

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA EM UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR EM SANTA CECÍLIA - SC

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF USING RAINWATER IN A SINGLE- FAMILY BUILDING IN SANTA CECÍLIA – SC

Theodoro Scariot Menoncin¹
Roger Francisco Ferreira de Campos²

RESUMO

Com o passar do tempo, os recursos hídricos tornam-se cada vez mais escassos e crescem as preocupações com o estado do planeta frente aos problemas ambientais. Por isso, diversos estudos têm sido realizados para encontrar novas tecnologias para o uso racional da água e contribuir para o desenvolvimento sustentável. Uma das formas disponíveis para racionalizar o consumo das famílias é usar a água de forma seletiva. Esse processo envolve o uso de água potável apenas para atividades essenciais e água não potável para atividades que não exigem alta qualidade, reduzindo assim o uso de água potável. Portanto, a presente trabalho tem como objetivo apresentar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no município de Santa Cecília/SC. A metodologia deste trabalho é listada como uma pesquisa aplicada exploratória, por meio de estudo de caso, instituído pelo estudo do local a ser instalado o sistema, avaliando o potencial de aproveitamento da água da chuva no edifício com base no volume histórico de precipitação na cidade, por fim calculando o custo da implantação do sistema e comparando com o período necessário para que o sistema tenha um retorno financeiro. Essa pesquisa evidencia a importância de um estudo para a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para que haja uma viabilidade econômico-financeira e ambiental real. Sendo assim, conclui-se que a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva é economicamente e ambientalmente viável ao longo e curto prazo.

Palavras-Chave: Chuva, aproveitamento, viabilidade, ambiental.

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: theodoroscariotm@gmail.com

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e é docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: roger@uniarp.edu.br.

ABSTRACT

Over time, water resources become increasingly scarce and the concerns about the state of the planet in the face of environmental problems grow. Therefore, several studies have been carried out to find new technologies for the rational use of water and contribute to sustainable development. One of the available ways to rationalize household consumption is to use water selectively. This process involves using potable water only for essential activities and non-potable water for activities that do not require high quality, thus reducing potable water usage. The present work aims to present the economic viability of implementing a rainwater harvesting system in the city of Santa Cecília/SC. The methodology of this work is listed as applied exploratory research, through a case study, instituted by the study of the place where the system is to be installed, evaluating the potential of rainwater use in the building, based on the historical volume of precipitation in the city, finally, calculating the cost of implementing the system and comparing it to the period necessary for the system to have a financial return. This research highlights the importance of a study for the implementation of a rainwater harvesting system so that there is a real financial and environmental economic viability. Therefore, it is concluded that the implementation of the rainwater harvesting system is economically and environmentally viable in the long and short term.

Keywords: Rain, use, viability, environmental.

INTRODUÇÃO

Crescem as preocupações diante do estado do planeta diante dos problemas ambientais, como os recursos hídricos se tornaram cada vez mais escassos ao longo do tempo (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2000). Como resultado, diversas pesquisas têm sido feitas para encontrar novas tecnologias para o uso racional da água e contribuir para o desenvolvimento sustentável. Entre as formas disponíveis para racionalizar os consumos familiares, está o uso seletivo da água. Este processo envolve a utilização da água potável apenas para realizar atividades essenciais e usar água não potável para atividades que não exijam muita qualidade, reduzindo o uso de água potável (ROSÁRIO et al., 2017; CARVALHO et al., 2021). Uma pesquisa realizada em São Paulo mostrou que a utilização de água de forma doméstica foi igual a 84,4% do consumo total de água na cidade, enquanto em Vitória/ES esse percentual foi igual a 85% do consumo total de água. Analisando esses dados, percebe-se que as medidas

domésticas de conservação de água podem reduzir bastante o uso geral de água da cidade (RODRIGUES, 2005). O levantamento dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva para Aplicações Residenciais (SAAP) em Brasília apresentou bons resultados, com uma economia anual estimada de aproximadamente 41.000 litros de água, redução de R\$ 562,74 na conta de água e um período de retorno de 7,3 anos (SANTOS, 2016). Recentemente, uma pesquisa foi feita em Itajubá-MG, pela Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá (FEPI) demonstrou a viabilidade de tal sistema em residências com área de captação superior a 140 metros quadrados (FONSECA et al., 2016).

O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), complementa que com a utilização de água não potável nas residências representa, em média, cerca de 40% do consumo total de água, desta forma, a aplicação do sistema duplo de abastecimento de água, formada a partir de água potável e água não potável -reduzindo o consumo de água potável (GONÇALVES, 2006). Segundo o Gonçalves (2009), além de diminuir o consumo de água potável, o uso da água pluvial também diminui a quantidade de água nas tubulações de águas pluviais e a probabilidade de enchentes. O aproveitamento da água pluvial também é valioso do ponto de vista econômico, pois a redução do consumo reduz as contas de água e indiretamente o consumo de energia (MOURA; SILVA; BARROS, 2018).

Portanto, faz-se necessário aprofundar as análises sobre o tema, visando à viabilidade de implantação do aproveitamento de águas da chuva em diferentes regiões, obter parâmetros comparativos e elaborar leis que contemplem todo o território nacional, promovendo e regulamentando o uso desses sistemas (GONÇALVES, 2009). Existem vários tipos de SAAPs, com sofisticação e usos variados, que podem variar conforme as características e uso pretendido da edificação. No entanto, os sistemas mais comuns costumam apresentar coleta de água das coberturas dos edifícios, transporte através de condutores e calhas, dispositivos de autolimpeza para descarte da primeira chuva que tendem a carregar contaminantes presentes na cobertura, filtragem de sólidos, camadas de sub armazenamento, sistemas de bombeamento, e reservatórios superiores (TOMAZ, 2011; SALLA et al., 2013).

A viabilidade deste sistema está ligada a diversos fatores, incluindo

a área de cobertura disponível na edificação para realização da captação, onde o volume de água disponível no local de aplicação, a demanda de consumo de água não potável e a área disponível para instalação da unidade (TOMAZ, 2011). Desde 2014, o Brasil vive seu primeiro grande surto do que pode ser a maior crise hídrica de sua história. Devido a severas secas e problemas de gestão de recursos naturais, os reservatórios do país têm estado em níveis baixos durante a época do ano em que geralmente estão mais cheios. À medida que a demanda aumenta, nascentes utilizadas para abastecimento de água em áreas urbanas tornam-se insuficientes ou comprometidas, e alternativas que possam reverter o atual estado de uso desse recurso precisam ser buscadas (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2007), portanto, a viabilidade econômica e ambiental de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é real?

Conforme Lima (2018) a utilização de sistemas de aproveitamentos de águas pluviais é uma necessidade real, representando uma alternativa econômica e eficiente quando se fala em combate ao desperdício de água. Ainda, segundo Lima (2018), à medida que a procura de água continua a aumentar, são naturalmente previstas alternativas à sua utilização. No âmbito desta proposta, a contribuição é planejar a ampliação do uso de água reciclada, com a expectativa de que, demonstradas as vantagens de seu uso, esse recurso se torne uma prática mais comum, a ponto de novas construções já serem projetadas com esses sistemas de aproveitamento de água. Vale ressaltar que é economicamente eficaz no quesito financeiro, pois a cada ano que se passa a probabilidade da água se torna mais escassa é grande (SILVA, E., 2020).

Segundo Martins (2021) foi possível avistar que em João Pessoa/PB a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais apresenta viabilidade econômica sendo que nos 104 cenários observados, 79,8% foram aprovados pela pesquisa. De acordo com Marinoski (2008) a implantação de um SAAP no Centro de Tecnologia em Automação e Informática do SENAI/SC, localizado na cidade de Florianópolis/SC tem uma economia aproximada de R\$407,77 ao mês e um retorno de investimento de 4 anos e 10 meses, fazendo com que o sistema tenha um grande potencial econômico, tendo um enorme benefício ambiental e financeiro para a instituição. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar e verificar a viabilidade econômica da implementação de um sistema de

aproveitamento de água pluvial no município de Santa Cecília-SC. O estudo visa então verificar quantitativa e economicamente o potencial de economia de água, fazer as considerações necessárias e analisar os resultados.

METODOLOGIA

LOCAL DO ESTUDO

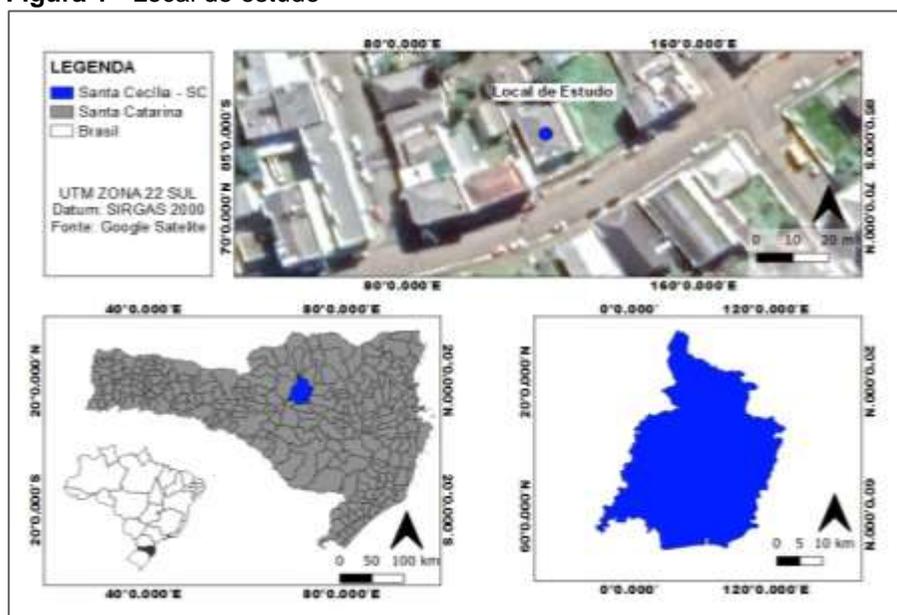
O estudo de viabilidade do sistema de aproveitamento de água pluvial foi realizado na cidade de Santa Cecília – SC (Figura 11), em uma residência de padrão médio já construída, cuja planta de cobertura está representada na Figura 1 e os dados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados da Edificação

Área do terreno (m ²)	485
Área de cobertura (m ²)	184,19
Área impermeabilizada(m ²)	284,00
Jardins (m ²)	3
Nº de pessoas	3

Fonte: O autor (2022).

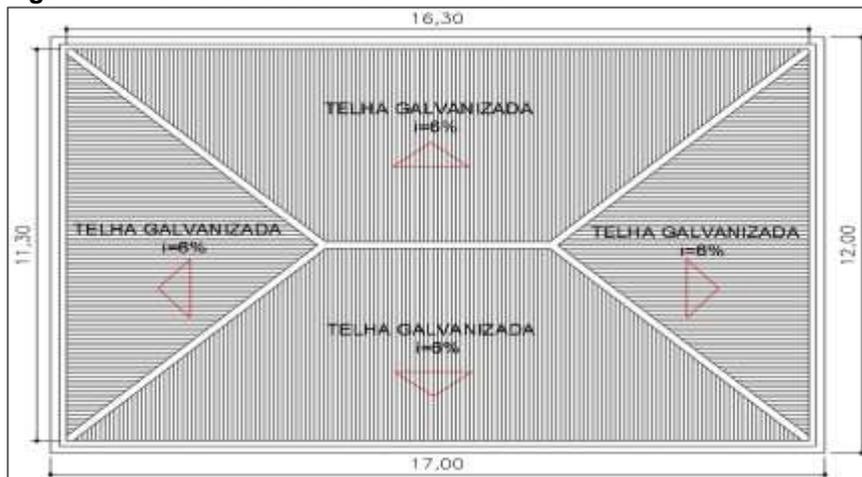
Figura 1 - Local de estudo



Fonte: O autor (2022).

A cobertura da residência é composta de telha galvanizada, porém o sistema pode ser implantado em residências com outros tipos de materiais além da telha galvanizada, conforme Figura 2.

Figura 2 – Planta de Cobertura em metros



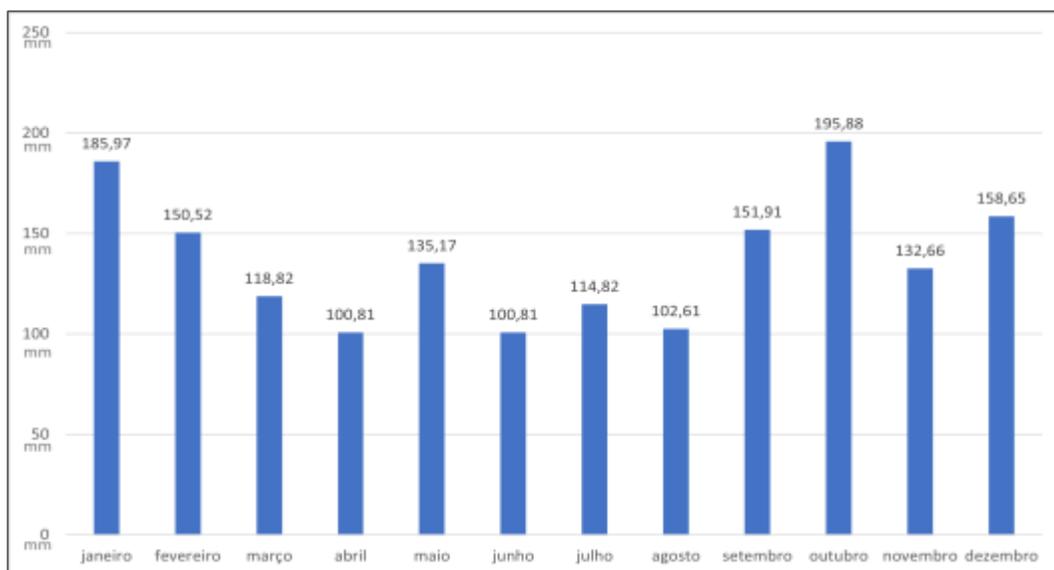
Fonte: O autor (2022).

DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O potencial de aproveitamento da água da chuva do edifício foi determinado com base em uma série de precipitações históricas fornecidas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (Figura 3). Com base nos dados de precipitação da cidade, é possível estimar a quantidade de chuva que pode ser utilizada ao longo do ano e sua distribuição. A comparação destes valores com a provável procura mensal da habitação valida o potencial de aproveitamento das chuvas para cada mês do ano (BASTOS et al, 2020).

A análise da distribuição das chuvas mostra que a precipitação tem um mínimo acima de 100mm por mês, sendo os meses de abril, junho, julho e agosto, na estação de Inverno e máximas próximas de 200mm por mês, sendo os meses de outubro, dezembro e janeiro, na estação de Verão. Portanto, para poder atender a todas as demandas, o reservatório deve ter capacidade suficiente para armazenar a precipitação no período chuvoso e atender as demandas do período menos chuvoso (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2022).

Figura 3 - Alturas pluviométricas mensais médias [2001-2020]



Fonte: ANA (2022).

UTILIZAÇÃO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

As necessidades residenciais de água não potável foram estimadas levando em consideração os usos para descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, limpeza de áreas impermeáveis e lavagem de carros, para tanto, foram utilizados os dados de consumo de água fornecidos pelo Gonçalves (2006), e cada consumo de água foi multiplicado pelo consumo mensal de água, conforme apresentado na Tabela 2. O sistema analisa 3 possibilidades de demanda: A, B e C, descritas na Tabela 3 (GONÇALVES, 2006). Para o Caso A, até 12% da água potável total pode ser substituída por água da chuva, e para os Casos B e C, 15% e 30% da necessidade de água potável, respectivamente.

Tabela 2 - Demandas mensais por utilização

Utilização	Volume (L)/descarga	Utilização/mês	Habitantes	Total(L)
Vaso sanitário	6	150	3	2700
Utilização	Volume (L/m ² /dia)	Utilizações/mês	Área (m ²)	Total(L)
Rega de jardim	3	4	3	36
Utilização	Volume(L/carro/uso)	Utilizações/mês	Carros	Total(L)
Lavagem de carro	100	4	2	800
Utilização	Volume (L/m ² /dia)	Utilizações/mês	Área (m ²)	Total(L)
Lavagem de piso	4	4	30	480

Fonte: Gonçalves (2009).

Tabela 3- Demandas não-potáveis para análise

Demandas		Utilizações	Volume(L)
Caso A	Vaso sanitário		2700
Caso B	Vaso sanitário + rega de jardim + lavagem de carros		3536
Caso C	Vaso sanitário + rega de jardim + lavagem de carros + lavagem de piso		4016

Fonte: Gonçalves (2009).

DIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES DO SISTEMA

O sistema foi projetado seguindo as normas ABNT NBR 10844:1989 e ABNT 15527:2007 para instalações prediais de águas pluviais, instalações prediais de água fria e coberturas sem fins lucrativos em áreas urbanas.

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DA ABNT 15527:2007

O método escolhido para o dimensionamento foi o método Rippl por ser o método mais utilizado na captação de águas pluviais devido ser muito simples e fácil de aplicar (GONÇALVES, 2006; MARTINS et al., 2021). O método Rippl leva em consideração a demanda mensal e séries históricas de precipitação para obter os volumes das equações 1, 2 e 3, retiradas da ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007).

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (1)$$

$$Q(t) = C * P(t) * A(t) \quad (2)$$

$$V = \sum(S(t)), \text{ para } S(t) > 0 \quad (3)$$

Considera-se que $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde: $S(t)$ é o volume de água no reservatório no instante t , m^3 ; $Q(t)$ é a precipitação disponível no instante t , em m^3 ; $D(t)$ é a demanda ou consumo no instante t , em m^3 ; V é o volume do reservatório, m^3 ; C é o coeficiente de escoamento; $A(t)$ é a área de captação; $P(t)$ é a quantidade de precipitação em função do tempo.

LEVANTAMENTO DE CUSTOS

O orçamento para a construção do sistema foi fundamentado no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

(SINAPI), e quando os dados não estão listados neste sistema, os custos foram estimados em pesquisa de mercado, assim como para Mattos (2013). Os valores gastos com o material e mão de obra para instalação foram considerados no orçamento. Os orçamentos foram divididos em custos fixos e variáveis com base nas necessidades. Os custos fixos representam componentes do sistema que mudam ligeiramente à medida que a demanda de água pluvial muda. Os custos variáveis são representados pelos reservatórios selecionados para cada demanda (A, B e C) que apresentam variações significativas de preço que interferem mais severamente na viabilidade do sistema.

ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica do sistema leva em consideração uma vida útil de 20 anos. Para fins de cálculo, leva-se em consideração a possível valorização cambial, ou seja, juros e inflação, ao longo do período analisado. No cálculo do VPL foi considerada uma taxa de desconto anual de 6,4%, com referência a junho de 2018, com base na taxa de desconto do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), definida como a taxa de desconto média diária ajustada (SILVA, M.; FONTES, 2005). Financiamentos relacionados a operações financeiras registradas no SELIC (FONTES, 2005). Os benefícios ganhos devido à economia de água foram calculados multiplicando as tarifas de água e esgoto para a cidade de Santa Cecília/SC.

Os resultados encontrados foram apresentados através da comparação do volume pluviométrico mensal médio e o consumo mensal médio de água da residência estudada, calculando a viabilidade econômica da implantação do SAAP e aproximando o período necessário para que a economia na conta de água supra os gastos necessários para a implantação do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CALHAS, CONDUTORES E DISPOSITIVO DE PRIMEIRA LAVAGEM

O telhado da residência é composto por quatro águas com um total de 184,19 m², com isso, o sistema é composto de quatro calhas. Não foi

preciso dimensionar as calhas pelo fato de ser uma edificação já construída, sendo que o sistema será implantado utilizando o que já foi construído. As dimensões do equipamento de primeira lavagem foram realizadas de acordo com a ABNT NBR 10844:1989 e assim tiveram capacidade suficiente para armazenar os primeiros 2 mm de água da chuva. Para este projeto, foi considerada a área da cobertura projetada. Os resultados deste dimensionamento são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensionamento do dispositivo de primeira lavagem

Área de Contribuição	184,19
Volume (m ³) = 2mm x Área de Contribuição	0,4

Fonte: O autor (2022).

DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE RESERVATÓRIO

Métodos Da ABNT NBR 15527:2007

Utilizando o Método de Rippl foi obtido os resultados apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7, para as demandas A, B e C respectivamente.

Tabela 5 - Dimensionamento do reservatório para demanda A- Método de Rippl

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva(m ³)	Situação do Reservatório
Jan	185,97	2,7	184,19	27	-25	Extravasando
fev	150,52	2,7	184,19	22	-19	Extravasando
mar	118,82	2,7	184,19	18	-15	Extravasando
abr	100,81	2,7	184,19	15	-12	Extravasando
mai	135,17	2,7	184,19	20	-17	Extravasando
jun	100,81	2,7	184,19	15	-12	Extravasando
jul	114,82	2,7	184,19	17	-14	Extravasando
ago	102,61	2,7	184,19	15	-12	Extravasando
set	151,91	2,7	184,19	22	-20	Extravasando
out	195,88	2,7	184,19	29	-26	Extravasando
nov	132,66	2,7	184,19	20	-17	Extravasando
dez	158,65	2,7	184,19	23	-21	Extravasando

Fonte: O autor (2022).

Tabela 6 - Dimensionamento do reservatório para demanda B- Método de Rippl

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva(m ³)	Situação do Reservatório
jan	185,97	3,6	184,19	27	-24	Extravasando
fev	150,52	3,6	184,19	22	-19	Extravasando
mar	118,82	3,6	184,19	18	-14	Extravasando
abr	100,81	3,6	184,19	15	-11	Extravasando
mai	135,17	3,6	184,19	20	-16	Extravasando
jun	100,81	3,6	184,19	15	-11	Extravasando
jul	114,82	3,6	184,19	17	-13	Extravasando
ago	102,61	3,6	184,19	15	-12	Extravasando
set	151,91	3,6	184,19	22	-19	Extravasando
out	195,88	3,6	184,19	29	-25	Extravasando
nov	132,66	3,6	184,19	20	-16	Extravasando
dez	158,65	3,6	184,19	23	-20	Extravasando

Fonte: O autor (2022).

Tabela 7- Dimensionamento do reservatório para demanda C- Método de Rippl

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva(m ³)	Situação do Reservatório
jan	185,97	4,1	184,19	27	-23	Extravasando
fev	150,52	4,1	184,19	22	-18	Extravasando
mar	118,82	4,1	184,19	18	-13	Extravasando
abr	100,81	4,1	184,19	15	-11	Extravasando
mai	135,17	4,1	184,19	20	-16	Extravasando
jun	100,81	4,1	184,19	15	-11	Extravasando
jul	114,82	4,1	184,19	17	-13	Extravasando
ago	102,61	4,1	184,19	15	-11	Extravasando
set	151,91	4,1	184,19	22	-18	Extravasando
out	195,88	4,1	184,19	29	-25	Extravasando
nov	132,66	4,1	184,19	20	-15	Extravasando
dez	158,65	4,1	184,19	23	-19	Extravasando

Fonte: O autor (2022).

O método Rippl se apresentou economicamente viável em todas as demandas, por apresentar que em todos os meses, o reservatório

apresentará níveis de água muito acima do necessário. Na Tabela 8 é possível observar o volume mínimo do reservatório necessário para suprir cada demanda estudada.

Tabela 8 - Dimensionamento de reservatórios

Demanda	Volume do Reservatório (m ³)
A (2,7 m ³)	3
B (3,6 m ³)	4
C (4,1 m ³)	4

Fonte: O autor (2022).

Para as demandas A, B e C, o método encontrou valores economicamente aplicáveis e com muita eficiência.

ORÇAMENTO DO SISTEMA

O orçamento foi realizado em partes e os resultados dividido nas tabelas 9, 10 e 11. Sendo na tabela 9 o orçamento do custo dos reservatórios para as demandas de 2,7 m³, 3,6 m³ e 4,1 m³ respectivamente.

Tabela 9 – Custo dos Reservatórios

Demanda	Reservatório Superior		Reservatório Inferior		Custo Total (R\$)
	Item	Custo (R\$)	Item	Custo (R\$)	
A	Caixa d'agua em polietileno 1000 litros	399,50	Caixa d'agua em polietileno 2000 litros	911,39	1310,89
B	Caixa d'agua em polietileno 2000 litros	911,39	Caixa d'agua em polietileno 2000 litros	911,39	1822,78
C	Caixa d'agua em polietileno 2000 litros	911,39	Caixa d'agua em polietileno 2000 litros	911,39	1822,78

Fonte: O autor (2022).

Na Tabela 10 foi realizado o orçamento da mão de obra para a implantação do sistema, esse orçamento foi único e utilizado para as três demandas estudadas.

Tabela 10 – Custo da mão de obra

Item	Unidade	Custo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)	Fonte
Eletricista	Hora	30,28	5	151,4	SINAP

Fonte: O autor (2022).

Na Tabela 11 foi avaliado o custo de todos os materiais que foram

utilizados para a implantação do sistema na residência escolhida, o orçamento novamente foi único e utilizado para avaliar o custo nas três demandas estudadas.

Tabela 11 – Custo de tubulação, conexões e acessórios

Item	Unidade	Custo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)	Fonte
Tubo PVC soldável DN 25 mm (NBR-5648)	m	4,70	2	9,4	SINAP
Tubo PVC soldável DN 20 mm (NBR-5648)	m	3,66	20	73,20	SINAP
Tubo PVC DN 75 mm, para esgoto ou águas pluviais prediais (NBR-5688)	m	22,03	15	330,45	SINAP
Joelho PVC soldável 90° 20 MM	unid.	2,51	6	15,06	SINAP
Joelho PVC soldável 90° 25 MM	unid.	2,84	6	17,04	SINAP
Registro de esfera PVC com válvula externa 3x4"	unid.	25,56	2	51,12	SINAP
Joelho PVC soldável 90° DN 75 mm para água fria predial	unid.	6,99	5	34,95	SINAP
Torneira metálica de boia convencional para caixa d'água com haste e balão plástico	unid.	118,84	4	475,36	SINAP
Adaptador PVC soldável 20 mm, com flange e anel de vedação para caixa d'água	unid.	12,27	2	24,54	SINAP
Adaptador PVC soldável 75 mm com flange e anel de vedação para caixa d'água	unid.	220,89	4	883,56	SINAP
Adaptador PVC Soldável, com flange e anel de vedação para caixa d'água 20 MM X 1/2"	unid.	12,27	2	24,54	SINAP
Tê soldável PVC 90° 75 MM, para água predial	unid.	76,23	1	76,23	SINAP
Filtro de água de chuva de baixo custo	unid.	42	3	126,00	SINAP
3 Sensores de nível de líquidos + placa de controle de níveis + eletrodutos	unid.	313,40	1	313,4	Elétrica Easy
Bomba centrífuga motor elétrico monofásico 0,49 HP 1"x 3/4" HM/Q: 6 M / 8,3 M³/H	unid.	751,72	1	751,72	SINAP

Fonte: O autor (2022).

Na Tabela 12, observa-se os orçamentos totais para cada uma das demandas. Os dados nela apresentam o somatório dos custos de reservatórios, mão de obra, tubulações e acessórios. Entende-se então que os custos de implantação foram devidamente apurados para a análise econômica.

Tabela 12 – Custo totais de implantação do sistema

Demanda	Custos Totais (R\$)
A	4668,95
B	5180,84
C	5180,84

Fonte: O autor (2022).

ANÁLISE FINANCEIRA

A análise levou em conta o consumo de água da residência do período de agosto de 2021 a julho de 2022, observa-se a análise econômica para cada uma das demandas nas tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13 – Estimativa de consumo e economia de água – Demanda A

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água potável (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Ago	11.000	8.300	2.700	69,22	54,42	14,8
Set	17.000	14.300	2.700	134,26	104,99	29,27
Out	13.000	10.300	2.700	90,90	61,63	29,27
Nov	11.000	8.300	2.700	69,22	54,42	14,8
Dez	11.000	8.300	2.700	69,22	54,42	14,8
Jan	14.000	11.300	2.700	101,74	72,47	29,27
Fev	12.000	9.300	2.700	80,06	56,75	23,31
Mar	11.000	8.300	2.700	69,22	54,42	14,8
Abr	10.000	7.300	2.700	58,38	52,09	6,29
Mai	11.000	8.300	2.700	69,22	54,42	14,8
Jun	11.000	8.300	2.700	69,22	54,42	14,8
Jul	13.000	10.300	2.700	90,90	61,63	29,27

Fonte: O autor (2022).

Com a demanda A de 2,7 m³ de água pluvial por mês a economia

no período de um ano seria de R\$235,48 levando cerca de 20 meses para que o sistema comece a ter um retorno financeiro.

Tabela 14 – Estimativa de consumo e economia de água – Demanda B

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água potável (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Ago	11.000	7.400	3.600	69,22	52,32	16,90
Set	17.000	13.400	3.600	134,26	95,24	39,02
Out	13.000	9.400	3.600	90,90	56,98	33,92
Nov	11.000	7.400	3.600	69,22	52,32	16,90
Dez	11.000	7.400	3.600	69,22	52,32	16,90
Jan	14.000	10.400	3.600	101,74	62,72	39,02
Fev	12.000	8.400	3.600	80,06	54,65	25,41
Mar	11.000	7.400	3.600	69,22	52,32	16,90
Abr	10.000	7.300	3.600	58,38	52,09	6,29
Mai	11.000	7.400	3.600	69,22	52,32	16,90
Jun	11.000	7.400	3.600	69,22	52,32	16,90
Jul	13.000	9.400	3.600	90,90	56,98	33,92

Fonte: O autor (2022).

Com a demanda B de 3,6 m³ de água pluvial por mês a economia no período de um ano seria de R\$278,98 levando cerca de 19 meses para que o sistema comece a ter um retorno financeiro

Tabela 15 – Estimativa de consumo e economia de água – Demanda C

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água potável (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Ago	11.000	6.900	4.100	69,22	51,16	18,06
Set	17.000	12.900	4.100	134,26	89,82	44,44
Out	13.000	8.900	4.100	90,90	55,82	35,08
Nov	11.000	6.900	4.100	69,22	51,16	18,06
Dez	11.000	6.900	4.100	69,22	51,16	18,06
Jan	14.000	9.900	4.100	101,74	58,15	43,59
Fev	12.000	7.900	4.100	80,06	53,49	26,57
Mar	11.000	6.900	4.100	69,22	51,16	18,06
Abr	10.000	5.900	4.100	58,38	48,83	9,55
Mai	11.000	6.900	4.100	69,22	51,16	18,06
Jun	11.000	6.900	4.100	69,22	51,16	18,06
Jul	13.000	8.900	4.100	90,90	55,82	35,08

Fonte: O autor (2022).

Com a demanda C de 4,1 m³ de água pluvial por mês a economia no período de um ano seria de R\$302,67 levando cerca de 18 meses para que o sistema comece a ter um retorno financeiro. A Tabela 19 mostra o tempo necessário para que ocorra o retorno do investimento no SAAP para cada demanda estudada.

Tabela 19 – Viabilidade Econômica Santa Cecília - SC

Caso	Demanda (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Tempo de retorno do investimento (anos)	Valor Investido (R\$)
A	2,7	3	1,67	4668,95
B	3,6	4	1,58	5180,84
C	4,1	4	1,5	5180,84

Fonte: O autor (2022).

Como forma de comparação, Segundo Guimarães (2018), estudo utilizado como forma de comparação foi realizado na cidade de Uberlândia – MG onde utilizou o método Rippl como forma de dimensionamento do sistema e dados históricos para calcular o volume pluviométrico dessa cidade, com isso calculando o volume de água pluvial a ser coletada, as dimensões do sistema a ser instalado e a viabilidade econômica do sistema na residência estudada. Guimarães conseguiu concluir que na cidade de Uberlândia - MG o regime anual de chuvas é variável, com grandes volumes de novembro a abril e um período de estiagem nas demais épocas do ano. A ocorrência dessa instabilidade prejudica o funcionamento dos sistemas de captação de águas pluviais, pois são necessários grandes reservatórios para atender as demandas não potáveis durante as secas. No entanto, o balanço hídrico da cidade mostrou-se quantitativamente viável para o uso da água da chuva, reduzindo o consumo de água potável em até 38.000 litros por ano para atender a demanda C. O dimensionamento do reservatório pelo método da ABNT NBR 15527:2007 apresentou resultados desfavoráveis. O dimensionamento pelo método Rippl exige muito das demandas A, B e C e é considerado inadequado para a aplicação. Isso porque o método é projetado para cobrir todas as demandas possíveis durante os períodos mais severos de seca, exigindo grandes volumes quantidades de armazenamento, fazendo com que o sistema de captação de água da chuva não consiga atender financeiramente a nenhuma dessas 3 necessidades, sem período de retorno ao longo da vida do projeto de 20 anos. Guimarães (2018) concluiu que o motivo mais provável da

inviabilidade do sistema de Uberlândia (MG) é que a cidade possui uma das menores tarifas de esgoto e água do país, portanto no quesito econômico, a captação de água da chuva não compensa o custo de sua implantação e operação do sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento do trabalho, concluiu-se que os premissas traçados foram alcançados com sucesso, que os componentes do sistema foram devidamente dimensionados e orçamentados, e que o sistema foi devidamente avaliado do ponto de vista quantitativo e econômico.

A avaliação dos dados pluviométricos de Santa Cecília – SC mostra que a distribuição das chuvas tem um mínimo acima de 100mm de precipitação por mês, sendo os meses de abril, junho, julho e agosto, na estação de Inverno e máximas próximas de 200 mm por mês, nos meses de outubro, dezembro e janeiro, na estação de Verão. A ocorrência desses grandes volumes de precipitação viabiliza o funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial o ano todo, necessitando de um reservatório de tamanho mínimo para suprir a demanda da residência, conseguindo uma economia de 49.200 litros no caso que ocorre o maior consumo de água não potável. O dimensionamento dos reservatórios pelos métodos da ABNT NBR 15527:2007 apresentou resultados positivos, mostrando que é possível usar um reservatório que possua um volume igual ao que será utilizado nos casos estudados. Para as demandas A, B e C, somando os valores dos dois reservatórios, superior e inferior, obtiveram volumes de reserva igual a 3 m³, 4 m³ e 4 m³ respectivamente. O volume de reserva das três demandas foram 100% atendidas sendo que o volume dos reservatórios estaria sempre acima do nível médio.

Com a finalização do estudo financeiro, o sistema de aproveitamento de água pluvial se apresentou viável nos 3 casos estudados, pois no pior caso terá um retorno em 20 meses, ou seja, um retorno de curto prazo. Apesar do estudo ter sido apenas em uma residência unifamiliar, é possível que a aplicação desse sistema em outras edificações da cidade com maior consumo de água também seja viável, pelo fato de ser uma cidade com um volume pluviométrico muito bom.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Séries Históricas de Estações – Hidroweb v. 3.2.7** Disponível em: www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Acesso em: 27 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 15527**: Água e chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BASTOS, Camila Ribeiro Da Silva et al. Uma análise e proposta de implantação de telhado verde e reaproveitamento de água da chuva para uma residência de luxo na região metropolitana de Belo Horizonte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 18961-18996, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8713>. Acesso em: 22 nov. 2022.

CARVALHO, Iago Nantes da Cruz et al. IMPORTÂNCIA DA CAPTAÇÃO E REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL COMO FORMAR DE MINIMIZAR A ESCASSEZ DE ÁGUA POTÁVEL. *In*: Anais do Seminário Científico do UNIFACIG, Manhuaçu, 2021. **Anais eletrônico [...]**. Manhuaçu: UNIFACIG, 2021, p. 01-06. Disponível em: www.pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/2025. Acesso em: 22 nov. 2022.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana Paula; KIPERSTOK, Asher. Captação de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. *In*: 6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Belo Horizonte, 2007. **Anais eletrônico [...]**. Belo Horizonte: IFAL, 2007, p. 09-12. Disponível em: www.academia.edu/2643560/Capta%C3%A7%C3%A3o_de_%C3%A1gua_de_chuva_no_meio_urbano_para_usos_n%C3%A3o_pot%C3%A1veis. Acesso em: 28 jun. 2022.

FONSECA, João José Saraiva da. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. João José Saraiva da Fonseca, 2002. Disponível em: www.books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=oB5x2SChpSEC&oi=fnd&pg=PA6&dq=fonseca+2002+metodologia&ots=ORU_3u8sf-&sig=_y110--0Fvdfeok4F8l75lxeQAU#v=onepage&q=fonseca%202002%20metodologia&f=false. Acesso em: 30 jun. 2022.

FONSECA, Thales Daniel dos Santos; RIBEIRO JÚNIOR, Leopoldo Uberto; FARIA, Jaqueline Perez Rodrigues. Estudo da viabilidade econômica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residências em Itajubá–Minas Gerais. **Revista Científic@ Universitas**, v. 4, n. 1, p. 1 – 11, 2016. Disponível em: www.revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/view/513. Acesso em: 14 de mar. 2022.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro, ABES, 2009.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro, ABES, 2006.

GUIMARÃES, Dalisson Alves. **Viabilidade econômica para implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em residência unifamiliar**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: www.repositorio.ufu.br/handle/123456789/22109. Acesso em: 29 de abr. 2022.

LIMA, Ana Cássia Oliveira. RESSUREIÇÃO, Kássia Regina Franco. Edificações com sistema de águas pluviais: Um estudo de caso. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 06, n. 11, p. 134 -153, 2018. Disponível em: www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/aguas-pluviais. Acesso em: 10 de abr. 2022.

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis–SC. **Ambiente construído**, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008. Disponível em: www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5355. Acesso em: 28 jun. 2022.

MARTINS, Byanca. Evely. dos Santos; MENEZES, Lenore. Karla. Medeiros.; FARTO, Cindy. Deina; ATHAYDE JUNIOR, Gilson. Barbosa. Analysis of the economic feasibility of using rainwater for vertical residential type buildings in the City of João Pessoa State of Paraíba. **Research, Society and Development**, [S. L.], v. 10, n. 8, p. e49010817655, 2021. Disponível em: www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17655. Acesso em: 27 jun. 2022.

MARTINS, Gilberto Andrade. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisa no Brasil. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 2, n. 2, p. 9-18, 2008. Disponível em: www.revistas.usp.br/rco/article/view/34702. Acesso em: 28 jun. 2022.

MATTOS, Rodrigo Bhering de. SINAPI–Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil: uma ferramenta adequada e segura para o desenvolvimento de orçamentos de obras públicas. **Revista Organização Sistêmica**, v. 3, n. 2, p. 101-129, 2013. Disponível em: www.revistasuninter.com/revistaorganizacao sistemica/index.php/organizacaoSistemica/article/view/167. Acesso em: 27 jun. 2022.

MOURA, Micaella Raíssa Falcão de; SILVA, Simone Rosa da; BARROS, Emília Xavier do Rêgo. Análise de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um empreendimento residencial na cidade de Recife-PE. **Tecno-Lógica**, v. 22, n. 1, p. 66-72, 2018. Disponível em: www.online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/10493. Acesso em: 27 jun. 2022.

RODRIGUES, Luís Carlos da Silva. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ROSÁRIO, Karla Karoline Leite do; FARIAS, Danielle de Lima; CAVALCANTE, Juliane da Costa; MORAIS, Mateus Souza. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS COMO ALTERNATIVA DE MELHORIA DA ATUAL SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**. São Paulo, Blucher, 2017.

SALLA, Marcio Ricardo et al. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, v. 13, p. 167-181, 2013. Disponível em: www.scielo.br/j/ac/a/Xf5pp6mvBmZQMkr88bFXR6d/?stop=next&format=html&lang=pt. Acesso em: 30 jun. 2022.

SANTOS, Matheus Assis Rocha dos. **Viabilidade de sistemas de aproveitamento de águas pluviais**: estudo de caso em casas do bairro Jardins Mangueiral/DF. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016. Disponível em: www.bdm.unb.br/handle/10483/17085. Acesso em: 14 de mar. 2022.

SILVA, Emerson Thiago da et al. Viabilidade econômica da implantação de sistemas de reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em um bloco universitário no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 05, p. 2503-2514, 2020. Disponível em: www.scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2017&as_yhi=2022&q=sistemas+de+aproveitamentos+de+%C3%A1guas+pluviais+%C3%A9+uma+necessidade+real%2C+representando+uma+alternativa+econ%C3%B4mica+e+eficiente+quando+se+fala+em+combate+ao+desperd%C3%ADcio+de+%C3%A1gua.&btnG=#:~:text=reuso%20de%20%C3%A1guas%20cinzas%20e-,aproveitamento,-de%20%C3%A1guas%20pluviais%20em%20um. Acesso em: 22 nov. 2022.

SILVA, Márcio Lopes da; FONTES, Alessandro Albino. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. **Revista Árvore**, v. 29, p. 931-936, 2005. Disponível em: www.scielo.br/j/rarv/a/7jJ8FVfdNrBwBq9kSdP4sBg/abstract/?lang=pt. Acesso em: 28 jun. 2022.

Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-sc/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_SC_082022_NaoDesonerado.zip. Acesso em: 28 ago. 2022.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva.** Guarulhos, 2011. Disponível em: www.pliniotomaz.com.br/livros-digitais/. Acesso em: 10 de abr. 2022.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água". **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000. Disponível em: www.lume.ufrgs.br/handle/10183/232499. Acesso em: 10 de abr. 2022.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007. Disponível em: www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/168101/mod_forum/attachment/267608/o_estudo_de_caso_como_modalidade_de_pesquisa.pdf. Acesso em: 28 jun. 2022.