



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

NEVILLE TRINDADE DA SILVA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO
NA LAVAGEM DE VEÍCULOS NO LAVA A JATO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

2022

NEVILLE TRINDADE DA SILVA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO
NA LAVAGEM DE VEÍCULOS NO LAVA A JATO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial pra obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Rabelo

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

2022

Silva, Neville Trindade da
Aproveitamento de água da chuva para utilização na
lavagem de veículos no lava a jato da Universidade
Federal do Recôncavo da Bahia, 2022.

55 p. : 30 cm

Orientador: Jorge Luiz Rabelo.
TCC (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) --
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das
Almas, 2022.

1. Captação e aproveitamento de água de chuva; . 2.
viabilidade técnica e econômica. 3. Reservatório de
água pluvial. I. Neville, Jorge. II. Aproveitamento de
água da chuva para utilização na lavagem de veículos
no lava a jato da Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia.

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO
NA LAVAGEM DE VEÍCULOS NO LAVA A JATO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

Relatório final, apresentado à
Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia, como parte das exigências para
a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

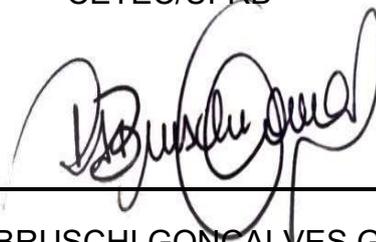
Cruz das Almas - BA, 14 de março de 2022.

1 BANCA EXAMINADORA



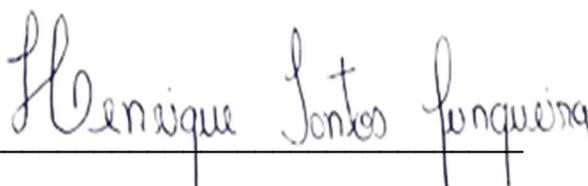
Prof. JORGE LUIZ RABELO

CETEC/UFRB



Prof. ROBERTA ALESSANDRA BRUSCHI GONÇALVES GLOAGUEN

CETEC/UFRB



Eng. HENRIQUE SANTOS JUNQUEIRA

BIO AMB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por ter me sustentado e dado forças para prosseguir.

Aos meus professores, por tamanho conhecimento que puderam me proporcionar, em especial ao meu orientador, por todo incentivo, saberes transmitidos e entusiasmo durante toda a produção do projeto.

A minha família de forma geral, por todo carinho e preocupação comigo, em especial a minha mãe Gersonita Trindade da Silva que sempre me aconselhou e incentivava em prol da realização dos meus objetivos.

Aos meus irmãos Honorina, Jessica e Leandro.

Ao meu Avo Marinho Trindade da Silva que hoje mora no céu, por todo o amor e acalento.

Aos meus tios, primos, primas, meu orgulho diário, exemplos de responsabilidade e determinações.

Aos meus grandes Amigos Omar Sacramento e Luiz Edmundo.

“O sucesso é um grande triângulo, tendo como vértices o caráter, a competência e o esforço.”

(Ana Fraga Ivaiporã)

Sumário

RESUMO	9
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS	13
3.2 DESAFIOS NO ATENDIMENTO À DEMANDA DE ÁGUA	14
3.3 HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA E EXEMPLOS DE SISTEMAS	15
3.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....	17
3.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	18
3.6 QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA PARA FINS NÃO POTÁVEIS	19
3.7 USO DA ÁGUA PLUVIAL PARA A LAVAGEM DE VEÍCULOS	20
3.7.1 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL SEGUNDO A NBR 15527	21
3.7.2 MÉTODO DE RIPPL	23
3.7.3 MÉTODO DA SIMULAÇÃO	24
4.6 ANÁLISE DE INVESTIMENTO.....	28
3.7.4 MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL).....	29
3.7.5 PAYBACK	30

3.7.6	TEMPO DE RETORNO DESCONTADO;.....	31
3.7.4	MÉTODO DA RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO.....	31
4	METODOLOGIA.....	32
4.1	CARACTERIZAÇÃO da ÁREA DE ESTUDO – DEMANDA HÍDRICA E PRECIPITAÇÃO.....	33
4.1.1	DEMANDA DE ÁGUA NO LAVA A JATO	34
4.1.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO DO NEPA	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
6	CONCLUSÕES.....	60
<u>7</u>	REFERÊNCIAS	61

Silva, Neville Trindade. **Aproveitamento de água da chuva para utilização na lavagem de veículos no lava a jato da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA, 2021.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da implantação de sistema de captação e aproveitamento de água de chuva do prédio do Núcleo de Engenharia de Pesca e Aquicultura – NEPA, na cidade de Cruz das Almas – BA. O sistema de captação implantado tem a finalidade de abastecer o reservatório do lava a jato da instituição para lavagem de veículos. Primeiramente, foram levantados dados para a caracterização arquitetônica do prédio, área de contribuição do telhado e cálculo da demanda do lava a jato. Após realização do estudo hidrológico, com base em séries históricas de 20 anos foi caracterizado o regime de precipitações pluviométricas e respectivas intensidades. Com as plantas arquitetônicas, determinaram-se as áreas de contribuição de cada telhado, o dimensionamento dos dispositivos de captação, condução, tratamento preliminar e armazenamento, segundo as normas vigentes. Por fim, efetuou-se um estudo de viabilidade econômica da implantação do sistema de captação e armazenamento utilizando o método de Rippl. Os custos para implantação do sistema foram de aproximadamente R\$ 54.944,40, sendo que análise de viabilidade técnico-econômica aponta um período de retorno do investimento em torno de 6 anos. Concluímos que um reservatório de 40,000 litros, será suficiente para atender à demanda mensal e ter uma reserva técnica. Entretanto, para melhorar a confiabilidade do sistema recomenda-se um reservatório de 50,000 litros, pois, teremos uma confiabilidade entre 90% a 99%. Desta forma, o valor da implantação do sistema de captação da água da chuva para fins não potáveis no prédio do NEPA em Cruz das Almas mostrou-se economicamente viável.

Palavras chaves: Reservatório de água pluvial; projeto; viabilidade técnica e econômica.

SILVA, Neville Trindade. **Use of rainwater for use in washing vehicles in the jet wash at the Federal University of Recôncavo da Bahia.** Course final paper (Bachelor's Degree in Civil Engineering) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA, 2021.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the feasibility of implementing a system to capture and use rainwater in the building of the Fisheries and Aquaculture Engineering Nucleus – NEPA, in the city of Cruz das Almas – BA. The capture system deployed has the purpose, supplying the washing tank jet institution for washing vehicles. First, data were collected for the architectural characterization of the building, the roof's contribution area and calculation of the demand for the car wash. After completion of the hydrological study, based on 20-year historical series, to characterize the rainfall regime and respective intensities. With architectural plans was determined contribution of the areas of each roof, the design of the collection devices, driving, preliminary treatment and storage, following current regulations. Finally, a feasibility study for the implementation of the capture and storage system was carried out using the Rippi and simulation methods. The costs for implementing the system were approximately R\$ 54.944,40, and the technical-economic feasibility analysis points to a period of return on investment of around six years. Thus, the value of implementing the rainwater catchment system for non-potable purposes in the NEPA building in Cruz das Almas proved to be economically viable.

Keywords: Rainwater reservoir; project; technical and economic inabilities; g are of quality.

2 INTRODUÇÃO

Para a existência da vida no planeta, a água é um dos elementos mais importantes, sendo indispensável para a sobrevivência da vida na terra e limitante no desenvolvimento de muitas regiões do Brasil.

As estratégias que visam garantir a sustentabilidade ambiental, manutenção e conservação de fontes de recursos hídricos, aliadas às ações do uso racional, técnicas que evitem o desperdício e reúso de água, são de grande importância para garantir a disponibilidade evitando a falta de água em áreas urbanas (Carli, De Conto, Beal & Pessin, 2013).

De acordo com a Lei das Águas – Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997), em caso de escassez de água, a prioridade é do abastecimento público e dessedentação animal. O descontrole e ações provocadas pelo ser humano, como o desmatamento e extração exagerada de água subterrânea, são ações que contribuem para escassez de água, na região Nordeste do Brasil (CGEE, 2016).

É necessária a adoção de tecnologias que visam o melhor aproveitamento das fontes de água no planeta, uma destas tecnologias é a captação de água da chuva que possibilita a redução do seu uso evitando o desperdício de água potável, além disso, a captação e utilização de água de chuva é uma tecnologia que pode alcançar pessoas de várias classes sociais (KOBAYAMA; CHECCHIA, 2005).

O aproveitamento de água de chuva é uma solução economicamente viável para solucionar o desperdício de água potável, por ser uma fonte de fácil captação e possui baixo custo (ANNECCHINI, 2005).

Deste modo, é de fundamental importância fazer a coleta dessa água, visto que é considerável a sua qualidade e pode ser utilizada em descargas de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de roupas, calçadas e de automóveis, logo, é possível destacar diversos aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial (MARINOSKI, 2007).

A utilização da água da chuva para fins não potável traz um grande benefício ambiental e econômico, pois, além dos benefícios já apontados de redução da captação nos mananciais de água potável e da sua consequente maior conservação, reduz o escoamento superficial, minimizando problemas de alagamentos.

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo o estudo do projeto piloto de captação de água de chuva na UFRB, no prédio do NEPA, campus de Cruz das Almas, para fins de aproveitamento de água não potáveis de utilização no lava a jato da instituição, que consiste em analisar a viabilidade econômica do empreendimento, a redução no consumo de água potável e a consequente redução no custo mensal do consumo de água.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar estudo da implantação e da viabilidade técnico-econômica de sistema de captação de água de chuva no prédio do NEPA, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, visando sua utilização para fins não potáveis no lava a jato da instituição.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efetuar estudo hidrológico, com base em séries históricas de 20 anos, e tratar os dados para caracterizar o regime de precipitações e suas respectivas intensidades, com base na estação meteorológica da Embrapa mandioca e Fruticultura e pela ANA.

Identificar a demanda de água para uso com fins não potáveis no lava a jato da instituição.

Determinar a área de captação de telhado necessária para atender a demanda do lava a jato.

Dimensionar os reservatórios para captação de água da chuva utilizando o método de Rippl, proposto pela NBR 15527 (ABNT, 2019).

Efetuar o estudo e diagnóstico da viabilidade técnico-econômica da implantação do sistema de captação, considerando os custos, o impacto no consumo de água potável e no valor das tarifas mensais das faturas de serviços de água.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS

A água representa uma grande parcela das substâncias presente na natureza, cobrindo aproximadamente 70% da superfície do planeta (BRAGA et al., 2002). Essencial à vida de todos os seres vivos que habitam a Terra e a despeito de ser um recurso encontrado em abundância em nosso planeta, somente uma pequena parcela do seu total é de água doce (WHO, 2006).

Segundo a Unesco (2012), o planeta possui uma formação com três quartos de água, contudo, boa parte desta água é salgada, aproximadamente 97,5%, e os 2,5% restantes são formados por água doce.

A parcela de água doce encontra-se dividida entre geleiras e calotas polares (68,9 %), aquíferos subterrâneos (29,9 %), presente como umidade do solo (0,9 %) e finalmente, a parcela de água superficial constituída por rios e lagos (0,3 %) (MMA, 2005).

O Brasil possui 13,7 % da água doce do mundo. Porém, toda esta água não está distribuída de maneira igual em cada região. Ou seja, nem sempre a água está presente onde há maior concentração populacional (MURAKAMI, 2012).

As interferências feitas pelo homem na natureza influenciam a disponibilidade de água, devido ao desequilíbrio ambiental e influência do ciclo hidrológico, com isso, algumas mudanças climáticas são notadas podendo em muitos casos provocar alterações climáticas severas, provocando secas ou excesso de chuvas em algumas regiões. Estes fenômenos influenciam a disponibilidade e acesso à água em áreas urbanas (TUNDISI, 2015).

A falta de políticas rígidas de controle sobre o tratamento dos esgotos que são lançados nos rios e mananciais de água, colocam o Brasil numa situação preocupante no tocante a contaminação da água, aproximadamente 70% do efluentes industriais e 90% dos esgotos contaminam nossos reservatórios naturais de água (BRASIL, 2016).

Devido a estas principais características de disponibilidade hídrica, o atendimento às demandas pelo uso da água representa um grande desafio no Brasil e no mundo.

4.2 DESAFIOS NO ATENDIMENTO À DEMANDA DE ÁGUA

O grande problema gerado pelo aumento da demanda de água e o seu uso insustentável está promovendo uma redução considerável da oferta de água, sendo assim, é necessária a adoção de medidas de planejamento e gestão da destinação e uso feito diariamente pela população evitando um desabastecimento da população (PASQUALETTO, 2020).

Há um desequilíbrio na oferta da água, principalmente no Brasil, que tem regiões que a utilizam mais que outras, por suas características predominantes e atividades que exercem.

Como exemplo do desequilíbrio na oferta de água, segundo a conjuntura dos recursos hídricos do a bacia amazônica representa 80% dos recursos hídricos do Brasil, com uma pequena parcela da população habitando esta região Brasil (2013).

Tomando como base também exemplo de restrições aos usos dos recursos hídricos, o Aquífero Guarani, que cobre uma superfície de quase 1,2 milhões de km², e está inserido na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, localizada entre 4 países vizinhos (Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina), dispõe de um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo. Devido a suas características, o aquífero apresenta-se como a principal reserva de água subterrânea da América do Sul, com um volume estimado em 46 mil km³, sendo que dois terços da área total está localizado em território brasileiro, entre os estados de Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (DAAE, 2016). Entretanto, sua exploração possui restrições a sua utilização por motivos ambientais, hidrogeológicos e por ser um manancial interfronteiriço internacional (RABELO, WENDLAND, 2009).

Em relação a má distribuição das chuvas e considerando sobretudo a dimensão continental do Brasil, a escassez e inconstância de chuvas é recorrente em diversas regiões do país, porém, verificada de maneira histórica na região Nordeste do país, como descrito a seguir por Silva et al., 2007.

Devido ao mau aproveitamento da água em épocas chuvosas, torna o problema da seca do Nordeste ainda mais acentuado. Sendo muito frequente este problema na região do semiárido, torna a convivência com a seca mais difícil, fato que poderia ser minimizado com o aproveitamento e armazenamento de águas pluviais (SILVA et al., 2007).

O armazenamento de água das chuvas e sua utilização na substituição de água tratada, para atividades que permitam esse uso, possibilita a redução de custos e energia que seria usada no processo de tratamento (CONICELLI, HIRATA, 2016).

4.3 HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA E EXEMPLOS DE SISTEMAS

As populações da antiguidade já tinham o costume de juntar a água da chuva para o consumo. 850 anos antes de Cristo, viveu o povo Moabita numa região de deserto com pouca água. Eles entalharam uma pedra com o formato de cuba que era capaz de armazenar água. Esta água foi utilizada em construções, então o rei Moabita determinou que as pessoas coletassem água de chuva e que a partir daí toda construção tivesse tal dispositivo para captar água de chuva, incluindo a construção do seu próprio palácio (SAUTCHÚK, 2004; MARINOSKI, 2007).

O sistema de captação de água da chuva precisa ser realizado de forma sistematizada, com isso, são necessários alguns elementos para sua realização, sendo necessários os seguintes: telhado ou calçameto, que irá fazer a captação da água e tubulação para condução da água ao reservatório ou cisterna (MEIRA FILHO et al., 2005).

A cisterna mais antiga no mundo é provavelmente a de Istambul, na Turquia, conhecida como Yerebatan Sarayi, construída durante o Império Romano e com capacidade de 80.000 m³ de água proveniente das chuvas (UNEP, 2002; WERNECK, 2006).

Um dos primeiros estudos realizados neste século sobre o aproveitamento da água da chuva através de cisternas, foi reportado por Kenyon (1929), citado por Myers (1967), composto por um sistema artificial de armazenamento de água para o consumo humano e animal, em uma região com precipitação média anual de 305 mm, sendo até hoje utilizado.

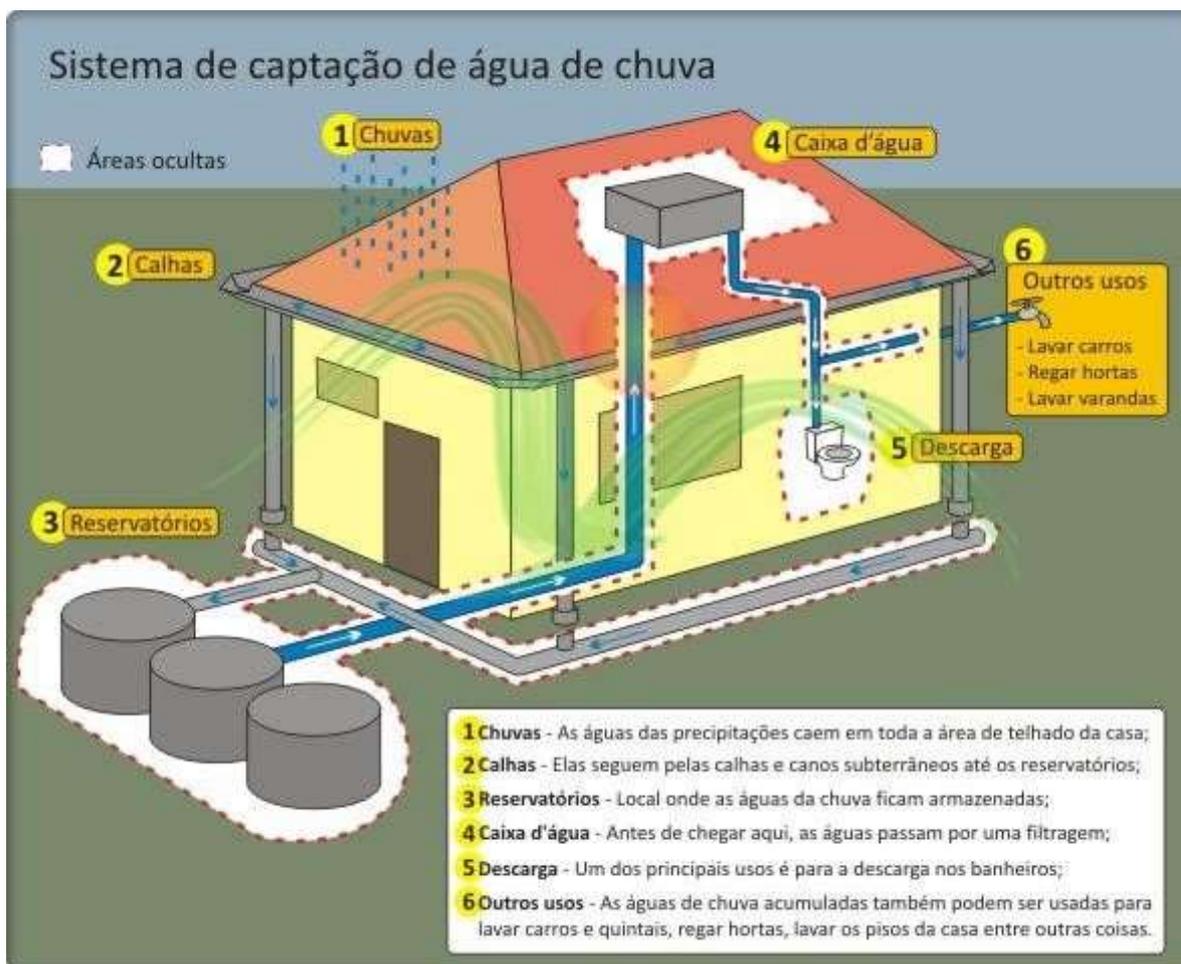
Em 1999, no Brasil, foi fundada a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ABCMAC, 2008).

Na NBR 15.527 (2019), uma parceria entre a Agência Nacional das Águas – ANA, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e o Sindicato da Indústria da

Construção Civil do Estado de São Paulo – SindusCon (ANA, FIESP e SindusCon-SP, 2005) elaboraram o Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações, apresentando uma metodologia básica para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva, descrito através das seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm.mês⁻¹);
- De acordo com a rede ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro), foi desenvolvido o programa denominado “Programa um milhão de cisternas” com o intuito de auxiliar o acesso à água potável através da construção de cisternas de placas e melhorar a qualidade de vida da população, sendo que desde o ano de 2003, aproximadamente 420.000 cisternas foram construídas na região (ASA, 2013).

Figura 1 – Componentes do sistema de captação da água de chuva.



Fonte: <http://www.clareando.com.br/interno.asp?conteudo=solucoes>

4.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

No ano de 1989, foi publicada pela ABNT a NBR 10.844, denominada “Instalações prediais de águas pluviais”. O que se refere aos sistemas de aproveitamento da água de chuva, as diretrizes de projeto e dimensionamento estão estabelecidas na Norma Brasileira – NBR, 15.527 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, revisada em 2019 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Esta norma é apropriada para o aproveitamento não potável da água, apresenta os requisitos para o aproveitamento da água de chuva de coberturas em áreas urbanas; para o uso a água de chuva, pode ser utilizada após tratamento adequado.

O projeto do sistema de coleta da água de chuva deve atender as normas técnicas, ABNT – NBR 5.626 e NBR 10.844. E deve constar no projeto, a população a ser atendida, a determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região (ABNT, 2007).

É considerado como sendo águas pluviais, as que resultam da chuva, de acordo com o Código das Águas, descrito pelo decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934. E ainda dá direito ao dono do prédio onde ela cair, dando o direito de usá-la como desejar.

Projetos de Leis (PL) em trâmite na Câmara dos Deputados, destacando o PL nº 7.818 de 2014, referem-se ao estabelecimento da Política Nacional de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais, já que no Brasil ainda não existe legislação. Só em 2007, surge a NBR 15.527, intitulada “Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para coleta de água de chuva, para fins não potáveis – Requisitos”, apresentando como foco principal a captação de água de chuva em áreas urbanas através de coberturas e a possibilidade de ser utilizada para fins não potáveis, sendo empregada, em irrigação, lavagem de calçadas, veículos e ruas (BRASIL, ABNT, 2007).

4.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

A captação de água de chuva visa evitar o desperdício de água potável estimulando o uso racional deste bem valioso, possibilitando um melhor planejamento frente aos eventos hidrológicos, através do armazenamento melhorando a convivência com a seca e evitando o escoamento superficial excessivo sobre o solo (SENRA; BRONZATTO; VENDRUSCOLO, 2007).

No ano de 1989, foi publicada pela ABNT a NBR 10.844, denominada “Instalações prediais de águas pluviais”, caracterizada por critérios e exigências necessários para a execução de projetos das instalações de drenagem de águas, com a finalidade de garantir níveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia, sendo que a norma aplica-se em coberturas de edifícios, terraços, pátios, quintais e etc... (BRASIL, ABNT, 1989).

Waterfall (2002), explica que o sistema de captação da água de chuva pode ser simples, dependendo fundamentalmente de três elementos: precipitação, condutos horizontais e verticais e do reservatório de armazenamento, ou complexo, quando são indicados para empreendimentos de grande porte, pois requerem assistência profissional, investimentos e reservatórios maiores ou interligados para armazenar grandes volumes de água.

A utilização de água captada de edificações tem se mostrado viável e reduz a demanda nos sistemas públicos de abastecimento urbano, contudo, é necessário avaliar os riscos sanitários e a destinação adequada desta água, sendo necessário também o planejamento e dimensionamento do sistema de coleta e armazenamento para viabilizar o uso eficiente deste recurso (GUIMARÃES, 2015).

Muitos autores comentam sobre o benefício da instalação dos sistemas de captação de águas pluviais para redução de alagamentos e outros usos que diminuiria o custo.

4.6 QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Segundo BOULOMYTIS (2007), na água coletada em telhados, pode haver sedimentos e partículas de sujeiras presentes no telhado depositados sobre a superfície ao longo do tempo, devendo ser considerado este ponto na avaliação da qualidade da água.

Água de chuva é considerada como água de baixo risco de contaminação, porém, Tomaz (2003) ressalta que em áreas muito urbanizadas e polos industriais, devido a poluentes presentes no ar, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) ou ainda chumbo, zinco e outros, ocasionam alterações nas concentrações naturais da água de chuva. A poluição, a utilização de dispositivos de tratamento e a limpeza do sistema de captação influencia na qualidade da água captada.

4.7 USO DA ÁGUA PLUVIAL PARA A LAVAGEM DE VEÍCULOS

O aproveitamento da água proporciona um potencial econômico de água de chuva, e favorece a questão ambiental, além da redução dos custos relativos ao consumo de água potável proveniente do abastecimento público.

A água pode conter, diversas substâncias e componentes, dentre as quais se pode originar do próprio meio ambiente ou foram introduzidos a partir de atividades humanas.

Para sua caracterização, são determinados diversos parâmetros, físicos, químicos ou biológicos conforme a QUADRO 1. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso, segundo padrão de portabilidade da água. Para a lavagem de veículos, a água deve possuir as características específicas, não devendo apresentar: mau-cheiro, ser abrasiva; manchar superfícies; conter sais ou substâncias remanescentes após secagem; propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana (SINDUSCON, 2005).

Conforme Braga (2005), para lavar um veículo são utilizados aproximadamente 150 litros de água. Para Morelli (2005), são gastos aproximadamente 250 litros de água para a lavagem de cada carro e aproximadamente 600 litros de água por ônibus de transporte urbano.

Quadro 1 – Parâmetro de qualidade da água.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA 1 Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT NBR 15527/19.

No Brasil, alguns estados estão exigindo que pontos comerciais de lavagem de veículos deverão empregar água da chuva no processo de lavagem, como os exemplos dos estados de Pernambuco e DF. No estado de Pernambuco, a Lei nº 15.630/2015, entrou em vigor no ano de 2015. Lei essa que vem reforçar as medidas de preservação dos recursos hídricos e meio ambiente em Pernambuco.

4.7.1 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL SEGUNDO A NBR 15527

O dimensionamento do reservatório é um dos pontos mais importantes, pois está relacionado com o maior custo na implantação do sistema. Sendo assim, é muito importante o dimensionamento correto evitando o desperdício de recurso no caso de gasto superior ao necessário. Em contrapartida, um reservatório com capacidade menor que a demanda pode diminuir a eficiência do sistema faltando água, sendo necessária a utilização de água potável. Para evitar estes erros, são necessários cálculos específicos para cada sistema, não utilizando assim, valores comumente utilizados sem o dimensionamento correto (GHISI, 2010).

A principal função do reservatório é acumulação de água do sistema de captação. Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), no sistema de aproveitamento de água de chuva, deve-se constar a demanda e alcance do projeto definido pelo projetista do sistema, além dos estudos das series históricas das precipitações no local onde será implantado o projeto de aproveitamento de água de chuva. O dimensionamento do reservatório pode ser feito por diversos métodos, dentre os quais têm-se: método de Rippl, método da Simulação, método Prático Brasileiro ou método Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês, método Australiano e o método utilizando o software Netuno, que foi desenvolvido pelo labEEE/UFSC, que possibilita simulações do potencial econômico de água potável no reservatório. O dimensionamento fica a critério de cada projetista. A norma define que o dimensionamento da capacidade do reservatório de água de chuva pode ser feito com qualquer método vigente.

Segundo a NBR 5626, o reservatório deve ser limpo e desinfetado no mínimo uma vez por ano com solução de hipoclorito de sódio. A norma estabelece que a água da chuva do reservatório deve ser protegida contra incidência direta da luz solar e do calor para evitar a proliferação de algas e a sua deterioração, além de proteção contra animais que possam adentrar no reservatório através da tubulação de extravasão. No dimensionamento, recomenda-se estimar uma confiabilidade de 90 % a 99 % para não faltar água no reservatório, e no caso de se escolher baixa confiabilidade, deve-se ter um ponto para suprimento de água. No presente trabalho, será usado o método de Rippl.

Figura 8 -. Escavação do reservatório e aplicação lona plástica de 800 micras.



A descrição dos métodos, assim como os procedimentos adotados são detalhados a seguir.

4.7.2 MÉTODO DE RIPPL

O método de Rippl é empírico, porém é um dos mais empregado no Brasil, devido a sua simplicidade com as entradas dos parâmetros para dimensionamento do sistema de captação de água pluvial. Segundo Thomaz (2003), no método de Rippl, utilizam-se séries históricas de precipitações as mais longas possíveis, transformadas em vazões que alimentam o reservatório. Este método pode ser usado de duas maneiras: o analítico e o sintético utilizando-se as precipitações médias mensais em um período de janeiro a dezembro para o cálculo em base mensal. Para o dimensionamento, devem ser determinados a demanda média de água pluvial, a área da superfície de captação e o coeficiente de *runoff* (c), de acordo com as necessidades estabelecidas em projeto.

O dimensionamento por esse método inicia-se pelos cálculos do volume de água pluvial no reservatório no tempo t e do volume de água pluvial no tempo t , expressos pelas Equações 1, 2 e 3 respectivamente.

$$Q(t) = P(t) \cdot A \cdot C / 1000 \quad (1)$$

Q(t): Volume de chuva captada no tempo t (m³);

P(t): Precipitação no tempo t (mm);

A: Área de captação (m²);

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (2)$$

S(t): Volume de água no reservatório no tempo t (m³);

Q(t): Volume de chuva captada no tempo t (m³);

D(t): Demanda ou consumo no tempo t (m³).

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

4.7.3 MÉTODO DA SIMULAÇÃO

O método da simulação é baseado na demanda e no percentual do consumo a ser atendido pelo tamanho do reservatório definido previamente, além de verificar a necessidade de um suprimento de água externo devido ao volume de água que entra e o que sai dentro do reservatório. Segundo Tomaz (2003), uma das principais características do método da simulação é a possibilidade de se determinar a eficiência do sistema, pois os períodos em que o reservatório está suficientemente abastecido com água pluvial. Tal período pode ser de apenas um ano, mas, quanto maior a série histórica de precipitação utilizada, maior será a confiabilidade da simulação.

A NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda ainda que, nesse método, a evaporação da água não seja levada em conta.

O dimensionamento do reservatório é calculado de acordo as equações 4 e 5 onde o volume de água pluvial no tempo t e o volume de água pluvial no reservatório no tempo t, que devem ser aplicados para cada mês do ano são obtidos como segue.

$$Q(t) = C \times P \times A \quad (4)$$

Onde:

Q(t) é o volume de água pluvial no tempo t (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial (0,80);

P é a precipitação média no tempo t (mm);

A é a área de captação em projeção no terreno (m²);

S_(t) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L);

S_(t-1) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t-1 (L); e

D_(t) é o consumo ou demanda de água pluvial no tempo t (L).

Através da equação 5 calcula-se o balanço hídrico, saldo da água que entra e água que sai do reservatório a fim de verificar a ocorrência de extravasamento ou necessidade de suprimento externo de água. Inicia-se com o reservatório em zero e sua formulação é expressa como segue.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (5)$$

Eficiência do sistema é calculado através da equação:

$$E_f = N/N_r \quad (6)$$

Onde:

E_f : Eficiência do sistema

N: N° de meses em que o reservatório consegue atender a demanda;

N_r: N° total de meses do período analisado

4.4.3 MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

Este método também é conhecido como Método Azevedo Neto. É um método empírico onde é desconsiderada a influência da demanda, considerado apenas o volume captado e o período de estiagem mensal.

$$V = 0,0042 * P * A * T \quad (7)$$

Onde:

V: Volume do reservatório (m³);

P: Precipitação média anual (mm);

T: N° de meses de “pouca chuva” ou seca durante o ano;

A: Área de captação (m²)

4.4.4 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Nesse método a demanda também não é considerada no cálculo, é um método simples que se baseia no volume ideal para o reservatório de 5% da precipitação média anual captada.

$$V = 0,05 * A * P \quad (8)$$

Onde:

V: Volume do reservatório (m³);

P: Precipitação média anual (mm);

A: Área de captação (m²)

4.4.5 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Este método é descrito pela NBR 11527 (2007), é um método empírico, onde se aplica o parâmetro de menor valor: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação captada.

$$\text{Vadotado} = \text{mín} (V_c ; D) * 0,06 \quad (9)$$

Onde:

Vadotado: Volume do reservatório (m³);

V_c: Volume anual de água pluvial captada (m³);

D: Demanda anual de água não potável (m³).

4.4.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), nesse método primeiramente se calcula o volume de água pluvial.

$$Q = A * C * (P - I) \quad (10)$$

Onde:

Q: Volume mensal de chuva captada (m³);

A: Área de captação (m²);

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

P: Precipitação média mensal (mm);

I: Perdas (primeira chuva, evaporação, etc) (mm).

No método australiano a NBR 15527 estabelece que o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas empírica até chegar a valores otimizados de confiança dentro de um intervalo de confiança que pode variar de 90% a 99%.

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t) \quad (11)$$

4.5 BOMBEAMENTO E ADUÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

Do reservatório enterrado, a água será bombeada por uma bomba de 1 CV para dois reservatórios de polietileno de 5000 mil litros cada, em base de concreto armado distante do reservatório enterrado de aproximadamente 5 m. Dos reservatórios de polietileno a água será conduzida por gravidade até um reservatório de 1000 mil litros do lava jato (Figura 2).

Figura: 9 -. Reservatório de água de 5000 mil litros (a) e casa de bomba (b)



(a)



(b)

4.6 ANÁLISE DE INVESTIMENTO

A análise de investimento do sistema de captação de chuva pode ser feita de várias maneiras distintas, sendo um conjunto de técnicas utilizadas por um empreendedor ou investidor para determinar se alocar recursos em determinado projeto vale a pena. Isto é feito sempre considerando os riscos de cada projeto e também o custo x benefício do capital investido no horizonte de planejamento ou vida útil do mesmo (MONTANHINI, 2008). Ou seja, medir a sua efetividade ao longo do tempo. A classificação do investimento pode ser feita através:

- ✓ Avaliação Financeira.
- ✓ Avaliação Econômica.
- ✓ Avaliação Socioambiental.

Segundo (MONTANHINI, 2008),

“A avaliação financeira consiste em determinar a probabilidade de o projeto vir a ser financeiramente viável, ou seja, de satisfazer seus compromissos financeiros, produzir uma remuneração razoável do capital investido e, se for o caso, contribuir com suas receitas, para cobrir custos de investimentos futuros. A análise financeira avalia os benefícios e custos de um projeto, reduzindo-os a uma medida comum; se os benefícios forem superiores aos custos, o projeto é aceitável, se não, deve ser rejeitado.”

“A avaliação econômica, por sua vez, tem como finalidade básica medir custos e benefícios econômicos de um projeto para determinar se os benefícios líquidos dele resultante serão pelo menos iguais àqueles que poderiam ser obtidos de outras oportunidades marginais de investimento. Em síntese, pode-se considerar a avaliação econômica de projetos como o processo metodológico que permite aferir benefícios e custos decorrentes e permite tomada de decisão e a escolha da alternativa de maior ganho líquido.”

“Avaliações ambientais, tecnológicas e administrativas e lançando mão de problemáticas que, cotidianamente, se defrontam as empresas privadas, entidades governamentais e pessoas para alocar recursos intrinsecamente limitados (capital, trabalho, terra, tecnologia, recursos naturais, etc.); a disciplina de Economia de Engenharia, prioritariamente, procura capacitar os estudantes ao desenvolvimento de estudos para a avaliação econômica e financeira de projetos de engenharia, através da abordagem de ferramental e técnicas da Engenharia Econômica que permitem escolher, entre as aplicações concorrentes, a melhor alternativa.”

$$\text{VPL} = \text{Benefícios (valor presente)} - \text{Investimento} - \quad (7)$$

Custos

Em projetos de engenharias, as análises financeiras, assim como as alternativas mais viáveis economicamente, são implementadas por critérios que permitam a melhor escolha entre as alternativas como melhor custo benefício.

Os métodos mais utilizados para realização das análises de investimentos são:

- ✓ Método do Valor Presente Líquido;
- ✓ Método do Valor Anual Líquido;
- ✓ Método do Custo Anual Uniforme;
- ✓ Método da Taxa Interna de Retorno;
- ✓ Método do Prazo de Retorno (payback);
- ✓ Método da Relação Benefício-Custo.

Neste trabalho, como análises de investimento do sistema, foram usados: método de valor presente líquido (VPL), método do prazo de retorno (payback) e o método do custo benefício (B/C).

4.7.4 MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Para Souza (2009), o valor presente líquido, ou VPL é um instrumento que traz a concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero (positivos e negativos) de um projeto ou investimento. Soma-se, então, o valor investido inicial, com a taxa mínima de atratividade (TMA). Sendo um dos métodos mais confiáveis e práticos para esse tipo de análise, o diferencial desse método em relação a outros, é seu destaque do ponto de vista econômico.

No VPL positivo, se a taxa mínima de atratividade for igual à taxa de retorno esperada pelo investido, então o projeto será classificado como viável. Se obtivermos um VPL negativo, significa que esse investimento não é viável.

Se o VPL for maior que zero, significa que esse projeto tem valor, ou seja, ele traz retorno para o investidor, gerando lucro. Em contrapartida, se o VPL for menor que zero, o projeto não traz retorno para o investidor, gerando prejuízo.

Para uma série uniforme de benefícios e custos no fluxo de caixa, a expressão é:

$$VPL = B * FVP_{i,e,n} - I - C * FVP_{(i,e,n)} \quad (8)$$

Onde:

B = Benefícios anuais (R\$);

I – Custo de investimento para implantação do projeto (R\$);

C = Custos anuais (R\$);

FVP = Fator de valor presente (função da taxa de juros “i”, e do tempo).

Onde o FVP pode ser calculado:

$$FVP = 1 - (1 + i)^{-n} / i \quad (9)$$

Onde:

i = taxa de juros compostos (anual ou mensal);

n = período de tempo (anual ou mensal);

4.7.5 PAYBACK

Este indicador indica o período de tempo necessário para que a empresa recupere o seu investimento. Ele é o principal método não exato, que mede o tempo necessário para que a somatória das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial.

Segundo Schubert (1989) o payback deve ser utilizado como parâmetro, pois ele irá medir, com base na geração de caixa, em quanto tempo o dinheiro investido retornará, na forma de rendimento.

Schubert (1989) destaca que uma das vantagens deste método é que ele reflete a liquidez do projeto e, portanto, o risco de não recuperar o investimento.

Segundo (Gomes, 2009), na análise do tempo de retorno de capital, devem ser consideradas duas situações:

- ✓ Tempo de retorno não descontado;

onde não são consideradas as taxas de juros, nem o aumento da energia, nem o aumento da água, esperadas durante a análise do projeto. Esse tempo de retorno é determinado pela divisão entre o custo de implantação do sistema e o benefício líquido esperado (anual ou mensal).

$$TR = \frac{I}{BL} \quad (10)$$

4.7.6 TEMPO DE RETORNO DESCONTADO;

No tempo de retorno descontado, as taxas de juros não são levadas em consideração, assim como os aumentos de energia e água durante a análise do projeto.

4.7.7 MÉTODO DA RELAÇÃO BENEFÍCIO-CUSTO

No método do benefício x custo (B/C) sobre a avaliação de investimentos, a melhor alternativa será aquela com taxa maior ou igual a 1, pois os benefícios com a implantação superam os custos (MONTANHINI, 2008).

Segundo Montanhini (2008):

$B/C < 1$ inviável (benefícios menores que os custos);

$B/C = 1$ indiferente (benefícios iguais aos custos);

$B/C > 1$ viável (benefícios maiores que os custos).

O impacto mais importante com a implantação do sistema de captação de água de chuva, é a não utilização de água potável, e ganho econômico que irá gerar ao longo do tempo, bem como, o benefício ambiental positivo com a sua implantação.

Na implantação do sistema de captação de água da chuva, os principais gastos são: instalação dos equipamentos e acessórios para captação (tubulações, calhas, filtros, freio hidráulico), armazenamento (reservatório PVC, concreto ou escavado), sistema de distribuição nos pontos de consumo, estudos técnicos com profissionais habilitados, além de custos de operação e manutenção dos sistemas ao longo da sua vida útil.

$$B = \sum_{n=0}^N bn (1 + i)^{-n}$$

$$C = \sum_{n=0}^N Cn (1 + i)^{-n}$$

Onde:

bn = benefícios ao final do ano n Cn = custos ao final do ano n

N = número de anos (horizonte do projeto)

i = taxa de juros

5 METODOLOGIA

Para o planejamento do projeto de captação de água de chuva com a finalidade de utilização na lavagem de veículos da UFRB, foram realizados levantamentos e estudos analisando as possibilidades de implantação do sistema mais adequado. Para isso, foram feitas revisões de trabalhos técnicos, artigos científicos, normas da ABNT, manuais técnicos e legislações vigentes relacionadas ao tema do trabalho para basear as tomadas de decisões na escolha do sistema.

Foi realizado o levantamento de informações dos quantitativos de veículos, custos relacionados ao consumo e as previsões de economia de água tratada, com a finalidade de comprovar a viabilidade do projeto proposto.

A demanda de água foi estimada através de uma entrevista com o operador do lava a jato, como quantidade de veículos lavados por dia, tipos de veículos, equipamentos usados na lavagem e frequência de funcionamento semanal. Com posse dessas informações, buscou-se na literatura referências de quantidade de litros de água necessária para a lavagem de determinados tipos de veículos, e uma estimativa da quantidade de litros de água gasta diariamente, semanalmente e mensalmente.

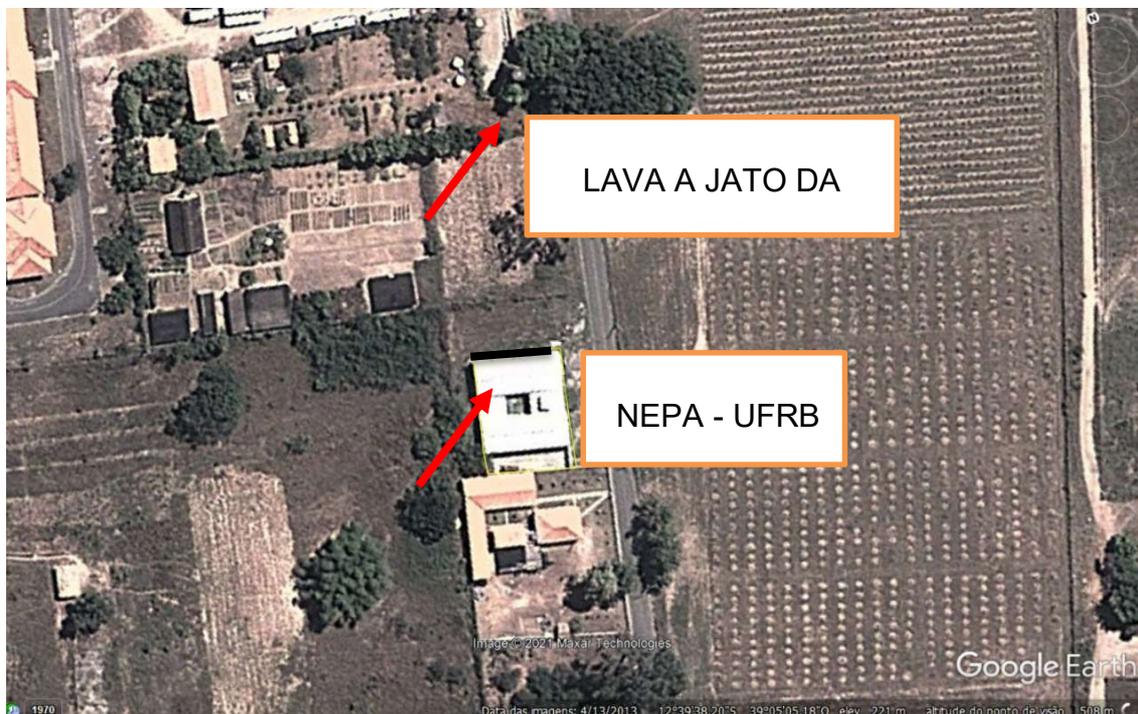
Com essas informações foram realizados os cálculos de pré-dimensionamento de reservatórios, utilizando o método de Rippl, com a finalidade de determinar a quantidade de água suficiente para suprir a demanda, assim como seu sistema de bombeamento e seus custos operacionais, como energia e um comparativo com o custo de água potável a fim de verificar a viabilidade econômica do sistema de captação de água pluvial para o empreendimento.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – DEMANDA HÍDRICA E PRECIPITAÇÃO

O lava a jato da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia está localizado no campus do município de Cruz das Almas – BA, sendo o principal campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, onde se encontra a maior frota de veículos da Universidade.

A área está a 212 metros de altitude e tem as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 12° 39' 11" Sul, longitude: 39° 7' 19" Oeste.

Figura 2 – Imagem aérea da UFRB



Fonte: Adaptada de Google Earth, 2021.

A instituição conta com uma frota de 60 veículos, de pequeno, médio e grande porte. O lava a jato opera na lavagem dos veículos através do funcionamento de uma máquina de lavagem pressurizada, com demanda descrita a seguir.

5.1.1 DEMANDA DE ÁGUA NO LAVA A JATO

A previsão do consumo de água necessária para o funcionamento do lava a jato foi calculada de acordo com a quantidade de veículos lavados diariamente, seu tipo, de pequeno, médio ou grande porte. Segundo Braga (2005) e Morelli (2005), a quantidade em litros por lavagem de veículos são respectivamente, 150 e 250 litros de água. Contudo, neste trabalho com informações colhidas diretamente com o operador do lava a jato da UFRB estimam que sejam gastos em torno de 150 litros de água para veículos pequenos e médios, respectivamente e 360 litros por ônibus e caminhões. Sendo que são lavados diariamente 4 veículos de pequeno porte e 2 de médio porte, além de 2 veículos de grande porte, semanalmente, conforme orientação técnica de engenharia de estimativa de consumo água (T 3). O lava a jato funciona 5 dias por semana, sendo gastos diariamente, em torno de 1,5 m³ de água. A TABELA 1, descreve a demanda diária, mensal e anual de água necessária para o funcionamento do lava a jato.

Tabela 1 – Volume de água gasto no lava a jato da UFRB por dia, semana, mês e ano.

Tipo de veículo	Quantidade de veículos diários	Volume de água por lavagem (m³)	Volume de água por dia (m³)	Volume de água por semana (m³)	Volume de água por mês (m³)	Vol. de água por ano (m³)
Pequeno	4	0,15	0,60	3,00	12,00	144,00
Médio	2	0,15	0,30	1,50	6,00	72,00
Grande	1	0,36	0,36	0,36	1,44	17,28
TOTAL	7		1,26	4,86	19,44	233,28

Fonte: Autor, 2022.

Quadro 2 – Parâmetros de engenharia para estimativa de demanda residencial de água potável para uso externo.

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira. de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: Plinio, 2003.

Uma visão geral da área de lavagem e do seu entorno, onde fica a frota, é apresentada nas figuras 3 e 4.

Figura 3.- Foto da rampa de lavagem (a), e reservatório e casa de bomba (b).



(a)

(b)

Figura 4 -. Frota de veículos do campus de Cruz das Almas – UFRB.



5.1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO DO NEPA

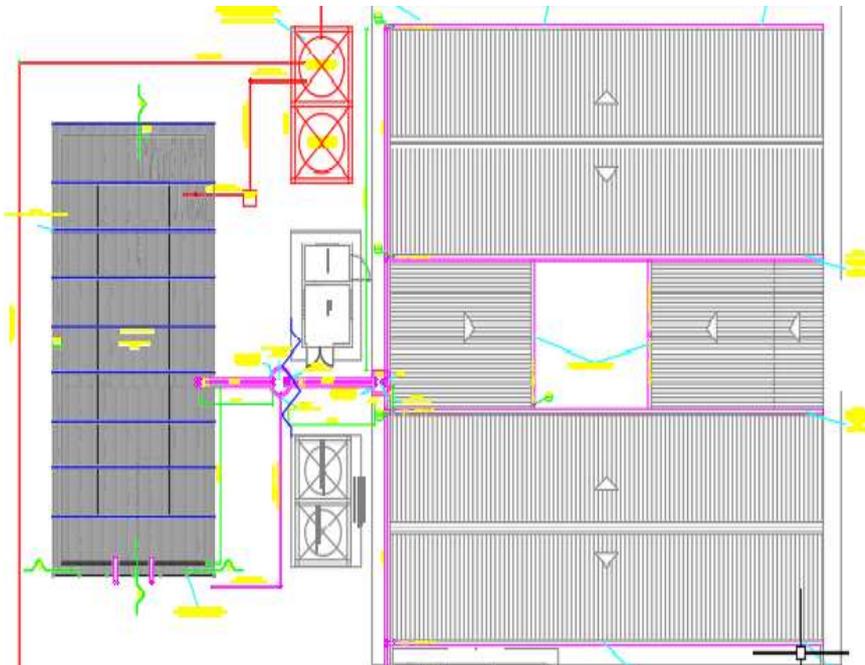
O prédio do NEPA possui uma área de cobertura composta de telhados metálicos, tipo sanduiche, com inclinação em torno de 10 %, segundo especificações técnicas do fabricante, conforme a Figura 5. O prédio abriga salas de aula, área administrativa e laboratórios, totalizando um telhado com uma área de captação de 462,22 m².

Figura 5 – Vista superior e lateral de telhado do NEPA – UFRB.



Fonte: O autor, 2011

Figura 6 -. Vista Superior do Prédio do NEPA.



Fonte: SIPEF – UFRB.

O coeficiente de Runoff, ou coeficiente de deflúvio (*c*), é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado, depende dos materiais do telhado, variando de 0,80 a 0,95, sendo quanto mais próximo de 1 maior será o seu escoamento Plinio (2003). No presente trabalho, foi utilizado um $c = 0,80$, conforme parâmetros Quadro 2.

Quadro 3 – Coeficiente de Runoff.

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Plinio, 2003.

5.1.3 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE CRUZ DA ALMAS

Os dados de precipitação do município de Cruz das Almas – Bahia, foram obtidos através de dados do INMET. O pluviômetro encontra-se na estação agrometeorologia do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas, BA a 225,87 m de altitude, com coordenadas geográficas de 12°40'39"S e 39°06'23"W (Greenwich).

Os dados pluviométricos utilizados no balanço hídrico do volume armazenado da água de chuva encontram-se nas TABELAS 5 e 6 e Figura 7

Tabela 2 - Série de dados de precipitação é mensal, no período correspondente ao estudo (1989 a 2010).

Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 Precipitação Acumulada (mm)	
Nome da Estação	CRUZ DAS ALMAS
UF	BA
Janeiro	52,5
Fevereiro	59,7
Março	85,7
Abril	123,5
Mai	116,4
Junho	134,2
Julho	121,4
Agosto	90,6
Setembro	79,7
Outubro	60,3
Novembro	79,6
Dezembro	58,8
Ano	1062,5

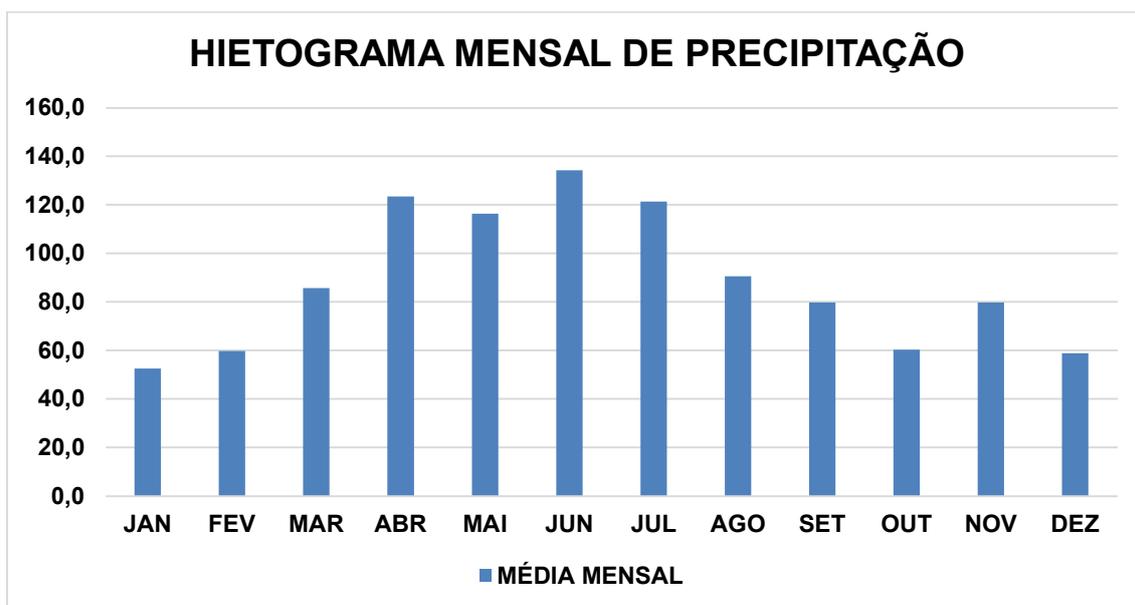
Fonte: INMET 2021.

Tabela 3. Médias pluviométricas mensais (em mm) em Cruz das Almas – 1989 - 2010

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1989	32,2	33,2	111,4	87,5	87,4	77,9	78,7	81,1	72,7	80,1	80,1	78,1	900,5
1990	54,1	60,7	76,0	82,7	82,3	80,5	84,9	77,2	64,3	78,7	78,7	63,8	883,9
1991	57,0	58,4	68,6	74,7	83,2	89,5	93,4	78,0	73,8	75,6	77,6	61,5	891,3
1992	53,2	44,6	54,0	68,0	86,1	85,7	77,5	68,8	64,6	67,8	59,8	54,7	784,8
1993	59,6	0,7	36,5	43,5	104,6	107,1	53,5	60,3	30,6	85,9	53,7	35,8	671,8
1994	11,0	60,3	126,1	251,6	189,5	85,1	172,1	57,3	98,1	78,4	87,9	14,3	1231,7
1995	0,0	9,4	73,0	148,5	87,9	113,5	130,4	58,1	102,3	3,9	249,0	98,3	1074,3
1996	58,7	59,0	24,5	349,5	79,9	191,3	120,2	101,8	156,8	32,9	173,6	28,7	1376,9
1997	18,4	128,7	358,1	71,2	221,3	30,0	124,7	64,7	9,4	95,9	38,5	49,8	1210,7
1998	53,2	12,9	87,1	151,0	63,8	193,2	112,9	134,7	72,3	57,8	74,8	74,7	1088,4
1999	63,7	104,3	18,1	151,0	107,9	111,7	195,7	160,3	56,4	99,9	103,1	182,3	1354,4
2000	77,2	64,8	75,0	181,6	159,9	160,7	123,8	84,7	93,9	22,9	121,9	131,9	1298,3
2001	72,1	14,7	163,2	53,8	136,5	202,5	170,3	141,8	140,3	95,9	3,9	65,4	1260,4
2002	241,3	88,1	84,4	57,6	124,4	167,4	133,7	117,4	94,8	13	14,4	34,5	1171,0
2003	57,5	18,4	85	59,6	135,6	163,2	178,9	113,2	138,3	31,2	108,7	22,3	1111,9
2004	34,8	24,4	31,7	112,2	118,8	131,9	59,8	54,3	11,2	89,3	110,3	0	778,7
2005	75,4	148,6	87,3	124,8	92	227,6	132	123,4	57,5	14,2	147,4	51,3	1281,5
2006	63	0,5	41,4	167,6	105,5	205,3	70,8	77,9	125,5	90,5	89,1	19,2	1056,3
2007	8,1	146,9	136,6	59,6	96,8	168,7	68,5	134,4	95,8	39,5	14,9	19,7	989,5
2008	8,4	156,4	127,6	72,8	59,1	171,6	116,4	55,9	72,6	57,4	50,1	86,4	1034,7
2009	29,8	44,5	8,1	101,8	280,1	94,1	107,3	66,5	50,5	80,2	9,9	13,8	886,6
2010	26,9	34,8	11,9	246,7	57,7	94,47	264,5	81,2	72	34,7	4,9	107,1	1036,9
Média	52,5	59,7	85,7	123,5	116,4	134,2	121,4	90,6	79,7	60,3	79,6	58,8	1062,5

Fonte: adaptado a partir de dados do INMET 2021.

Figura 7 -. Hietograma mensal de precipitação da cidade de Cruz das Almas.



Fonte: INEMET 2021.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o cálculo da vazão pelo método de Rippl, utilizamos como entrada os valores do índice de chuva mensal média de janeiro a dezembro, área de captação e coeficiente de Runoff (coeficiente de escoamento superficial, quociente entre a água que esco superficialmente e o total da água precipitada), tomado como 0,8. Neste trabalho, utilizamos a demanda mensal do Lava a jato, e aplicamos a (Equação 1, de Rippl) que determina a vazão que está chegando no reservatório.

Como a área de captação de 462,2 m² e o índice pluviométrico mensal registrado na cidade Cruz das Almas (TABELA 1), atendem à demanda mensal do lava a jato da UFRB, com índice de confiança acima de 90 % durante todo o ano, estes valores foram utilizados para determinar o tamanho do reservatório ideal.

Como a demanda está sendo atendida em todos os meses, pois os índices pluviométricos e a área de captação estão gerando vazões maiores que a demanda mensal do lava a jato da UFRB (TABELA 1), mesmo um reservatório de 0,5 m³ atenderia à demanda. Contudo, como a demanda de água diária é de 1,26 m³, e esta demanda de água é calculada com base em 20 dias por mês, pois, o lava a jato só funciona 5 dias por semana.

Para garantir a reserva técnica e a segurança do sistema em casos de variação dos índices de chuvas. Com isso, foi escolhido um reservatório associado à probabilidade de chuva de 75% da chuva média ocorrer, que estima um volume de 37,64 m³ (TABELA 6), que somado à reserva técnica, conforme estabelece a norma NBR 5626 - Instalação Predial de Água Fria, entretanto, por especificações comerciais/construtivas, o reservatório a ser utilizado será de 40 m³.

Os reservatórios calculados com base nas probabilidades de 85%, com volume do reservatório de 24,39 m³, e o de 95% de probabilidade, com volume do reservatório de 16,03 m³, caso ocorra um fenômeno da natureza com estiagem durante um mês, os reservatórios com esta probabilidade não atenderiam a demanda mensal, que é de 27,72 m³. O reservatório calculado com base na probabilidade de 50%, com volume do reservatório de 131,73 m³, teria custo de elevado, sendo economicamente inviável a sua utilização.

Importante ressaltar que, pelo método de Rippl, quando a diferença acumulada é negativa (coluna 7) ou igual a zero, não é possível calcular com precisão o

dimensionamento do reservatório. Nestes casos, a demanda sempre será menor que o volume de chuva captado (Rupp et. al 2011).

Tabela 4 – Volume do reservatório de acordo com o método de Rippl (Coeficiente de runoff (CR) 0,8)

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume mensal de chuva no reservatório	Diferença da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivo	Situação do reservatório
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Janeiro	52,50	27,72	462,22	19,41	8,72	8,72	D
Fevereiro	59,70	27,72	462,22	22,07	5,72	14,44	D
Março	85,70	27,72	462,22	31,69	-4,28	10,16	S
Abril	123,50	27,72	462,22	45,67	-18,28	0	E
Maiο	116,40	27,72	462,22	43,04	-15,28	0	E
Junho	134,20	27,72	462,22	49,62	-22,28	0	E
Julho	121,40	27,72	462,22	44,89	-17,28	0	E
Agosto	90,60	27,72	462,22	33,50	-6,28	0	E
Setembro	79,70	27,72	462,22	29,47	-1,28	0	E
Outubro	60,30	27,72	462,22	22,29	5,72	5,72	D
Novembro	79,60	27,72	462,22	29,43	-1,28	4,44	S
Dezembro	58,80	27,72	462,22	21,45	5,72	10,16	D
Total	1062,5	332,64		411	Volume=	14,44	

Descrição da Planilha:

- ✓ Coluna 1: Meses
- ✓ Coluna 2: Intensidade pluviométrica mensal (chuva utilizada, calculada através da média mensal do mês analisado)
- ✓ Coluna 3: Demanda mensal de água no lava a jato
- ✓ Coluna 4: Área de captação da edificação
- ✓ Coluna 5: Intensidade pluviométrica mensal x Área de captação da edificação x Coeficiente de runoff / (1000)
- ✓ Coluna 6: Demanda mensal de água pluvial no lava a jato - Intensidade pluviométrica mensal x Área de captação da edificação x Coeficiente de runoff / (1000)
- ✓ Coluna 7: Diferença Acumulada, estipula o volume ideal do reservatório.
- ✓ Coluna 8: Se "E" resulta reservatório (Extravasando) / Se "D" resulta reservatório (Esvaziando).

Neste trabalho, a demanda foi atendida em todos os meses, portanto a confiança desse sistema é de 100 %.

Para o cálculo da Confiança do sistema adotou-se a equação 6, e verificou-se que está na faixa entre 90 e 99% (TOMAZ, 2009).

$$Pr = N_r/N = 4/12 = 33,33\%$$

$$\text{Confiança} = (1 - Pr) = (1 - 0,333) = 0,66 = 66\%$$

Ao final da aplicação do método de Rippl, testou-se as probabilidades de ocorrerem as chuvas com 50 %, 75 %, 85 % e 95 % dos valores médios das chuvas mensais, e foi verificado que a variação dos tamanhos dos reservatórios oscilou entre 131,73 e 8,8 m³ para atender à demanda (TABELAS 8, 9, 10 e 11).

Tabela 5 – Volume do reservatório probabilidade de chuva de 50 % de ocorrer (Coeficiente de runoff (CR) = 0,8).

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivo	Situação do reservatório
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	26,25	27,72	462,22	9,70	18,02	13,28	D
Fevereiro	29,85	27,72	462,22	11,04	16,68	29,96	D
Março	42,85	27,72	462,22	15,84	11,88	41,84	D
Abril	61,75	27,72	462,22	22,83	4,89	46,73	D
Mai	58,20	27,72	462,22	21,52	6,19	52,92	D
Junho	67,10	27,72	462,22	24,81	2,91	55,83	S
Julho	60,70	27,72	462,22	22,44	5,28	61,11	D
Agosto	45,30	27,72	462,22	16,75	10,97	72,08	D
Setembro	39,85	27,72	462,22	14,73	12,99	85,07	D
Outubro	30,15	27,72	462,22	11,15	16,57	101,64	D
Novembro	39,15	27,72	462,22	14,48	13,24	114,88	D
Dezembro	29,40	27,72	462,22	10,87	16,85	131,73	D
Total	531,20	333,64		207	Volume=	131,73	

Onde: “D” – Nível d’água descendo; “S” - Nível d’água subindo; e “E” -Água extravasando

Tabela 6 - Volume do reservatório Probabilidade de chuva de 75 % de ocorrer (Coeficiente de runoff (CR) = 0,8).

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivo	Situação do reservatório
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	39,38	27,8	462,22	15	12,72	12,72	D
Fevereiro	44,78	27,8	462,22	17	10,72	23,44	D
Março	64,28	27,8	462,22	24	3,72	27,16	S
Abril	92,63	27,8	462,22	34	-6,28	20,88	S
Maio	87,30	27,8	462,22	32	-4,28	16,60	S
Junho	100,65	27,8	462,22	37	-9,28	7,32	S
Julho	91,05	27,8	462,22	34	-6,28	1,04	S
Agosto	67,95	27,8	462,22	25	2,72	3,76	D
Setembro	59,78	27,8	462,22	22	5,72	9,48	D
Outubro	45,23	27,8	462,22	17	10,72	20,20	D
Novembro	59,70	27,8	462,22	22	5,72	25,92	D
Dezembro	44,10	27,8	462,22	16	11,72	37,64	D
Total	796,80	333,64		295	Volume=	37,64	

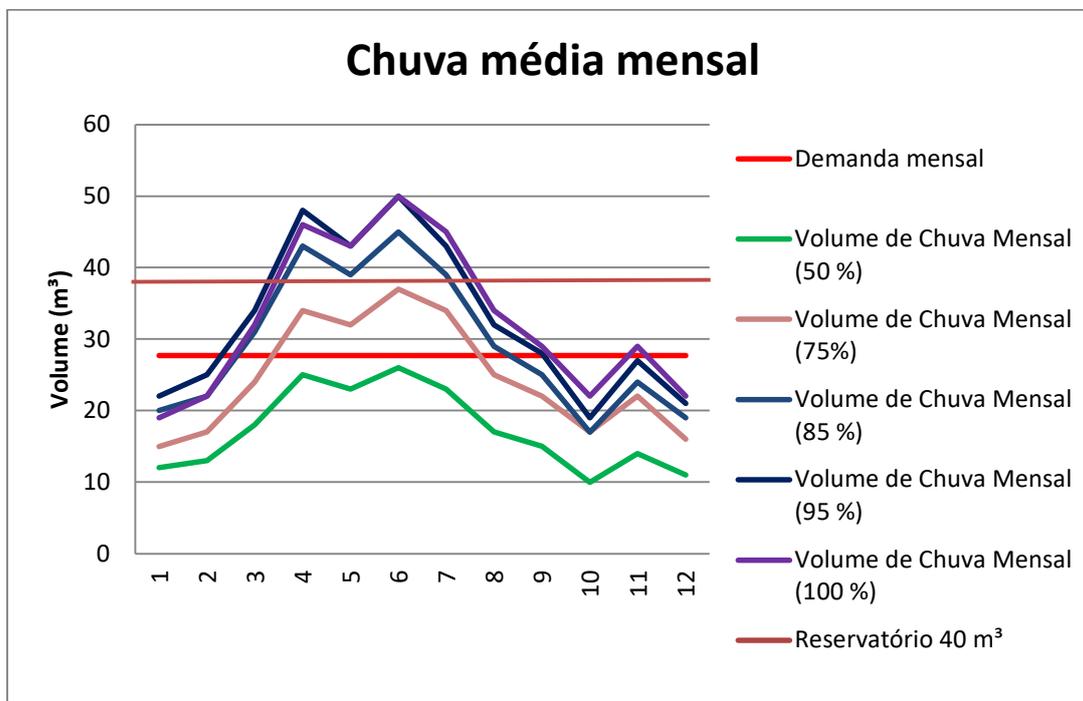
Tabela 7 - Volume do reservatório Probabilidade de chuva de 85 % de ocorrer (Coeficiente de runoff (CR) = 0,8).

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivo	Situação do reservatório
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	44,63	27,72	462,22	16,50	11,22	11,22	D
Fevereiro	50,75	27,72	462,22	18,76	8,96	20,18	D
Março	72,85	27,72	462,22	29,94	-2,22	17,96	D
Abril	104,98	27,72	462,22	38,82	-11,10	6,86	S
Maiο	98,94	27,72	462,22	36,58	-8,86	0	E
Junho	114,07	27,72	462,22	42,18	-14,46	0	E
Julho	103,19	27,72	462,22	38,16	-10,44	0	E
Agosto	77,01	27,72	462,22	28,48	-0,76	0	E
Setembro	67,75	27,72	462,22	25,05	2,67	2,67	D
Outubro	51,26	27,72	462,22	18,95	8,77	11,44	D
Novembro	67,66	27,72	462,22	25,02	2,70	14,14	D
Dezembro	49,98	27,72	462,22	18,47	10,22	24,39	D
Total	949,79	332,64		353	Volume=	24,39	

Tabela 8 - Volume do reservatório Probabilidade de chuva de 95 % de ocorrer (Coeficiente de runoff (CR) = 0,8 .

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivo	Situação do reservatório
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	49,88	27,72	462,22	18,44	9,28	9,28	D
Fevereiro	56,72	27,72	462,22	20,97	6,75	16,03	D
Março	81,42	27,72	462,22	30,11	-2,39	13,64	S
Abril	117,33	27,72	462,22	43,39	-16,12	0	E
Maiο	110,58	27,72	462,22	40,89	-13,17	0	E
Junho	127,49	27,72	462,22	47,14	-19,42	0	E
Julho	115,33	27,72	462,22	42,65	-14,93	0	E
Agosto	86,07	27,72	462,22	31,83	-4,11	0	E
Setembro	75,72	27,72	462,22	27,99	-0,72	0	E
Outubro	57,29	27,72	462,22	21,18	6,54	6,54	D
Novembro	75,62	27,72	462,22	27,96	-0,24	6,30	S
Dezembro	56,53	27,72	462,22	20,90	6,82	13,12	D
Total	1009,94	332,64		392	Volume=	16,03	

Gráfico 1 - Volume do reservatório Probabilidade de chuva de 75 % de ocorrer.



O GRÁFICO 1, demonstra os volumes de chuvas com 50 %, 75 %, 85 % e 95 % de probabilidade de ocorrer no tempo, assim como a demanda e o volume do reservatório adotado pelo método de Rippl no presente trabalho.

6.1 ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Para determinar os custos da construção do sistema de captação de água de chuva, todos os itens do sistema (Conexões, bomba, filtro, caixa d'água, movimentação de terra, lona e tubulações) foram cotados no SINAPI (Custos e índices da construção civil – CAIXA ECONÔMICA FEDERAL).

Neste trabalho para correção dos valores gastos no tempo do sistema de captação, utilizou-se a variação do INCC – Índice Nacional dos Custos da Construção Civil, como publicado pela Fundação Getúlio Vargas – FVG (Quadro 10), considerando o período 2010-2020.

Tabela 9 – Variação do INCC de 2010 a 2020.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Acumulado anual
2020	0,38	0,33	0,26	0,22	0,2	0,34	1,17	0,72	1,16	1,73	1,28	0,7	8,81
2019	0,49	0,09	0,31	0,38	0,03	0,88	0,58	0,42	0,46	0,18	0,04	0,21	4,14
2018	0,31	0,13	0,24	0,29	0,23	0,97	0,61	0,15	0,23	0,35	0,13	0,13	3,83
2017	0,41	0,65	0,16	0,02	0,63	0,93	0,3	0,36	0,06	0,31	0,31	0,07	4,25
2016	0,39	0,54	0,64	0,55	0,08	1,93	0,49	0,29	0,33	0,21	0,16	0,34	6,1
2015	0,92	0,31	0,62	0,46	0,95	1,84	0,55	0,59	0,22	0,36	0,34	0,1	7,49
2014	0,88	0,33	0,28	0,88	2,05	0,66	0,75	0,08	0,15	0,17	0,44	0,08	6,94
2013	0,65	0,6	0,5	0,74	2,25	1,15	0,48	0,31	0,43	0,26	0,35	0,1	8,09
2012	0,89	0,3	0,51	0,75	1,88	0,73	0,67	0,26	0,22	0,21	0,33	0,16	7,12
2011	0,41	0,28	0,43	1,06	2,94	0,37	0,45	0,13	0,14	0,23	0,72	0,11	7,48
2010	0,64	0,36	0,75	0,84	1,81	1,09	0,44	0,14	0,21	0,2	0,37	0,67	7,77

FONTE: <http://www.calculador.com.br/tabela/indice/INCC>

Tabela 10 – Custos de implantação para diferentes volumes de reservatório.

Reservatório (m³)	Custo da Implantação em 2020	Índice Variação do INCC (2010 - 2020)	Custo da Implantação em 2021
40	R\$ 37.200,00		R\$ 54.944,40
30	R\$ 27.900,00	1,4770	R\$ 41.208,30
20	R\$ 18.600,00		R\$ 27.472,20

FONTE: adaptado de MIRANDA e FILL (2009)

O custo de implantação conforme pode ser observado na QUADRO 11, foi de R\$ 37.200,00 no ano de 2020 nestes custos estão inclusos todos os valores gastos com escavação, sistema de bombeamento, tubulações, reservatório superior, calhas e filtro. Quando aplicamos os índices INCC, do período de 2020, ano que foi feito o orçamento para implantação do sistema de captação de água de chuva do NEPA, até o ano de 2020, encontramos um índice de variação do INCC de 1,477 quando aplicamos este índice para atualização do valor de custo do sistema encontramos um valor de R\$ 54.944,40 (TABELA 10).

5.2 CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Para verificar a viabilidade da implantação do sistema de captação de água de chuva no lava a jato da UFRB, foi feita uma avaliação econômica considerando diferentes aspectos, como custo de implantação do sistema, dos custos de matérias, preço atual e futuro do uso da água, tempo de retorno do investimento e redução do impacto ambiental. Para estimar quanto será gasto ao longo do tempo com depreciação, manutenção, reposição dos componentes do sistema, foi fixado um valor de 4% do investimento, sendo gasto um valor de R\$ 1.488,00 por ano, podendo este custo variar em casos de imprevisto e fenômenos naturais que danifique o sistema. Segundo Iudícibus e Marion (1990. p. 142), a taxa de depreciação de construções pode ser considerada de 4%. Com a implantação do sistema, estima-se uma redução nos custos de operação do lava a jato da UFRB, com redução nos valores gastos com água potável (EMBASA), pois, com este sistema será utilizado água de chuva em todos os dias do ano.

O principal benefício após a implantação do sistema de captação de água de chuva é a não utilização da água fornecida pela EMBASA, economia mensal dos valores pagos ao utilizar água da rede pública, contribuição ambiental com a implantação do sistema.

Para calcular a redução dos gastos proporcionados a UFRB, utilizamos os valores de tarifas cobradas pela EMBASA (FIGURA 10).

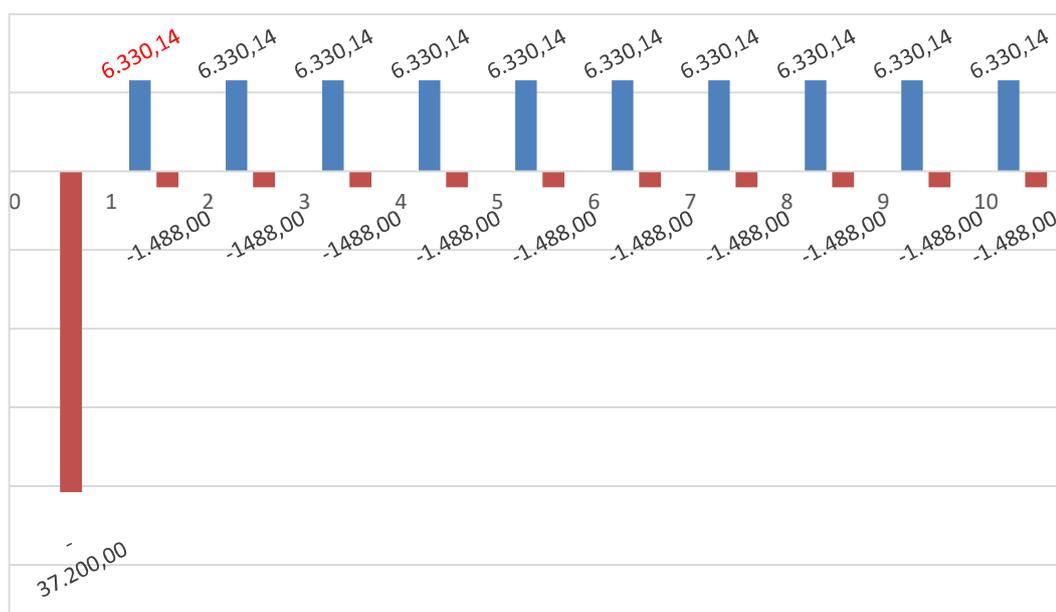
Figura 10 - Tarifas de água cobradas pela Embasa.

Faixas de Consumos	Comercial	Pequenos Comércios	Derivações Comerciais de Água Bruta	Construção e Industrial	Pública
Até 6 m ³	R\$ 86,80 p/ mês	R\$ 37,10 p/ mês	R\$ 14,20 p/ mês	R\$ 86,80 p/ mês	R\$ 86,80 p/ mês
7 - 10 m ³	R\$ 3,32 p/ m ³	R\$ 1,18 p/ m ³	R\$ 1,18 p/ m ³	R\$ 3,32 p/ m ³	R\$ 3,32 p/ m ³
11 - 50 m ³	R\$ 19,03 p/ m ³	R\$ 19,03 p/ m ³	R\$ 1,60 p/ m ³	R\$ 19,03 p/ m ³	R\$ 19,03 p/ m ³
> 50 m ³	R\$ 22,45 p/ m ³	R\$ 22,45 p/ m ³	R\$ 1,75 p/ m ³	R\$ 22,45 p/ m ³	R\$ 22,45 p/ m ³

A quantidade de água mensal do lava a jato da UFRB, foi calculada em 27,72 m³. Para a instituição, a tarifa cobrada pela EMBASA é de 19,03 por m³, tarifa utilizada para órgãos público com faixa de consumo entre 11 a 50 m³ (FIGURA 10), neste valores não foram considerados a taxa de esgotamento sanitária.

Sendo assim, a economia mensal proporcionada com o consumo de água do lava a jato da UFRB, e a não utilização de água potável para esse fim, com a implantação do sistema de captação de água de chuva, será de R\$ 527,51 mensal. tendo uma economia anual de R\$ 6.330,14.

Figura 11 - Fluxo de Caixa



Na Quadro 10, podemos observar os valores mensais e anuais, gastos com água potável, manutenção e investimento inicial do sistema de captação de água. Para manutenção, a literatura estima o custo entre 3 a 5 % do valor inicial do investimento. Neste projeto considerou-se 4 % do valor total da implantação do sistema.

Tabela 11 – Balanço financeiro da implantação do sistema de captação de água de chuva (benefícios / custos).

Tempo (ano)	Economia mensal(R\$) despesa mensal com água potável	Economia Anual (R\$) despesa Anual com água potável	Manutenção Inst.	Custos Investimento Inicial
1	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	R\$ 37.200,00
2	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
3	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
4	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
5	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
6	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
7	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
8	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
9	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	
10	R\$ 527,51	R\$ 6.330,14	R\$ 1.488,00	

Tabela 12 - VPL, FVP, Benefícios e Custo

Ano	Investimento (R\$)	Benefício Anual (R\$)	Custo Anual (R\$)	I (%)	n (ano)	FVP (i,n)	VPL (R\$)	B/C
1	37.200,00	6.330,14	1.058,54	12	1	0,893	-32.492,46	0,148
2	15.652,98	6.330,14	1.058,54	12	2	0,083	-10916,22	0,306
3	10.905,96	6.330,14	1.058,54	12	3	0,083	-6169,20	0,387
4	6.158,94	6.330,14	1.058,54	12	4	0,083	-1422,18	0,591
5	1.411,92	6.330,14	1.058,54	12	5	0,083	3324,16	1,801
6	-3.335,10	6.330,14	1.058,54	12	6	0,083	8071,86	-1,139
7	-8.082,12	6.330,14	1.058,54	12	7	0,083	12818,87	-0,376
8	-12.829,14	6.330,14	1.058,54	12	8	0,083	17565,89	-0,206
9	-17.576,16	6.330,14	1.058,54	12	9	0,083	22312,92	-0,133
10	-22.323,18	6.330,14	1.058,54	12	10	0,083	27059,94	-0,093
11	-27.070,20	6.330,14	1.058,54	12	11	0,083	31806,96	-0,068
12	-31.817,22	6.330,14	1.058,54	12	12	0,083	36553,97	-0,051
13	-36.564,24	6.330,14	1.058,54	12	13	0,083	41300,99	-0,040
14	-41.311,26	6.330,14	1.058,54	12	14	0,083	46048,02	-0,032
15	-46.058,28	6.330,14	1.058,54	12	15	0,083	50795,04	-0,025

Onde: I = taxa de juros anual; FVP = fator de valor presente; VPL = valor presente líquido; B = benefícios e C = custo.

A TABELA 12 apresenta resultados das análises de VPL e B/C, cujos valores de Taxa Média Anual (TMA) 12% ao ano, taxa básica de juros usualmente aplicada no mercado financeiro para captação de recursos.

Pela (TABELA 12), obteve-se o VPL e B/C, onde o VPL se mostrou positivo a partir do quinto ano, após a implantação do sistema, sendo levado em consideração uma taxa de juros de 12 % anual, essa taxa é usualmente aplicada em projetos de engenharia para verificar a viabilidade do projeto, no caso do presente projeto, se utilizou de um horizonte de 15 anos. Em relação ao custo x benefício B/C de um projeto segundo (MONTANHINI, 2008) Para o projeto ser aceito, a relação B/C dever ser igual ou maior que 1. O que mostra que esse sistema é viável economicamente para a UFRB.

5.3. TEMPO DE RETORNO DO CAPITAL (PAYBACK)

Para encontrar o payback desse trabalho, foi utilizado o tempo de retorno não descontado, onde se analisa apenas o custo da implantação e o seu benefício líquido esperado.

$$TR = \frac{I}{BL} = \frac{R\$ 37.200,00}{6.330,14} = 6 \text{ anos.}$$

No presente trabalho o tempo de retorno do capital investido na implantação do sistema, será de 6 anos.

7 CONCLUSÕES

Conforme o estudo realizado, o volume de água de chuva captado no prédio do NEPA será capaz de atender à demanda do lava a jato da UFRB no campus Cruz das Almas.

Após o estudo do regime de chuvas para a área de estudo e a análise do volume mensal de água captado, chega-se à conclusão que um reservatório de 40,000 litros, aplicando-se o método de Rippl, será suficiente para atender à demanda mensal e ter uma reserva técnica, conforme estabelece a NBR 15527 (2019).

Na avaliação econômica, com a implantação do sistema, verificou-se que a economia com a não utilização de água potável anual será de 88,68% do tempo, pois, a demanda anual é 332,64 m³, enquanto o volume que chega ao reservatório ao longo do ano é de 295 m³.

A implantação do sistema de captação de água de chuva é viável, e promove economia significativa para a UFRB.

O sistema de captação supre a falta de água em períodos de estiagem ou de maior necessidade.

Colocar hidrômetro, individual em todo campus de Cruz das Almas- UFRB, para quantificar a água utilizada na UFRB.

Entretanto, sugere-se que o reservatório de 50,000 litros, atenderia com maior segurança a demanda de água, pois a eficiência do sistema estará entre de 90 a 99%. Contudo, com este reservatório teremos um tempo de retorno de 8 anos, com o custo de implantação em 2020 de R\$ 46.500,00, aplicando-se o INCC de 1,477 referente ao período de 2010 a 2020, teremos um custo em 2021 no valor de R\$ 68.680,50.

8 REFERÊNCIAS

ABCMAC. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Disponível em: Acesso em: 3 fev. 2021.

Aquífero Guarani. Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAE). Disponível em:Acesso em: 3 jul. 2021.

ASA – ARTICULAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/>> Acesso em: 15 fev. 2021.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução À Engenharia Ambiental - São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.CIDADES. 2016.

Carli, L. N., De Conto, S. M., Beal, L. L., & Pessin, N. (2013). RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR – ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. GeAS – REVISTA DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 2(1), 143-165.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS –CGEE. DESERTIFICAÇÃO, DEGRADAÇÃO DA TERRA E SECAS NO BRASIL. BRASÍLIA, DF: 2016. 252p.

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água; FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica; DTC Engenharia. Conservação e Reuso de Água: Manual de Orientações para o Setor Industrial. FIESP/CIESP, São Paulo, 2004.

CONICELLI, Bruno Pirilo; HIRATA, Ricardo. Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas. Águas subterrâneas: (São Paulo). 2016.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. *Water Science Technology*, v. 39, n. 5, p. 25-32, 1999.

Ecovila – Disponível em: <http://www.clareando.com.br/clareando.html>. Acessado em 10 julho. 2021.

FIESP; ANA; SINDUSCON-SP. 2005. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo / Agência Nacional de Águas / Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo. Conservação e reúso da água em edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica.

FREITAS, V. P. Águas - Aspectos jurídicos e ambientais. Curitiba: Juruá, 2000
GHISI, E.; CORDOVA, M. M.; ROCHA, V. L. Netuno 3.0: aproveitamento de água pluvial. Programa computacional. 2009. Disponível em: . Acesso em: 20 jul. 2021.

GUIMARÃES, Bruno Vinicius Castro. Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis. [S. l.], 1 jun. 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/Captacao%20e%20Aproveitamento.pdf>. Acesso em: 22/06/2021.

IUDÍCIBUS, Sérgio de e Marion, Carlos José. Contabilidade comercial. São Paulo: Atlas, 1990.

KOBIYAMA, Masato; CHECCHIA, Tatiane; SILVA, Roberto Valmir da. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS. FLORIANÓPOLIS: UFSC/CTC/ENS, 2005.

MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. 2007. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MEIRA FILHO, A. S. et al. TELHADOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO. *IN*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina, Anais[...]. FEIRA DE SANTANA: ABCMAC, 2005. DISPONÍVEL EM:

http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_abdon_telhadoparacaptacaodeaguadec_huva.pdf. ACESSO EM: 10 JUNHO 2021.

MONTANHINI, L. R. A. ECONOMIA DE ENGENHARIA, 2008.

MORELLI, E. B. Reúso de Água na Lavagem de Veículos. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2005.

MYERS, L. E. Recent advances in water harvesting. *Journal of soil and water conservation*, v. 22, n. 3, p. 95-97, 1967.

NBR, ABNT. 15527: Água de chuva—aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis—Requisitos. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Rio de Janeiro, 2007.

NBR, ABNT. 15527: Água de chuva—aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis—Requisitos. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Rio de Janeiro, 2019.

OLIVEIRA, J.R.; PINTO, M.F.; SOUZA, W.J. ; GUERRA, J.G.M. ; CARVALHO, D.F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 140-147, 2010.

PASQUALETTO, Thales Luan Lucas. ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.EVENTOANAP.ORG.BR/DATA/INSCRICOES/5695/FORM3171191525.PDF](https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/5695/form3171191525.pdf). ACESSO EM: 23/06/2021.

RABELO, J. L.; WENDLAND, E. Assessment of groundwater recharge and water fluxes of the Guarani Aquifer System, Brazil. *Hydrogeology Journal*, v.17, n.7, p.1733-1748, 2009.

Rupp, R. F.; Munarim, U.; Ghisi, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. *Revista Ambiente Construído*, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011.

SAUTCHÚK, C. A. Formulação de diretrizes para a implantação de programas de conservação de água em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SCHUBERT, Pedro. Análise de investimentos e taxa de retorno. São Paulo: Ática, 1989, 99p. (Princípios;167) SELBORNE, L. A Ética do uso da água doce: um levantamento. Brasília : UNESCO, 2001.

SENRA, J.B; BRONZATTO, L.A; VENDRUSCOLO, S. Captação de Água de Chuva no Plano Nacional de Recursos Hídricos. Água da chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável. In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Captação e Armazenamento de Água de Chuva, Belo Horizonte, 2007.

SILVA, A.S.et al.CAPTAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO HUMANO: CISTERNAS RURAIS; DIMENSIONAMENTO, CONSTRUÇÃO E MANEJO. PETROLINA: EMBRAPA-CPATSA/SUDENE, 2007.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. DECISÕES FINANCEIRAS E ANÁLISE DE INVESTIMENTOS: FUNDAMENTOS, TÉCNICAS E APLICAÇÕES. 6 ed. 186 p. SÃO PAULO: ATLAS, 2009.

TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. As múltiplas dimensões da crise hídrica. *Revista USP*, n. 106, p. 21-30, 2/9/2015.

UNEP – United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives. London: Earthscan, 2002.

WATERFALL, P.H. Harvesting Rainwater for Landscape Use. University of Arizona Cooperative (2002). Disponível em: < <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/> >. Acesso em: 10 fev. 2016.