIO D são mostrados na Tabela 10.

Tabela 10: Volumes e máximos VPL para o CENÁRIO D.

Cidades	Volume (m ³)	VPL (R\$)
Palmas	52	R\$ 219.332,89
Belo Horizonte	51	R\$ 216.838,79
Brasília	50	R\$ 215.538,13
Natal	53	R\$ 224.459,00
Curitiba	51	R\$ 219.433,61

No CENÁRIO D, assim como nos outros cenários, a implantação dos SPAAP em todas as cidades são viáveis. Pode-se observar também que é o único cenário em que todos os VPL são maiores que R\$ 200.000,00.

Neste caso, a cidade que o possui a maior viabilidade econômica para implantação de reservatório de SPAAP é Natal, já que possui o maior VPL, com um volume associado de 53m³, diferente dos outros cenários onde normalmente a cidade apresenta os piores resultados. Isto pode ser explicado pelo fato de que os custos de manutenção e operação de Natal são os menores dentre as cidades analisadas, assim como os preços de materiais e serviços para a construção do reservatório.

As cidades de Belo Horizonte e Brasília são as que possuem os menores VPL neste cenário, com uma diferença de apenas R\$ 1.300,66 entre elas. Isto pode ser explicado pelo fato de que são as duas cidades com os maiores custos de manutenção e operação, o que tornaria o investimento menos aceitável, tendo em vista que a diferença entre o valor economizado e os valores gastos para manter o reservatório não é considerável para tornar o VPL mais atrativo do que nas outras capitais.

Quando a comparação é feita entre todas as cidades e o menor VPL obtido, que neste caso é de Brasília, a diferença também não é grande, como pode ser percebido na Tabela 11.

Tabela 11: Diferenças percentuais dos VPL.

Cidades	Diferença percentual do VPL
Curitiba	1,81%
Brasília	0,00%
Natal	4,14%
Palmas	1,76%
Belo Horizonte	0,60%

O menor VPL é o da cidade de Brasília, assim a maior diferença observada é em relação a cidade de Natal, que possui o maior VPL. Porém, esta diferença não chega a 4,5%, o que caracteriza a pequena influência que os custos de manutenção e operação possuem na viabilidade econômica dos reservatórios.

Desta forma, cidades que possuam regimes pluviométricos e tarifas de água muito próximos, não terão os custos de manutenção e operação como fatores determinantes para os retornos deste investimento.

Isso significa que o impacto da variação nos custos de manutenção e operação entre uma cidade e outra é muito pequena, tendo pouco impacto na determinação de qual cidade é mais interessante para implantação de SPAAP.

Assim, os custos de manutenção e operação não apresentam a mesma sensibilidade que a estrutura tarifária ou o regime pluviométrico possuem na determinação de uma localidade para se realizar um investimento desta natureza.

4. Conclusões

Este trabalho cumpriu seu objetivo de verificar o impacto de variáveis locais na determinação de volumes ótimos para SPAAP, segundo aspectos econômicos, com a análise do VPL e do índice de lucratividade. Dessa forma, foi possível entender a situação atual de cada uma das capitais estudadas, bem como o papel de cada variável na escolha de uma localidade para se investir na implantação dos reservatórios.

Foi comprovado, assim, que a estrutura tarifária é o fator local que mais influencia nos retornos financeiros. As situações em que a tarifa de água ou seus reajustes são maiores caracterizam um ganho de oportunidade, já que resultarão em economias de água potável mais consideráveis com a possibilidade de implantação de reservatórios maiores, e consequentemente maiores retornos financeiros.

Foi possível perceber também que o fator que menos influenciou o valor do VPL foram os custos de manutenção e operação, bem como os preços de materiais e serviços para a construção do reservatório. Assim, se um investidor não conseguir dados consistentes acerca destas variáveis, o estudo da viabilidade de seu investimento não deverá ficar comprometido, desde que tenha acesso às informações de precipitação, tarifas de água e seus reajustes.

No entanto, o cenário de investimentos é repleto de incertezas, o que faz com que os investidores devam utilizar mais de um critério econômico para analisar a possibilidade de investimento nos reservatórios de SPAAP. Isto se faz necessário porque algumas simplificações podem mostrar a inviabilidade de implantação do reservatório.

Assim, é preciso que se analise além do retorno financeiro, a finalidade ambiental de se instalar este tipo de reservatório. Afinal, os reservatórios e os SPAAP como um todo são uma das alternativas utilizadas para amenizar a crise hídrica que vem afetando vários países em todo mundo, uma das justificativas para a elaboração deste trabalho.

Recomenda-se que trabalhos futuros possam aumentar a quantidade de cidades estudadas, e fazer um mapeamento total do Brasil, para que dessa forma resultados mais consistentes e com maior margem de comparação possam ser utilizados para realmente colaborar com o aumento de investimentos em SPAAP como um todo. Assim, será possível unir a sustentabilidade ambiental à sustentabilidade econômica, e disseminar os estudos a este respeito.



5. Referências

ALIM, Mohammad A.; RAHMAN, Ataur; TAO, Zhong; *et al.* Feasibility analysis of a small-scale rainwater harvesting system for drinking water production at Werrington, New South Wales, Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 270, p. 122437, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BARKER, Adrian; PITMAN, Andrew; EVANS, Jason P.; *et al.* Drivers of future water demand in Sydney, Australia: examining the contribution from population and climate change. **Journal of Water and Climate Change**, v. 12, n. 4, p. 1168–1183, 2021.

BRANDÃO, Verônica R.; CAMPOS, M. A. S. Avaliação ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial – um mapeamento da literatura. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 23, p. 93–111, 2019.

CAMPOS, M. A. S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: Uso de Particles Swarm Optimization**. [s.l.] Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2012.

CONNOR, R.; KONCAGUL, E. TRAN, M. **The United Nations World Water Development Report 2021: valuing water: facts and figures**. 2021.] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Acesso em: 10 fev. 2023.

CUSTÓDIO, Diego Antônio; GHISI, EneDir. Impact of residential rainwater harvesting on stormwater runoff. **Journal of Environmental Management**, v. 326, p. 116814, 2023.

GHODSI, Seyed Hamed; ZHU, Zhenduo; MATOTT, L. Shawn; *et al.* Optimal siting of rainwater harvesting systems for reducing combined sewer overflows at city scale. **Water Research**, v. 230, p. 119533, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados Meteorológicos**. Disponível em <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em 20 maio 2017.

KHAN, Zaved; ALIM, Mohammad A; RAHMAN, Muhammad Muhitur; *et al.* A continental scale evaluation of rainwater harvesting in Australia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 167, p. 105378, 2021.

KIM, Jung Eun; HUMPHREY, Daniel; HOFMAN, Jan. Evaluation of harvesting urban water resources for sustainable water management: Case study in Filton Airfield, UK. **Journal of Environmental Management**, v. 322, p. 116049, 2022.

PREETI, Preeti; HADDAD, Khaled; RAHMAN, Ataur. Assessing the Impacts of Climate Change on Rainwater Harvesting: A Case Study for Eight Australian Capital Cities. **Water**, v. 14, n. 19, p. 3123, 2022.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI) Disponível em https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-sumario-composicoes-aferidas/SUMARIO_DE_PUBLICACOES_E_DOCUMENTACAO_DO_SINAPI.pdf. Acesso em 20. Maio 2017



SOUTO, S. L.; REIS, R. P. A.; CAMPOS, M. A. S.. Impact of Installing Rainwater Harvesting System on Urban Water Management. **Water Resources Management**, v. 37, n. 2, p. 583–600, 2023.

UNITED NATIONS **Summary Progress Update 2021: SDG – water and sanitation for all** Disponível em: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021a.pdf. Acesso em : 10 fevereiro de 2023.

UNITED NATIONS b. **World population Prospect 2022: Summary of Results** Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>. Acesso em: 10 fevereiro de 2023.

Letícia Alves Muniz

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Goiás.

Contribuição de coautoria: Concepção; Análise; Coleta dos dados, Metodologia.

Renata Lima Barros

Arquiteta e Urbanista, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, da Universidade Federal de Goiás (GECON-UFG), com ênfase no estudo dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo programa de Pós-graduação Projeto e Cidade da Faculdade de Artes Visuais (FAV-UFG), com o estudo do patrimônio edificado de Goiânia. Graduada em 2016 pela FAV-UFG, com graduação sanduíche pela Università degli Studi di Firenze. Possui experiência em docência, como professora das faculdades Anhanguera e Objetivo.

Contribuição de coautoria: Metodologia; Análise; Redação – rascunho original; Redação – revisão e edição.

Marcus André Siqueira Campos

Engenheiro Civil Mestre em Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos, Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas e docente do Programa de Geotecnia, Estruturas e Construção Civil Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (PPGGECN-UFG). Tem pesquisado Sistemas Prediais Hidráulico Sanitários e Conservação de água em edifícios.

Contribuição de coautoria: Concepção; Redação – revisão e edição.

Como citar: MUNIZ et al. Impacto de variáveis locais na determinação do dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água pluvial segundo aspectos econômicos. *Revista Paranoá*. n.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.04

Editores responsáveis: Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes (UFPA), Sílvio Roberto Magalhães Orrico (UEFS) e Thiago Alberto da Silva Pereira (UFAL) e Daniel Sant’Ana (UnB).

Assistente editorial responsável: Richardson Moraes.