

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

BEATRIZ PEREIRA DE SOUZA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO
DA ÁGUA PROVENIENTE DOS DRENOS DOS APARELHOS DE AR
CONDICIONADO DO CAMPUS DO SERTÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALAGOAS**

DELMIRO GOUVEIA – AL

2020

BEATRIZ PEREIRA DE SOUZA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO
DA ÁGUA PROVENIENTE DOS DRENOS DOS APARELHOS DE AR
CONDICIONADO DO CAMPUS DO SERTÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Alagoas –
UFAL, Campus do Sertão, como pré-
requisito para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da
Silva Pereira

DELMIRO GOUVEIA – AL

2020

**Catálogo na fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca do
Campus Sertão Sede Delmiro
Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

S729a Souza, Beatriz Pereira de

Análise da viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado do campus do sertão da Universidade Federal de Alagoas / Beatriz Pereira de Souza. – 2020.

52 f. : il.

Orientação: Thiago Alberto da Silva Pereira.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2020.

1. Engenharia hidráulica. 2. Recursos hídricos. 3. Água pluvial. 4. Reaproveitamento. 5. Viabilidade técnica e econômica. 6. Universidade Federal de Alagoas. 7. Campus do sertão. I. Pereira, Thiago Alberto da Silva. II. Título.

CDU: 626

FOLHA DE APROVAÇÃO

BEATRIZ PEREIRA DE SOUZA

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA PROVENIENTE DOS DRENOS DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADO DO CAMPUS DO SERTÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao corpo docente do curso de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas – UFAL, Campus do
Sertão e aprovado em 21 de outubro de
2020.



Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL – Campus Arapiraca (Orientador)

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes (Examinador Interno)



Prof. Me. Anamália Ferreira da Silva (Examinador Externo)

A minha mãe e minha irmã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Jesus por ter sido meu melhor amigo e sustento; me protegido, guiado e iluminado a minha existência. Sem Ele nada faria sentido.

À minha mãe, por sempre estar ao meu lado, por me incentivar e por nunca ter medido esforços para que eu chegasse onde cheguei. Fez o impossível para que eu me tornasse a mulher que sou hoje.

À minha irmã Bruna, por ter sido uma verdadeira parceira ao longo da minha vida. Com quem eu pude contar nos dias felizes e tristes. Foi quem se manteve fiel aos meus sonhos, lutou minhas batalhas e confiou nos meus esforços.

À minha dupla de graduação Stefany, que esteve comigo desde o início do curso e que sempre acreditou mais em mim do que eu mesma. Foi a pessoa que vibrou comigo a cada vitória conquistada e que me ajudou a alcançá-las.

À minha amiga Eluíse e à minha afilhada Maria Elisa, por serem minha família de coração, por me amarem e cuidarem de mim sem condições. São meu verdadeiro significado de lar.

À minha amiga de infância Laila, por personificar o significado da palavra amizade, por sempre me apoiar e por ter permanecido. A estimo como uma irmã, que sempre dividiu a vida comigo.

À minha amiga Jacymara, que mesmo sendo uma amizade recente e não por poder estar fisicamente ao meu lado, sempre dá um jeito de estar presente. Sempre me apoiando, incentivando e enaltecendo o melhor de mim.

À minha amiga Kharollayne, por toda reciprocidade desde à infância, por toda torcida e por dividir a vida comigo. Sou muito grata por nossa amizade.

Ao meu amigo Jonas, por ser uma das melhores pessoas que conheci durante a trajetória acadêmica. Resignificou a palavra reciprocidade e com quem eu sempre poderei contar.

À Maria Katarina, por ter compartilhado as noites de estudo, as pesquisas e os pagodes. Foi quem chegou de mansinho e ficou no meu coração.

Ao Lucas Alencar, por todas as vezes em que foi prestativo e por ter sido um excelente parceiro dos projetos e pesquisas.

Ao meu padrinho José Noé, por ter acolher como filha e torcer por mim.

Ao meu cunhado Felipe, sua mãe Maria, sua irmã Mariana e seu tio José, por terem acolhido a minha família como se fossem deles. Por todo amor, carinho e cuidado.

Às minhas tias Jane, Léia, Lecia, Ana e Cleia, por darem todo suporte que precisei.

Ao meu tio Ronaldo *in memoriam*, por ter sido minha companhia de viagens semanais para Delmiro. Foi quem viu de perto minha luta durante os cinco anos de graduação.

Ao meu tio João Batista, por ter sido tão presente em todas as fases da minha vida.

Aos meus avós Josefa e Severino, por se orgulharem das minhas conquistas.

Aos meus primos Marianne, Ronaldo Junior, Maria Julia, Raniel e Luiz Miguel, por todo carinho.

A todos os meus colegas e amigos que fiz ao longo da graduação, em especial a: Gabrielle, Karolayne, Joana, Tamires, Maria Beatriz, Clara, Thauany, Murilo, Joabe, Anthony, Ailton, Ewerton, Adriano, Natanael, João Paulo, Igor, Ítalo e Lucas Cavalcante.

A todos os professores, que contribuíram para a minha formação. Em especial ao meu orientador, Professor Thiago Alberto, que é muito mais que um professor, é um verdadeiro amigo! Serei eternamente grata por ter tido a oportunidade de trabalhar ao seu lado e poder aprender com um dos melhores professores do Campus do Sertão. Agradeço por toda a dedicação, paciência, atenção e carinho.

RESUMO

A utilização de fontes alternativas de conservação de água, como o aproveitamento de água procedente dos aparelhos de ar condicionado, é uma forma de minimizar a problemática de disponibilidade de água potável e conseqüentemente reduzir sua demanda. É imprescindível que sejam desenvolvidos e aplicados métodos capazes de reduzir os consumos excessivos, instaurando o equilíbrio entre oferta e demanda e certificando a sustentabilidade do desenvolvimento econômico-social. Diante disso, o presente trabalho teve como principal objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da instalação do sistema de aproveitamento da água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Delmiro Gouveia/AL. A primeira etapa consistiu em caracterizar a área de estudo e a demanda da irrigação. Posteriormente, foi estimada a produção de água por todos os aparelhos do campus e dimensionado o sistema de captação e armazenamento. Finalmente, foi realizado o levantamento de custos da implantação e realizada a análise da viabilidade econômica através do tempo de retorno do investimento. Com a implantação do referido sistema de captação e aproveitamento de água condensada deve haver uma diminuição de aproximadamente 32,87% no consumo de água potável para a demanda da irrigação. Através do estudo da variação do volume entre 1,2 e 1,8m³ gerado por dia, foi possível verificar que a implantação se apresentou técnica e economicamente viável, visto que o custo total foi R\$ 6.227,31, que trará uma economia mensal de água potável de R\$790,10, apresentando um rápido tempo de retorno do investimento entre 7 e 10 meses a depender da produção diária.

Palavras-chave: Fontes alternativas de conservação. Água potável. Demanda. Água condensada.

ABSTRACT

The utilization of alternative sources of water conservation, like the use of water from air conditioner devices, is a way to minimize the issue of fresh water availability and consequently, reduce its demand. It is essential that methods are developed and applied to reduce excessive consumption, establishing a balance between supply and demand, and certifying sustainability of economic and social development. The purpose of the present study is therefore to make a technical and economical viability analysis of the installation of an air conditioning condensate recovery system in the Universidade Federal de Alagoas - Campus Sertão, located in Delmiro Gouveia, Alagoas, Brazil. The first step consisted in characterizing the study area and the irrigation water demand. Subsequently, it was estimated the quantitative of water produced by all devices in the university and dimensioned a capture and storage system. Lastly, the implementation cost survey was carried out and the economic feasibility analysis was accomplished through the return on investment. Because of the implementation of condensate harvesting and condensate recovery systems, there must be a decrease of approximately 32.87% in water used for irrigation. Through the study the variation of volume between 1.2 and 1.8 m³ produced per day, it was possible to verify that the implementation of the project at the university was technically and economically viable, since the total cost was R\$ 6,227.31, which it will bring monthly savings on the water bill of R\$ 790.10, a quick return on investment between 7 and 10 months depending on daily production.

Keywords: Alternative water sources of conservation. Fresh water. Demand. Condensate water.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Demanda de água por região geográfica brasileira.	17
Figura 2 – Esquema de utilização de água da chuva.	22
Figura 3 – Sistema de reuso de águas cinzas.	24
Figura 4 – Sistema de funcionamento do ar condicionado.	25
Figura 5 – Etapa simplificada de produção da água condensada.	26
Figura 6 – Representação do sistema de aproveitamento de águas proveniente dos aparelhos de ar condicionado.	27
Figura 7 – Fluxograma com as etapas de pesquisa.	30
Figura 8 – Mapa com localização geográfica do município de Delmiro Gouveia.	31
Figura 9 – Vista área do Campus do Sertão.	32
Figura 10 – Localização do reservatório.	38
Figura 11 – Croqui do projeto	39
Figura 12 – Gráfico volume diário <i>versus</i> tempo de retorno.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura tarifária de água da CASAL para a categoria pública.	34
Tabela 2 – Quantidade de aparelhos com suas respectivas potências de refrigeração (BTU).	36
Tabela 3 – Volume de água obtido através dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão.....	37
Tabela 4 – Vazão e volume dos aparelhos de ar condicionado para cada turno.	37
Tabela 5 – Orçamento do projeto.	40
Tabela 6 – <i>Payback</i> para o volume diário estimado por Santos <i>et al.</i> (2016).....	41
Tabela 7 – Tempo de retorno para cada volume diário estimado.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BTU	<i>British Thermal Unit</i> (Unidade Térmica Britânica)
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas
CEGEF/UFG	Centro de Gestão do Espaço Físico da Universidade Federal de Goiás
COPOM	Comitê de Política Monetária
CT/UFRN	Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
CV/UFS	Centro de Vivência da Universidade Federal de Sergipe
FARO	Faculdade de Rondônia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFES	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
NBR	Norma Brasileira
ORSE	Orçamentos de Obras de Sergipe
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
TMA	Taxa de atratividade
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Considerações iniciais	14
1.2. Relevância do tema	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. <i>Objetivo geral</i>	15
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Importância da água	16
2.2. Conservação da água	19
2.3. Uso de fontes alternativas	21
2.3.1. <i>Aproveitamento de água pluvial</i>	21
2.3.2. <i>Reuso de águas cinzas</i>	23
2.3.3. <i>Aproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado</i>	24
3. METODOLOGIA	30
3.1. Caracterização da área de estudo	30
3.2. Estimativa do volume gerado	33
3.3. Orçamento e análise da viabilidade econômica	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1. Estimativa do volume gerado	36
4.2. Concepção do projeto	37
4.3. Orçamento e análise da viabilidade econômica	40
5. CONCLUSÃO	43
5.1. Conclusões gerais	43
5.2. Limitações encontradas	43
5.3. Sugestões para trabalhos futuros	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

1.1.Considerações iniciais

A água é um elemento vital a todos os ecossistemas. Sua importância vai além da manutenção da vida dos seres vivos, ela contribui para a promoção do desenvolvimento e da qualidade de vida. Contudo é um recurso finito e vulnerável, que vem sendo ameaçado pelas ações humanas, resultando em prejuízo para a própria humanidade, por este motivo deve ser utilizado com parcimônia.

Atualmente, os recursos hídricos definem e limitam as aspirações de desenvolvimento econômico-social. Sua progressiva vulnerabilidade pode ser atenuada com a conservação e uso racional da água. Além disso, a escassez relativa se incrementará constantemente devido ao crescente desenvolvimento urbano e industrial, com maiores demandas sociais, ao desequilíbrio ecológico e às mudanças climáticas (DANTAS e SALES, 2009).

A utilização de fontes alternativas de conservação de água associada às estratégias de uso racional desse recurso em edificações, é uma forma de minimizar a problemática de disponibilidade de água potável e, conseqüentemente, reduzir sua demanda. Pode-se destacar entre elas, o aproveitamento de água pluvial, o aproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado, o reuso de águas cinzas e a instalação de componentes economizadores de água.

1.2.Relevância do tema

Para determinar o equilíbrio entre oferta e demanda de água e certificar a sustentabilidade do desenvolvimento econômico-social, é primordial desenvolver e aplicar métodos e técnicas capazes de reduzir os consumos excessivos. Nesse sentido, reuso, reciclagem, aproveitamento, gestão da demanda, redução de perdas e minimização da geração de efluentes se estabelecem como pontos cruciais na gestão de recursos hídricos (GONÇALVES, O. *et al.*, 2005).

Regiões de pouca água disponível, assim como os locais de alto consumo, merecem atenções redobradas para que os recursos hídricos sejam aproveitados ao máximo com o mínimo de desperdício por meio da utilização eficiente da água e instalação de técnicas de racionalização do seu uso. O reuso é uma das possibilidades de empenho para reverter o quadro

de escassez, sendo uma das maneiras de unir comprometimento social e ambiental (DANTAS e SALES, 2009).

Desse modo, a implantação de sistemas de aproveitamento de água no Sertão Alagoano surge como uma medida capaz de minimizar os efeitos causados pela seca e pela má distribuição de água potável, visto que a escassez reflete em prejuízos de ordem socioeconômica.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento da água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado no Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a área de estudo;
- Dimensionar o sistema de captação e armazenamento da água condensada no Campus do Sertão da UFAL;
- Orçar o sistema a fim de obter o custo total de implantação;
- Quantificar os benefícios econômicos da utilização do sistema de aproveitamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.Importância da água

A importância da água não está restrita em apenas ser considerada o recurso natural, que é indispensável como fonte e manutenção de vida de todos os seres vivos que habitam o planeta Terra. Além disso, promove o desenvolvimento, a qualidade de vida e se faz presente em toda perspectiva do ser humano, seja no meio social, econômico ou religioso.

A disponibilidade desse recurso é limitada, uma vez que somente cerca de 3% da água do mundo é doce, desse percentual apenas 15% está na superfície e própria para o consumo (TUNDISI, 2003).

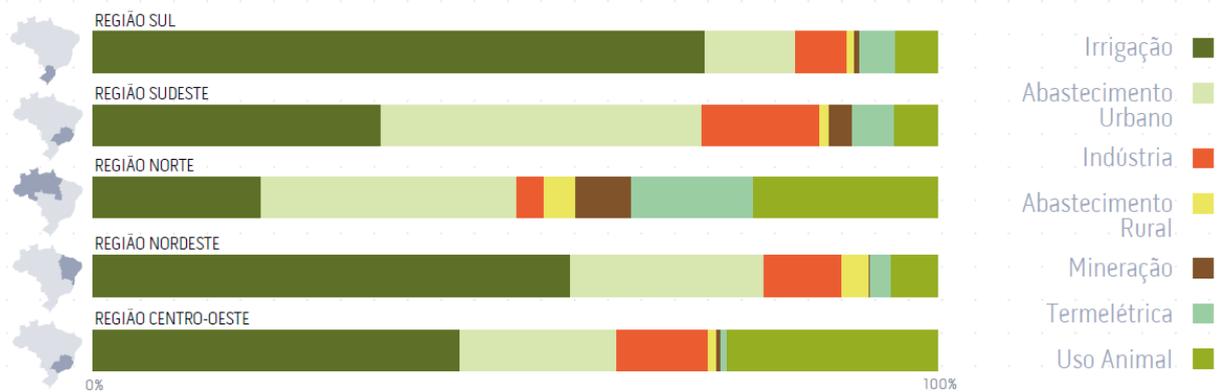
Apesar do Brasil ser visto como um país abundante em água, por possuir cerca de 12% da água doce do mundo, a distribuição pelo território não se dá uniformemente. Destaca-se a Região Norte, que está inserida na maior bacia fluvial do mundo, entretanto é uma das regiões brasileiras menos habitadas, apresentando as menores demandas. Por outro lado, a Região Sudeste concentra um dos menores percentuais de oferta hídrica e apresenta as maiores taxas de consumo por habitante do país. Já na Região Nordeste, acredita-se que a escassez, provocada pelo fenômeno cíclico da seca, influencia no baixo valor de consumo per capita reproduzindo o menor índice regional de todo o Brasil (TOMAZ, 2001; NUNES, 2006).

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos afirma que a demanda mundial por água tem crescido por volta de 1% ao ano e continuará aumentando consideravelmente, em consequência de fatores como: desenvolvimento econômico, crescimento populacional e mudanças nos padrões de consumo (UNESCO, 2018).

No Brasil, a água é consumida, principalmente, no abastecimento humano e animal, irrigação, indústria, turismo, geração de energia, mineração, navegação, lazer e recreação. O conhecimento sobre esses usos está sendo frequentemente desenvolvido e atualizado anualmente no documento Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, através de levantamentos, estudos sensoriais e cadastros de usuários (ANA, 2019).

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2019), a demanda por uso de água no Brasil teve um aumento estimado de aproximadamente 80% nas últimas duas décadas. A previsão é que a retirada de água aumente 26% até 2030. A Figura 1 apresenta a distribuição da demanda de água por região geográfica brasileira.

Figura 1 – Demanda de água por região geográfica brasileira.



O aumento das demandas de água no Brasil contribui para o desenvolvimento do estresse hídrico ao longo dos anos. Vale enfatizar que as regiões com demandas mais significativas são a Região Sudeste, que se destaca o uso para abastecimento humano, irrigação e indústria, e a Região Sul, com expressiva retirada de água para a irrigação (ANA, 2019).

Além do aumento da demanda para grandes volumes, a urbanização acelerada em todo o planeta causa alterações no ciclo hidrológico, aumento nos custos do tratamento de água, necessidade de mais energia para realizar o abastecimento e, sobretudo pressão sobre os mananciais (TUNDISI, 2003).

O aumento populacional associado ao crescimento econômico estimulou a constante busca pelo conforto, o que impulsionou o aumento do consumo de água. Segundo Gonçalves (2006), o consumo é o resultado da soma de três categorias: uso, perdas e desperdícios.

O uso corresponde à quantidade de água necessária para realizar determinada atividade, independente do grau de eficiência em que aconteça. As perdas referem-se às deficiências de um sistema que levam à perda física; são as águas que não são utilizadas e que não podem ser aproveitadas ou reaproveitadas, como por exemplo os vazamentos conhecidos que não podem ser reparados em função da impossibilidade de acesso, da insuficiência de recursos financeiros, entre outros motivos. Enquanto que os desperdícios envolvem as perdas evitáveis, ou seja, correspondem à negligência do usuário e podem estar vinculadas ao uso propriamente dito. Além disso, as parcelas de perdas e desperdícios representam custos para os usuários e para a sociedade, sem trazer benefícios ambientais e econômicos (GONÇALVES, 2006).

Conforme apontam Moraes e Jordão (2002), apesar do Brasil possuir a vantagem de dispor de abundância de recursos hídricos, também possui a tendência desvantajosa de desperdiçá-los. O comportamento do ser humano tem predisposição a seguir o sentido oposto à manutenção do equilíbrio ambiental, desde que se tornou parte dominante dos sistemas.

O desperdício sempre esteve relacionado com a cultura da sociedade e principalmente com a falsa ideia de que a água é um recurso natural infinito. Desse modo, é desperdiçada simultaneamente em todos os meios, seja nas residências, nas indústrias e até mesmo na agricultura, que utilizam a água para fins que não exigem sua potabilidade (OLIVO e ISHIKI, 2014).

Paixão (2016) alega que o desperdício praticado ao longo dos anos associado com a falta de chuvas são os principais fatores que contribuem para o agravamento da crise e da escassez hídrica.

A escassez de água poderá ser um fator determinante para o desenvolvimento de muitos países, uma vez que aqueles que persistirem em utilizar métodos baseados apenas na exploração dos recursos naturais, terão problemas para enfrentar de ordem econômica, política e social (OLIVO e ISHIKI, 2014).

A Região Nordeste brasileira é um exemplo real de como a escassez de água pode ser uma condição limitante para o desenvolvimento regional e promoção de qualidade de vida. A região sofre por longos períodos devido à falta d'água, o que tem contribuído para o abandono das terras e para a migração aos grandes centros urbanos na Região Sudeste, intensificando ainda mais o problema da disponibilidade de água nesta região (NUNES, 2006; SANTOS *et al.*, 2004).

À medida em que a sociedade e a economia crescem, muitos países alcançam rapidamente a escassez dos recursos hídricos ou se deparam com limites para o desenvolvimento econômico. Dessa forma, a degradação e a escassez de água passaram a ser encaradas como um sério problema de saúde pública (MORAES e JORDÃO, 2002).

A escassez de água gerou, também, interesses na economia, já que sua falta atingiu diversos setores como: industrial, agrícola, empresarial, geração de energia, entre outros, fazendo com que fosse atribuído valor econômico aos recursos hídricos. Além disso, os empreendedores têm lidado com esse problema como uma oportunidade de geração de novos mercados e investimentos na esfera da sustentabilidade (PAIXÃO, 2016).

Paixão (2016) complementa que a ausência de investimentos e de projetos contribui expressivamente para o agravamento da crise hídrica. Além do uso racional da água, são necessárias outras formas alternativas como soluções para driblar os danos provocados pela escassez.

Segundo Gonçalves (2006), o uso racional segue três princípios: minimização, separação e reutilização. A minimização consiste em utilizar a água de melhor qualidade

essencialmente para os fins que a exijam e reduzir a quantidade para executar as mesmas atividades, seja por mudança de processos ou formas de uso, como pelo emprego de tecnologias e aparelhos economizadores. Além disso, orienta a busca de fontes alternativas de água, como aproveitamento de águas pluviais ou até mesmo aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. Já a separação, estabelece que não se misture águas que exijam diferentes graus de tratamento, a fim de simplificar o tratamento, diminuição de custos de tratamento, reaproveitar substâncias, entre outros. Enquanto que a reutilização fundamenta-se no emprego de um efluente gerado em uma nova utilização, desde as formas mais simples, como o uso direto dos efluentes até o reuso após tratamento adequado. Além disso, é necessário especificar os ciclos de utilização da água, separando-os de acordo com a qualidade e quantidade determinadas para cada um deles, assim é possível estabelecer métodos para tratar e usufruir corretamente no próximo ciclo.

Dantas e Sales (2009) mencionam que principalmente as regiões com baixa disponibilidade de água devem aproveitar ao máximo os recursos hídricos com o mínimo de desperdício, tornando eficiente seu uso mediante implantação de medidas de racionalização. Diante disso, a problemática da escassez reforça ainda mais a relevância da adoção dessas medidas por meio da utilização de técnicas eficientes que permitam racionar, captar e reutilizar a água de diversas maneiras possíveis, com custos variados em virtude do tipo de tecnologia e do processo utilizado (NUNES, 2006).

Para recuperar o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento socioeconômico, é fundamental que sistemas alternativos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados. Assim, reciclagem, reuso, gestão da demanda, redução de perdas e minimização da produção de efluentes em associação às práticas de conservação da água são extremamente importantes para a gestão e redução da poluição dos corpos hídricos (GONÇALVES, O. *et al.*, 2005).

2.2.Conservação da água

Define-se como conservação da água qualquer atividade que atenua o consumo, o desperdício e a quantidade extraída em fontes de suprimento e que aumente a otimização do uso, a reciclagem e o reuso de água (GONÇALVES, O. *et al.*, 2005).

A conservação da água é caracterizada pelo conjunto de práticas, técnicas e tecnologias que proporcionam a melhoria da eficiência do seu uso, atuando de forma metódica em cima da

demanda e da oferta de água, a fim de que haja aumento da disponibilidade para os demais usuários, flexibilizando os suprimentos existentes para outros fins, de modo que atenda ao crescimento populacional e ofereça suporte à implantação de novas indústrias, mas também que preserve e conserve o meio ambiente (HESPANHOL e GONÇALVES, 2005).

Nunes (2006) afirma que a conservação da água atualmente é uma necessidade existente e progressiva devido à escassez nas fontes de fornecimento, seja pela ausência de qualidade ou quantidade nos mananciais. Dessa forma, a implementação de alternativas de conservação e uso racional da água são fundamentais para a redução das questões hídricas atuais e futuras.

As práticas conservacionistas envolvem técnicas como aproveitamento e reuso de água, captação individualizada de águas subterrâneas, entre outras. Já as atividades para o uso racional da água, incluem o reparo de vazamentos, a redução de perdas, a realização de campanhas de conscientização, etc. (HAFNER, 2007).

É importante mencionar a evolução do conceito de uso racional da água para o de conservação desse recurso, que consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta, de modo que os usos não potáveis possam ser atendidos por águas de reuso (GONÇALVES, O. *et al.*, 2005).

Segundo Hafner (2007), as ações de economia de água devem ser avaliadas pelo usuário considerando a sua viabilidade técnica e econômica, o que significa comparar o seu custo de implantação e o retorno que proporciona, com os benefícios de economia de água e economia financeira. Essa economia da água é habitualmente gerada em diversos consumos da edificação, como a redução do consumo de água e conseqüente redução dos efluentes gerados, entre outros.

De acordo com Hespanhol e Gonçalves (2005), as ações conservacionistas, como o uso eficiente, reuso e fontes alternativas de água, constituem uma estratégia inteligente para aumentar a quantidade de usuários de um sistema de abastecimento, sem que haja grandes investimentos na ampliação ou a instalação de novos sistemas.

A utilização de fontes alternativas agregada com técnicas de uso racional da água em edificações favorece efetivamente para a diminuição da captação nos mananciais, e, por conseguinte, ameniza o problema de disponibilidade e demanda do sistema de tratamento da água para fins potáveis. Com isso, pode-se afirmar que o uso de fontes alternativas para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável é uma atividade relevante para a busca da sustentabilidade hídrica, além de ser uma importante medida de racionalização (GONÇALVES, 2006).

2.3. Uso de fontes alternativas

Segundo Gonçalves, O. *et al.* (2005), as fontes alternativas são aquelas que não estão sob fornecimento de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso da água. Entretanto, a qualidade de sua composição pode ser diferente da água potável abastecida pelas concessionárias.

O uso de fontes alternativas de água surge como uma solução vantajosa para atender as demandas que não necessitam de água potável para serem supridas (PETERS, 2006). Além da economia referente aos custos do consumo, a utilização dessas fontes possui como maior vantagem a garantia da preservação dos corpos hídricos.

A implantação dessas medidas em uma edificação ameniza a demanda, evitando a sobrecarga do sistema de abastecimento de água e minimiza a captação no manancial. Da mesma forma, há uma redução no tratamento de esgotos, o que aumenta a eficiência no tratamento e diminui a poluição dos corpos receptores (HAFNER, 2007).

Portanto, esse uso nas edificações é uma medida que contribui tanto em termos de uso eficiente como de redução de vazões de águas residuárias. As fontes alternativas de água são fontes opcionais àquelas normalmente disponibilizadas às habitações, destacando-se dentre elas o aproveitamento de água pluvial, o aproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado e o reuso de águas cinzas (GONÇALVES, 2006).

2.3.1. Aproveitamento de água pluvial

A funcionalidade de águas pluviais possui um longo antecedente no mundo. Atualmente, as sociedades têm empregado seu uso em residências, indústrias e no setor agrícola. O manejo e o aproveitamento de água da chuva são meios eficazes para minimizar a escassez e contribuir com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos (PETERS, 2006).

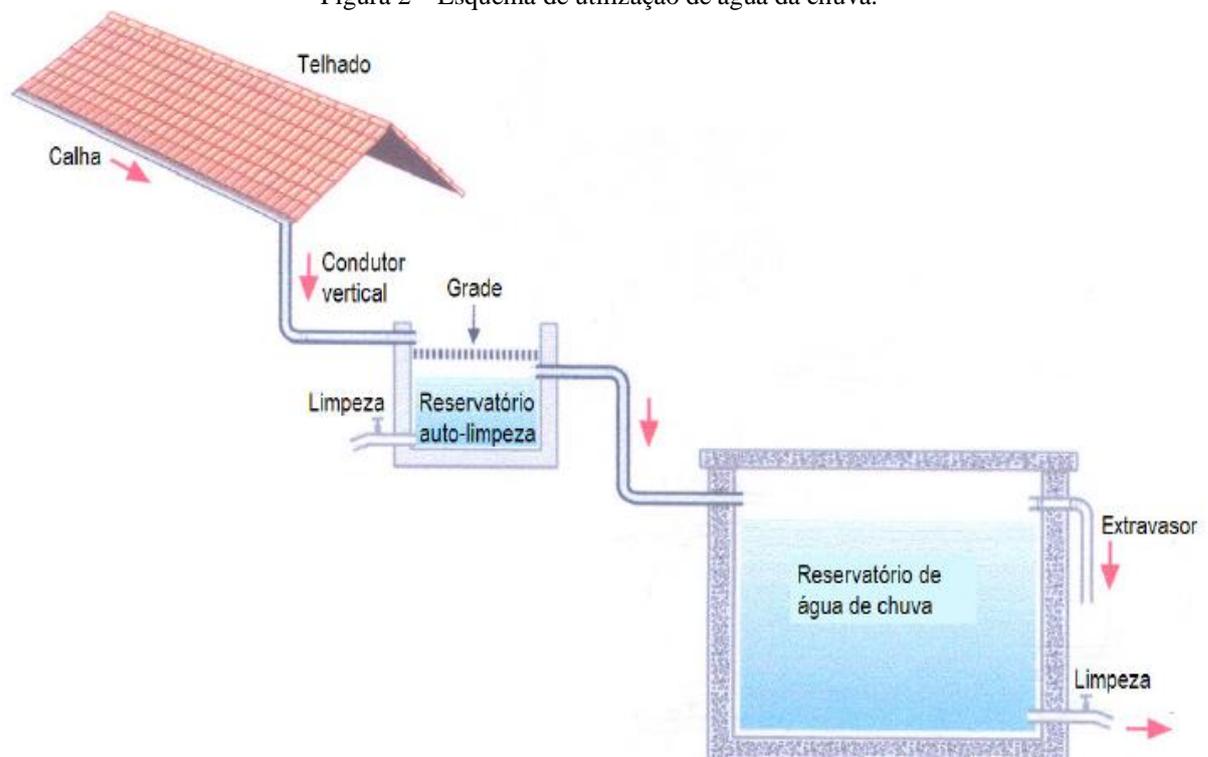
Segundo Souza *et al.* (2018), a instalação dessa técnica, além de minimizar a demanda e o consumo da água potável, diminui os custos do fornecimento da companhia de abastecimento, sustenta o funcionamento normal no âmbito familiar e, principalmente, preserva o meio ambiente.

A utilização dos sistemas de aproveitamento de água da chuva possibilita a redução do escoamento superficial, amenizando a carga nos sistemas de coleta pluviais que,

consequentemente, diminui o risco de inundações. Isto porque o aproveitamento reduz a erosão local e as enchentes causadas pela impermeabilização. Desta maneira, a água que escoaria e causaria uma enchente, estará disponível para diferentes usos. Para tanto, é fundamental que os projetos desses sistemas sejam planejados e executados de maneira prática e simples para um funcionamento eficiente (GONÇALVES, 2006).

A Figura 2 apresenta um esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva evidenciando os elementos fundamentais para a utilização dessa técnica.

Figura 2 – Esquema de utilização de água da chuva.



Fonte: Tomaz, 2007.

Gonçalves, O. *et al.* (2005) e Andrade (2015) afirmam que o aproveitamento de águas pluviais tem sido uma prática comum em regiões áridas e semiáridas, inclusive no nordeste brasileiro, devido aos longos períodos de secas provocados por vários fatores climáticos. Diante disso, a busca por soluções alternativas para armazenamento de água da chuva, para ser utilizada no período de estiagens, torna-se cada vez mais importante para diversas perspectivas no meio social.

Correia *et al.* (2018) realizaram um estudo em três cidades do alto sertão alagoano, em que avaliaram o potencial de aproveitamento de água pluvial e o custo do investimento da implantação do sistema nesses municípios. Os resultados apontaram que a efetivação desta

política trará benefícios, como provável redução na tarifa de água, saúde pública e crescimento econômico, com o impacto no comércio local e na geração de empregos.

Em síntese, a utilização de água da chuva como substituição de fontes de abastecimento oferece vantagens em âmbitos importantes, como social, econômico, sanitário e ambiental.

2.3.2. *Reuso de águas cinzas*

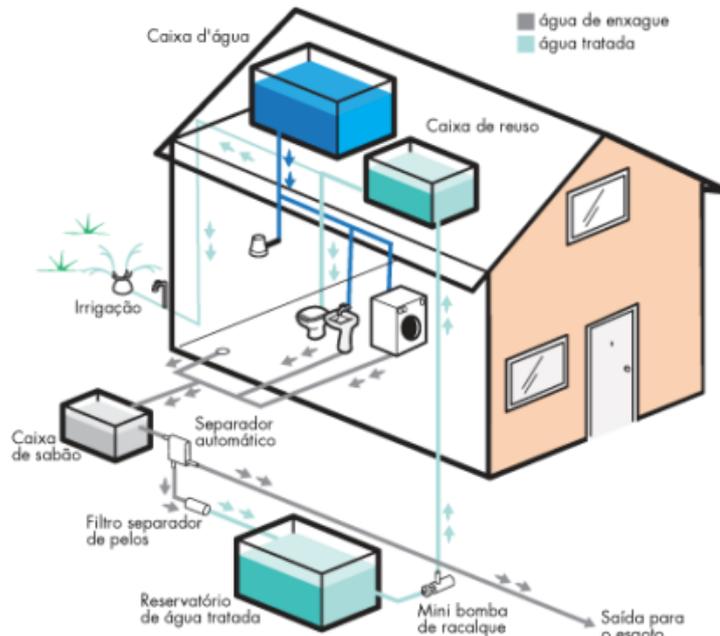
Essa fonte alternativa é destinada para suprir as demandas dos usos não potáveis e classificada como aquela que é proveniente das unidades hidrossanitárias de uma edificação, como o lavatório, a banheira, o chuveiro, a máquina e o tanque de lavar roupas. Já as águas advindas da bacia sanitária e da pia de cozinha são caracterizadas como águas negras (PETERS, 2006).

De acordo com Gonçalves, O. *et al.* (2005), os fatores principais que gerenciam um programa de reuso de águas cinzas são: preservação da saúde dos usuários e do meio ambiente; atendimento às exigências relacionadas às atividades a que se destina e quantidade suficiente ao uso a que será submetida.

Vale ressaltar que o reuso de águas cinzas pode resultar em economia de água potável, economia de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário das edificações. Em uma maior proporção, resulta na preservação de mananciais hídricos, por reduzir a quantidade de água captada e o lançamento de esgoto sanitário pelas áreas urbanas (GONÇALVES, 2006).

As águas cinzas podem ser utilizadas em: lavagem de garagem, vidros e automóveis, descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins, combate a incêndios, preparo de concreto, geração de energia elétrica, refrigeração de equipamentos, entre outros. A Figura 3 traz a representação do funcionamento do sistema de reuso de águas cinzas em residências.

Figura 3 – Sistema de reuso de águas cinzas.



Fonte: EOS Organização e Sistemas Ltda, 2020.

Diferentemente do sistema de aproveitamento de água da chuva, em que a oferta depende de fatores climáticos, a produção de águas cinzas é diretamente proporcional ao consumo. Desse modo, não há riscos de faltar água de reuso para os fins não potáveis, entretanto pode haver uma discrepância temporária entre a demanda e a oferta, o que pode ser solucionado com a implantação de um reservatório (GONÇALVES, 2006).

Além disso, a água cinza é suscetível de portar agentes contaminadores, devido à grande flexibilidade de uso dos aparelhos sanitários. Por este motivo, apresenta qualidade muito variada, que depende das diversas atividades domésticas associadas, sendo que os componentes presentes variam de acordo com a fonte selecionada (GONÇALVES, O. *et al.*, 2005; PETERS, 2006).

2.3.3. Aproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado

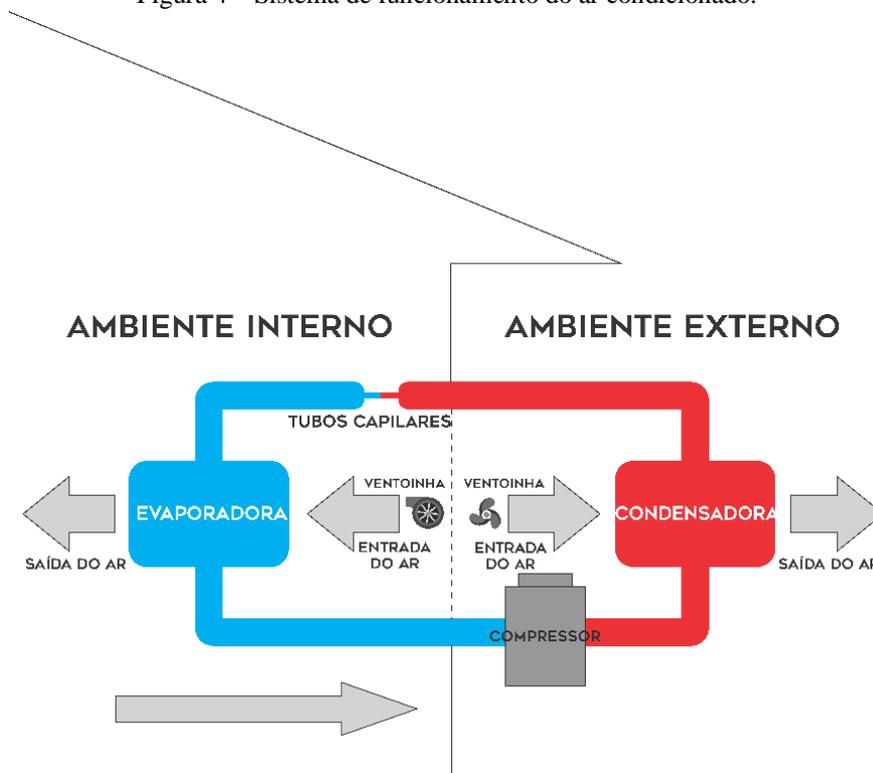
O ar condicionado é um aparelho com a finalidade de tratar do ar de um ambiente, proporcionando condições de temperatura e umidade ideais para o ser humano (ALBERICO, 2003 apud GONÇALVES, L. 2005, p. 35).

Segundo Silva *et al.* (2018), o uso de aparelhos de ar condicionado vem se intensificando em regiões quentes como equipamento fundamental para a refrigeração de ambientes.

Concomitantemente em que promove a refrigeração, acontecem os processos de purificação e desumidificação do ar.

Os sistemas de condicionamento envolvem tanto a refrigeração quanto o aquecimento de ar, regulando a temperatura a fim de criar uma sensação de conforto térmico. Os condicionadores realizam troca de calor por meio da passagem do ar pela serpentina do evaporador que, por contato, altera a temperatura baixando a umidade relativa do ar (FORTES *et al.*, 2015). O sistema de funcionamento do ar condicionado está representado a seguir na Figura 4.

Figura 4 – Sistema de funcionamento do ar condicionado.

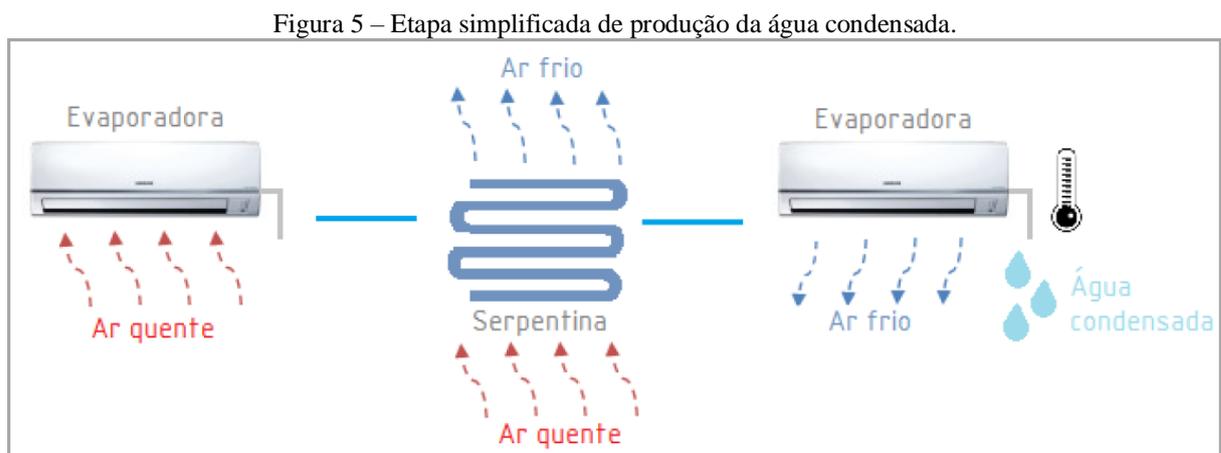


Fonte: Autor, 2020.

Esses sistemas funcionam semelhante à refrigeração das geladeiras comuns a partir da condensação da água, em que o compressor comprime o gás frio (em azul) transformando-o em gás quente (em vermelho). O gás quente segue por meio de um trocador de calor a fim de dissipar a energia e se condensar para o estado líquido. Em seguida, a água escoar através de uma válvula de expansão e se torna gás frio. O gás frio, por sua vez, corre através de um trocador de calor que permite que o gás absorva calor e então o ambiente é resfriado (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

As moléculas de água presentes na massa de ar sofrem condensação ao entrar em contato com as serpentinas enquanto passam por elas. Durante esse processo, a água condensada é produzida, que é direcionada para o ambiente externo. Após a refrigeração, o ar retorna ao ambiente e o ciclo se repete até atingir a temperatura desejada (ROCHA, 2017).

A Figura 5 simplifica a etapa da produção da água condensada pelos aparelhos de ar condicionado.



Fonte: Rocha, 2017.

O ar condicionado apresenta um dreno encarregado pelo escoamento dessa água gerada. Geralmente, a água é descartada e goteja na parte externa das edificações, podendo gerar infiltração e/ou formação de limo, causando danos à estrutura, ou ainda é encaminhada para a rede coletora, não sendo reaproveitada para outros fins. Com isso, o aproveitamento dessa água apresenta-se como uma das soluções simples e de baixo custo para o aproveitamento sustentável a fim de mitigar os danos provocados pelo uso descontrolado dos recursos hídricos (PIMENTA, 2016; REAL e CORREA, 2017).

De acordo com Santos, F. *et al.* (2016), não é possível definir um valor exato para a quantidade de água gerada por cada modelo de ar condicionado, uma vez que depende de diversos fatores. Entre esses fatores estão o sistema de drenagem do aparelho, a potência, a umidade do ar de cada região e a interferência da movimentação de entrada e saída de pessoas do ambiente.

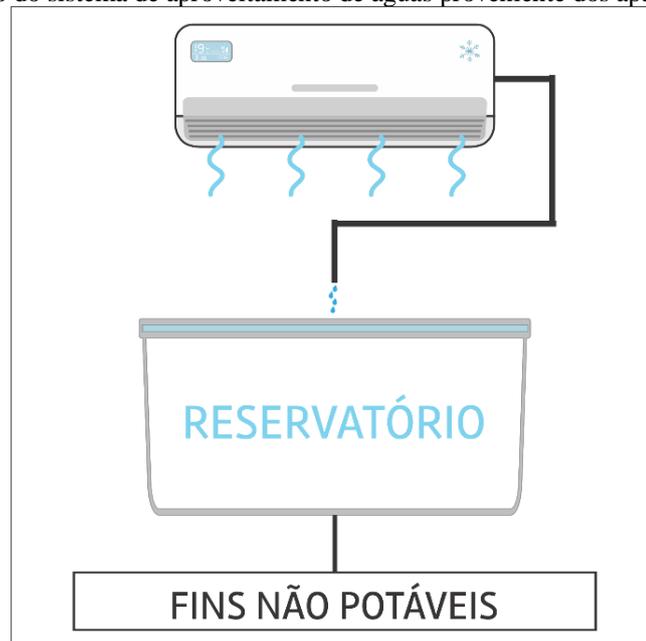
Algumas pesquisas comprovaram a relação entre o volume de água gerado pelos aparelhos e os fatores que influenciam nessa produção, como os estudos realizados por Bolina *et al.* (2017) e Rodrigues *et al.* (2019).

Bolina *et al.* (2017) analisaram os dados coletados no prédio do Centro de Gestão do Espaço Físico da Universidade Federal de Goiás (CEGEF/UFG), em Goiânia, e observaram que o volume gerado durante a estação chuvosa é maior se comparado ao período de estiagem, devido ao aumento da umidade nos meses de chuva e conseqüentemente pelo funcionamento do ar condicionado que retira essa umidade visando o resfriamento do local produzindo um volume maior de água condensada.

Em contrapartida, Rodrigues *et al.* (2019) realizaram uma análise quali-quantitativa do volume gerado por condicionadores de ar do prédio da Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA, localizado em João Pessoa, e constataram que a potência dos aparelhos é diretamente proporcional ao volume de água condensada produzida, uma vez que quanto maior a potência, maior será o volume.

A Figura 6 apresenta o arranjo do aproveitamento de água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado.

Figura 6 – Representação do sistema de aproveitamento de águas proveniente dos aparelhos de ar condicionado.



Fonte: Autor, 2020.

Diante da simplicidade do sistema e do baixo custo para sua implantação, o aproveitamento da água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado despertou diversos estudos acerca dessa fonte alternativa, com aplicações em universidades pelo Brasil, a fim de avaliar seu potencial para o uso sustentável dos recursos hídricos.

Pimenta (2016) e Rocha (2017) quantificaram o volume gerado pelo funcionamento dos aparelhos presentes no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CT/UFRN), localizado na cidade de Natal. O primeiro autor verificou que a quantidade de água gerada pelo funcionamento dos aparelhos de ar condicionado atende à demanda de limpeza da edificação e pode reduzir uma parcela da água potável utilizada na irrigação do jardim. O segundo autor, além de quantificar as vazões, analisou a viabilidade econômica e construtiva dimensionando um sistema de coleta e armazenamento de água condensada, resultando em um tempo de retorno de 12,7 meses comprovando a efetividade do projeto, e ainda, avaliou a qualidade dessa água afirmando ser uma fonte segura de reuso direto para fins não potáveis.

Outro estudo que comprova a qualidade da água condensada foi desenvolvido por Ferreira *et al.* (2018) no campus Santa Teresa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), no município de Santa Teresa. Devido à falta de informações técnicas a respeito do uso dessa água em atividades agrícolas, os autores realizaram uma pesquisa pioneira sobre o uso alternativo dessa água e atestaram que as mudas de pimentão irrigadas com água proveniente dos aparelhos de ar condicionado apresentam desempenho agrônômico semelhante às aquelas irrigadas com água de poço, além de ser um excelente meio para evitar o desperdício.

Santos *et al.* (2019) analisaram a viabilidade da utilização da água condensada no Centro de Vivência da Universidade Federal de Sergipe (CV/UFS), campus São Cristóvão e constataram que o tempo de retorno dar-se-á por volta de 15 meses. Apesar da coleta da água do estudo corresponder a uma pequena economia para a instituição, também representa um grande passo à manutenção dos sistemas hídricos.

Real e Correa (2017), ao quantificarem o volume de água condensada na Faculdade de Rondônia (FARO), na cidade de Porto Velho, afirmaram que o aproveitamento dessa água pode atender parcial e/ou totalmente às demandas como rega de jardins e acionamento de descargas das bacias sanitárias. Os autores sugerem ainda que a água possa ser utilizada para a limpeza da edificação e para o reservatório de combate a incêndio, diminuindo a quantidade de consumo de água potável na instituição.

Santos, A. *et al.* (2016) apontou que o aproveitamento de água dos condicionadores de ar do Campus do Sertão da UFAL, localizado no município de Delmiro Gouveia, garantiria uma economia próxima de 23% do consumo total do campus no ano de 2015, cerca de R\$

5266,90. Além disso, essa pesquisa trouxe perspectivas para a possibilidade de adoção de técnicas capazes de ajudar a atenuar a escassez de água no sertão alagoano.

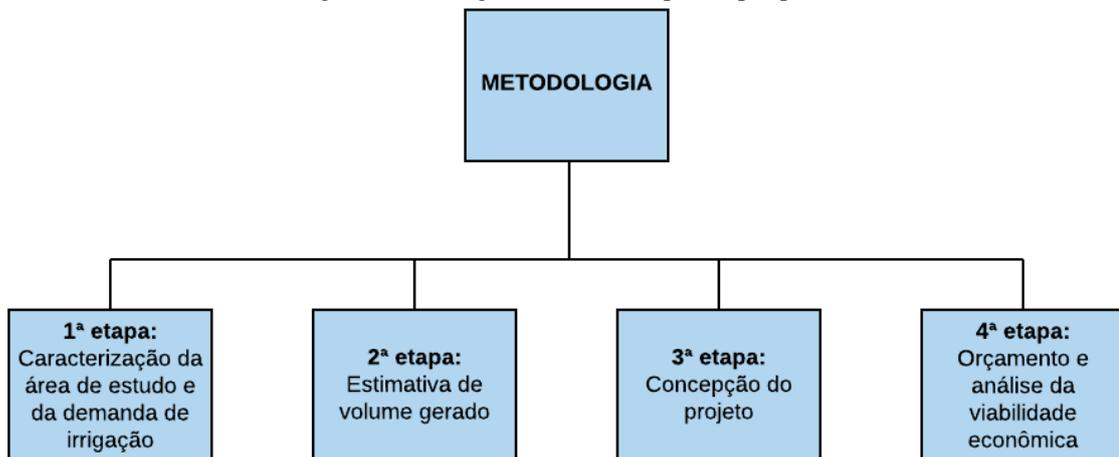
Esse tipo de aproveitamento também pode ser utilizado em veículos, como mostrou Freire (2015) no setor de transportes da UFAL, que implantou um sistema de aproveitamento de água do aparelho de ar condicionado de dois ônibus rodoviários, em que o sistema encaminha a água, que seria descartada, para o bojo do esguicho do para-brisas e para o banheiro, onde é utilizada para descarga das bacias sanitárias e para lavagem de mãos. Cada sistema custou R\$130,00 para a instalação, incluindo materiais e mão de obra. Apesar da quantidade gerada não ter sido especificada, foi relatado que durante uma viagem de ida e volta entre as cidades de Maceió/AL e Rio de Janeiro/RJ era preciso reabastecer o reservatório de água pelo menos seis vezes, mas após a implementação do sistema não houve abastecimento e ainda sobrou água no reservatório.

A utilização das águas residuais geradas por condensação em aparelhos de ar condicionado para uso não potável é uma das fontes alternativas mais viáveis existentes, principalmente pela produção ser diretamente proporcional ao uso, que está cada dia mais intenso. Além disso, a água condensada possui boa qualidade para os fins não potáveis, os custos para implantação do sistema são baixos e o retorno do investimento acontece em um curto tempo (MARINHO, 2018).

3. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho consiste em quatro etapas, conforme Figura 7. A princípio, será realizada a caracterização da área de estudo e da demanda da irrigação. A etapa seguinte tem como objetivo estimar o volume de água gerado por todos os aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão. Para isso, esta pesquisa se baseou no trabalho de Santos, A. *et al.* (2016) realizado na instituição. A terceira etapa dar-se-á pela concepção do projeto do sistema de reuso de água dos condicionadores de ar. A última etapa refere-se ao levantamento dos custos da implantação e da análise da viabilidade econômica através do tempo de retorno do investimento.

Figura 7 – Fluxograma com as etapas de pesquisa.



Fonte: Autor, 2020.

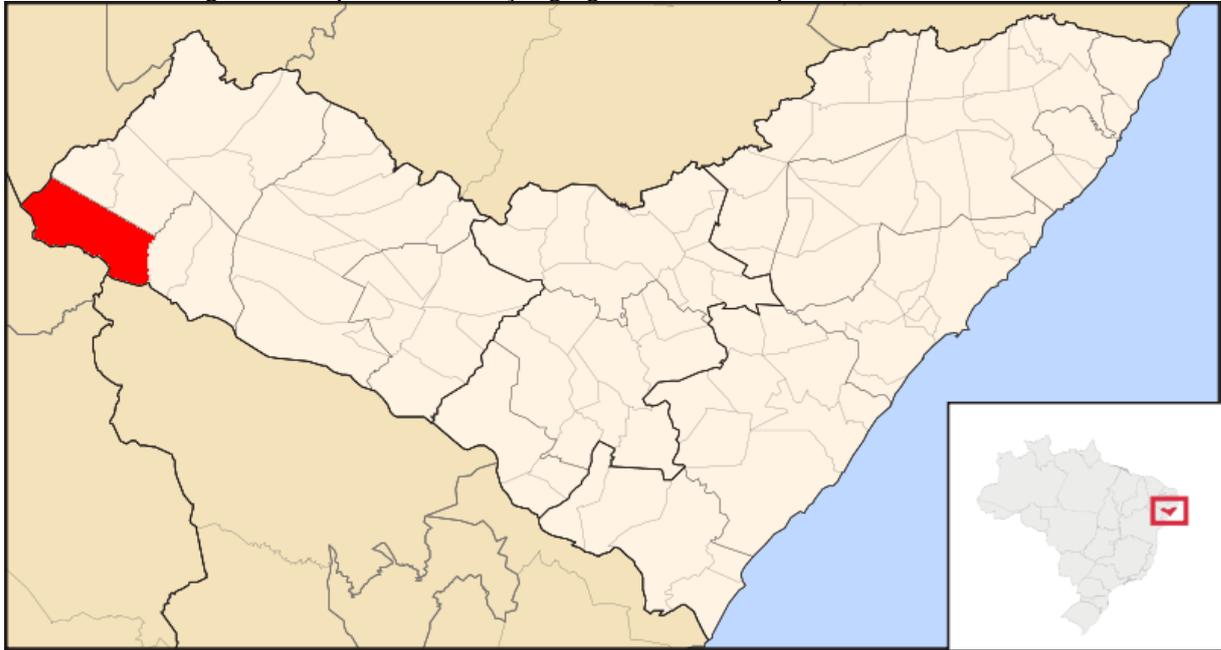
3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na sede do Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas, que está localizada na cidade de Delmiro Gouveia, na rodovia AL-145, km 3, nº 3849, Bairro Cidade Universitária, Mesorregião do Sertão Alagoano, Microrregião Alagoana do Sertão do São Francisco, extremo oeste do estado, fazendo fronteira com os estados da Bahia, Pernambuco e Sergipe e com os municípios alagoanos Água Branca, Olho D'Água do Casado e Pariconha.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), o município ocupa um território de 628,545km² e uma população estimada para o ano de 2020 de 52262

habitantes. O clima é classificado como semiárido quente, com uma pluviosidade média anual de 511mm e temperatura média anual de 25,4°C (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

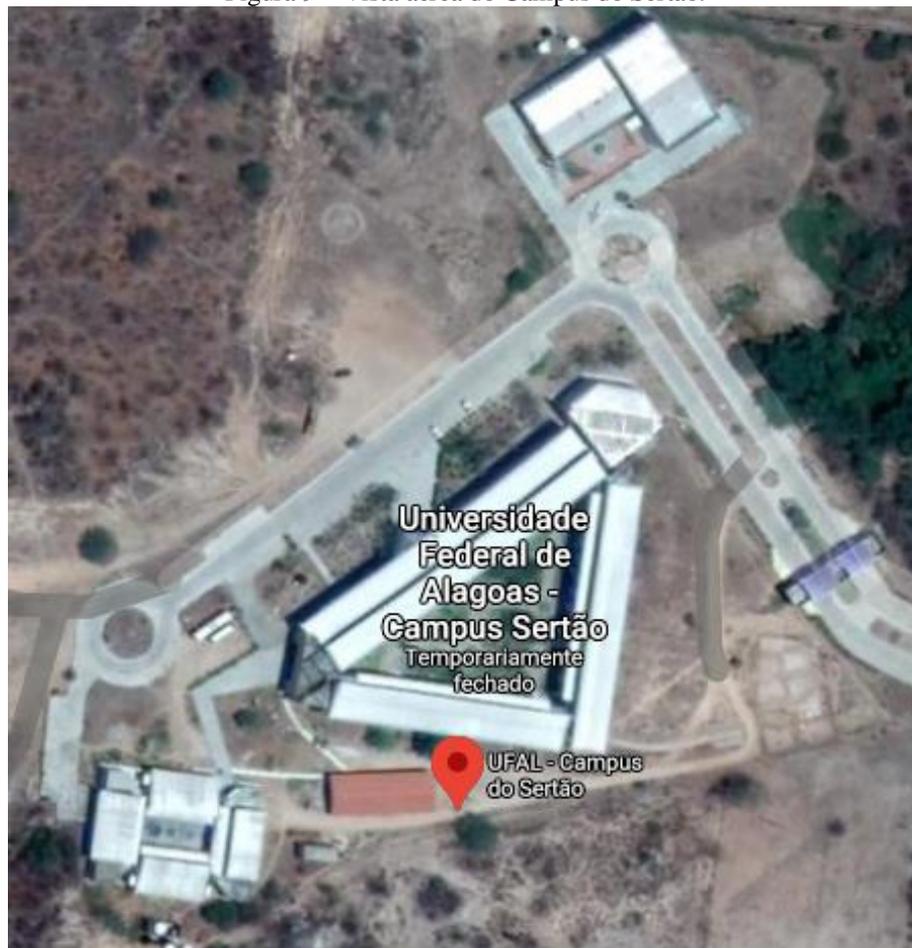
Figura 8 – Mapa com localização geográfica do município de Delmiro Gouveia.



Fonte: Wikimedia Commons, 2011.

O Campus do Sertão foi inaugurado em 15 de março de 2010 e no ano de 2019, a unidade educacional de Delmiro Gouveia reunia cerca de 1144 estudantes matriculados nos seis cursos de graduação ofertados: Engenharia Civil, Engenharia de Produção, Geografia, História, Letras e Pedagogia. Além do bloco principal, que compreende salas de aulas, laboratórios, salas de professores, biblioteca e departamento administrativo, o campus possui o prédio do Restaurante Universitário e o Bloco Anexo Mandacaru específico para a coordenação de infraestrutura, laboratórios e grupos de pesquisas, entretanto para essa análise serão considerados apenas os aparelhos instalados no bloco principal.

Figura 9 – Vista aérea do Campus do Sertão.



Fonte: Google Maps, 2020.

No ano de publicação do trabalho de Santos, A. *et al.* (2016), a universidade possuía 62 aparelhos ativos do modelo *split* de sete marcas e potências distintas. Atualmente, possui 85 aparelhos de ar condicionado de sete potências diferentes, distribuídos em dez marcas.

O volume de água gerado pelos aparelhos será destinado para suprir uma fração da irrigação do campus, visto que é uma das atividades que mais demandam água potável. Apesar disso, a atividade não é realizada diariamente, apenas três dias por semana (segunda, quarta e sexta-feira) e é fragmentada em duas áreas: (1) pátio interno, que é irrigado em sua maioria por aspersores; e (2) externo, por mangueiras e baldes.

As mangueiras são utilizadas para irrigar as vegetações próximas à universidade; já para as árvores mais distantes, é utilizado um sistema onde a distribuição decorre do uso de baldes, com capacidade de 7 litros para cada árvore. Em vista disso, foram locados tambores plásticos com capacidade para 200 litros e caixas d'água de 250 litros nas imediações do campus, para que a partir desses reservatórios, seja possível abastecer com a água por meio dos baldes.

Para atender à demanda da irrigação, faz-se necessário identificar o consumo dessa atividade. Souza *et al.* (2019) caracterizaram o consumo de água por atividade no Campus e quantificaram que a irrigação consome cerca de 4380,87L/dia de água potável, um montante que equivale a 21% do consumo total do campus.

3.2. Estimativa do volume gerado

A estimativa do volume¹ de água gerado por todos os aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão foi baseada no trabalho em que Santos, A. *et al.* (2016) realizaram na universidade. Os autores quantificaram o volume através de medições, utilizando galões de água mineral com capacidade para 20 litros. Esse método foi realizado para todos os tipos de potência de refrigeração (BTU) e executado nos três turnos com três coletas, por um período de 1 hora cada. Com os resultados obtidos das coletas, foram calculadas as médias dos volumes de água captada em cada aparelho por turno.

Neste caso, foi necessário retificar os dados referentes às vazões, de maneira que fossem atualizados para que se adequassem a realidade atual da universidade, levando em consideração as possíveis variações devido ao aumento na quantidade de aparelhos; a influência da umidade e pelo fato da produção diária ser diretamente proporcional ao uso do ar condicionado. Portanto, nessa análise serão utilizados diversos cenários para verificar o potencial do aproveitamento do volume diário.

3.3. Orçamento e análise da viabilidade econômica

Posteriormente ao dimensionamento do sistema de aproveitamento da água proveniente dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão, foi necessário realizar o levantamento dos custos de implantação desse sistema a fim de atestar a viabilidade econômica.

O orçamento foi realizado baseado na estimativa preliminar dos custos dos elementos que compõem o sistema. Para isso, realizou-se um inventário dos materiais a serem utilizados e custos de mão de obra. Desse modo, fez-se uma pesquisa de preço dos insumos e composições

¹ O período de construção desse trabalho aconteceu concomitantemente com a pandemia do novo coronavírus Sars-CoV-2, o que tornou inexecutável a coleta de dados referentes às vazões de água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão. Por esse motivo, a estimativa do volume gerado foi baseada em um trabalho desenvolvido na universidade e publicado por Santos, A. *et al.* (2016). Diante disso, houve a necessidade de corrigir os valores para que se adequassem a realidade atual da instituição e assim os objetivos dessa pesquisa fossem alcançados.

junto ao Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)² e do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE)³, onde são disponibilizados as informações e os índices para indicação do melhor custo; também foi fundamental consultar os fornecedores dos materiais, como a Leroy Merlin⁴, Pires Martins⁵ e Casa&Construção⁶.

Os custos de mão de obra com acréscimo dos encargos sociais, bem como os custos dos itens referentes à alimentação, equipamentos de proteção individual, exames médicos, ferramentas, seguros e transporte urbano estão incluídos nos valores de Encargos Sociais Complementares disponíveis nos valores de custos de materiais do SINAPI.

A economia, em reais, do consumo de água potável com a implantação do sistema de aproveitamento da água proveniente dos aparelhos de ar condicionado é dada através da Equação 1.

$$E = Vol \cdot T_{CASAL} \quad \text{Equação 1}$$

Onde

E → Economia mensal de água potável (R\$/mês);

Vol → Volume de água gerado por mês (m^3);

T_{CASAL} → Valor de água cobrado pela CASAL, variável por tipo e faixa de consumo (R\$/ m^3).

A estrutura tarifária de água pela Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL para a categoria pública está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura tarifária de água da CASAL para a categoria pública.

CATEGORIA		FAIXA	TARIFA (R\$/ m^3)
ÁGUA	PÚBLICA	Até 10 m^3	9,69
		Excedente	24,94

Fonte: CASAL, 2020.

A partir da determinação do custo total da obra, realizou-se a análise financeira por meio do cálculo do tempo de retorno do investimento utilizando o método do *payback* descontado.

² SINAPI – Tabela não desonerada de preços e custos da construção civil referente ao mês de agosto de 2020.

³ ORSE - Tabela não desonerada de preços referente ao mês de junho de 2020.

⁴ Informação fornecida pela empresa Leroy Merlin, em São Paulo/SP, em setembro de 2020.

⁵ Informação fornecida pela empresa Pires Martins, em Ribeirão Preto/SP, em setembro de 2020.

⁶ Informação fornecida pela empresa Casa&Construção, em São Paulo/SP, em setembro de 2020.

Esse método considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação no mercado financeiro, deslocando os fluxos a valor presente, para sucessivamente calcular o período de recuperação (FONSECA, 2010).

O tempo de retorno do investimento foi calculado através do *payback* descontado, dado pela Equação 2.

$$I_o \leq \sum_1^n \left[\frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} \right] \quad \text{Equação 2}$$

Em que

I_o → Investimento inicial;

B_n → Valores dos benefícios/economias ao longo do tempo;

C_n → Valores dos custos ao longo do tempo;

i → Taxa de atratividade (TMA);

n → Período para o retorno do investimento, dado em meses.

A TMA é a taxa que representa o retorno financeiro mínimo esperado que um investidor ou empresa deseja ganhar ao fazer um investimento. Para esse projeto foi adotada uma taxa igual a 2% ao ano (0,1667% ao mês), correspondente à Taxa Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) do mês de agosto definida pelo Comitê de Política Monetária (COPOM), órgão do Banco Central.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Estimativa do volume gerado

Para determinar o volume gerado de água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado, foi realizado um levantamento quantitativo, a fim de atualizar os resultados obtidos por Santos, A. *et al.* (2016). Na Tabela 2, estão dispostas as marcas nomeadas por algarismos arábicos com suas respectivas potências e quantidades.

Tabela 2 – Quantidade de aparelhos com suas respectivas potências de refrigeração (BTU).

Marca	Potência	Quantidade
1	9000 BTU	4
2	9000 BTU	1
3	12000 BTU	5
4	12000 BTU	2
5	12000 BTU	2
6	12000 BTU	2
7	18000 BTU	6
8	18000 BTU	1
9	18000 BTU	2
10	18000 BTU	1
11	24000 BTU	1
12	24000 BTU	1
13	24000 BTU	2
14	24000 BTU	24
15	24000 BTU	1
16	30000 BTU	3
17	48000 BTU	2
18	60000 BTU	2
19	60000 BTU	7
20	60000 BTU	16
TOTAL DE APARELHOS		85

Fonte: Autor, 2020.

No recente levantamento da quantidade de aparelhos, verificou-se que o Campus do Sertão possui 85 aparelhos ativos, enquanto que no ano de publicação do trabalho de Santos, A. *et al.* (2016), a universidade possuía 62 aparelhos ativos que produziam cerca de 1,44m³ de água por dia, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Volume de água obtido através dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão.

	Dia	Mês (28 dias)	Mês (30 dias)	Mês (31 dias)
Volume	1,44m ³	28,80m ³	31,68m ³	33,12m ³

Fonte: Santos, A. *et al.*, 2016.

Santos, A. *et al.* (2016) consideraram 13,5h de funcionamento para os aparelhos de ar condicionado, com os intervalos de 7:30 às 12:30, de 13:30 às 18:30 e de 19:00 às 22:30. A vazão e o volume dos aparelhos para cada turno está representado na Tabela 4.

Tabela 4 – Vazão e volume dos aparelhos de ar condicionado para cada turno.

	Vazão (m³/s)	Volume (m³)
Manhã	0,00003027	0,544860
Tarde	0,00003040	0,547200
Noite	0,00002757	0,347382

Fonte: Adaptado de Santos, A. *et al.*, 2016.

Diante do aumento do número de aparelhos em um período de 4 anos e das possíveis variações que o volume possa sofrer, principalmente pelas influências externas, como a umidade e o uso contínuo do ar condicionado, esse estudo avaliou a viabilidade de projeto utilizando um volume entre 1,2 e 1,8m³ gerado por dia.

4.2. Concepção do projeto

Normalmente, a eficiência de um sistema está diretamente ligada ao dimensionamento da coleta e armazenamento. Para isso, o projeto de reuso de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado foi desenvolvido de acordo com a NBR 5626 de Instalações Prediais de Água Fria (ABNT, 2018).

O sistema de aproveitamento inicia-se com a captação de água dos drenos através de mangueiras com diâmetro de 25mm, que direcionam até o reservatório de polietileno, a fim de destiná-la para atender uma parcela da demanda da irrigação.

O diâmetro das mangueiras foi adotado de acordo com os drenos dos aparelhos de ar condicionado da universidade, visando o melhor encaixe para que não haja vazamentos. Além disso, é necessário utilizar abraçadeiras de 25mm para fixar as mangueiras nas paredes e no piso, evitando danos e/ou desconexões.

O volume do reservatório foi definido a partir da estimativa de volume diário apresentado por Santos, A. *et al.* (2016). Para o projeto, foi adotada a produção referente a dois

dias, visto que a irrigação é realizada três vezes por semana, resultando em um reservatório de polietileno de 3000L. A utilização do material para o reservatório traz inúmeras vantagens para o projeto, entre elas: instalação e manutenção simples; boa durabilidade e preços parcimoniosos.

O reservatório ficará localizado na parte externa da universidade, próximo à entrada, e será semienterrado, visto que o nível do solo é inferior ao piso da instituição. Sendo assim, as condições são favoráveis para o escoamento por gravidade.

A Figura 10 mostra a localização para implantação do reservatório.

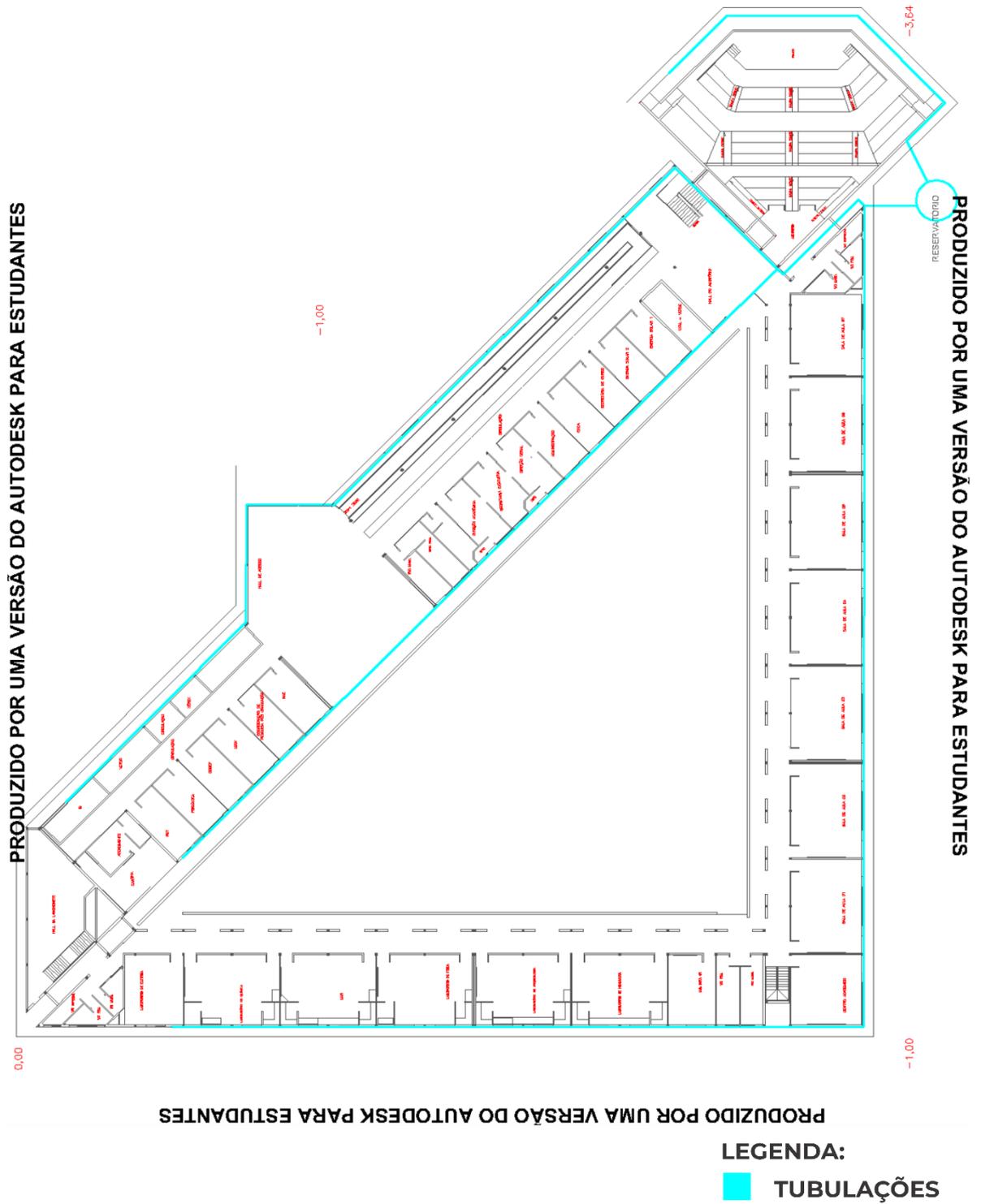
Figura 10 – Localização do reservatório.



Fonte: Adaptado de Sertão na hora, 2016.

A Figura 11 traz o croqui do percurso que as mangueiras farão pela universidade até o reservatório na área exterior.

Figura 11 – Croqui do projeto
PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES



Fonte: Autor, 2020.

4.3. Orçamento e análise da viabilidade econômica

Para determinar o custo total de implantação do sistema, foi realizado o levantamento de materiais e mão de obra necessários para a execução do projeto. A Tabela 5 apresenta o orçamento do projeto.

Tabela 5 – Orçamento do projeto.

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Referência	Data	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
1	Limpeza manual de vegetação em terreno com enxada	m ²	16	SINAPI	ago/20	R\$2,05	R\$32,80
2	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30m	m ³	6,99	SINAPI	ago/20	R\$56,57	R\$395,42
3	Caixa d'água em polietileno 3000L com tampa - FORTLEV	Um	1	Leroy Merlin	set/20	R\$1.579,90	R\$1.579,90
4	Mangueira de plástico PVC transparente 1" x 2,0mm	M	820	ORSE	jun/20	R\$4,50	R\$3.690,00
5	Abraçadeiras tipo U 3/4' – INCA	Um	250	Pires Martins	set/20	R\$0,18	R\$45,00
6	Joelho 90 graus, PVC, soldável, DN 25mm, marrom – FORTLEV	Um	4	Casa&Construção	set/20	R\$0,79	R\$3,16
7	Tê, PVC, soldável, DN 25 mm, marrom – FORTLEV	Um	83	Casa&Construção	set/20	R\$1,09	R\$90,47
8	Pedreiro	H	16	SINAPI	ago/20	R\$14,15	R\$226,40
9	Servente de obras	H	16	SINAPI	ago/20	R\$10,26	R\$164,16
						TOTAL	R\$6.227,31

Fonte: Autor, 2020.

O custo total de construção do sistema é de R\$ 6.227,31, que trará uma economia mensal de água potável de R\$790,10. A viabilidade do sistema está associada ao tempo de retorno do investimento. Com isso, foi calculado o *payback* para o volume diário de 1,44m³ encontrado por Santos, A. *et al.* (2016). O resultado está disposto na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – *Payback* para o volume diário estimado por Santos *et al.* (2016).

Mês	Fluxo	Fluxo descontado	Saldo
0	- R\$6.227,31	- R\$6.227,31	- R\$6.227,31
1	R\$790,10	R\$788,78	- R\$5.438,53
2	R\$790,10	R\$787,47	- R\$4.651,06
3	R\$790,10	R\$786,16	- R\$3.864,90
4	R\$790,10	R\$784,85	- R\$3.080,04
5	R\$790,10	R\$783,55	- R\$2.296,49
6	R\$790,10	R\$782,24	- R\$1.514,25
7	R\$790,10	R\$780,94	- R\$733,31
8	R\$790,10	R\$779,64	R\$46,34
9	R\$790,10	R\$778,35	R\$824,68

Fonte: Autor, 2020.

O *payback* para este caso é de 7,94 meses, o que significa que o projeto apresenta uma solução simples e de baixo custo com um retorno rápido, que contempla cerca de 32,87% da demanda diária da irrigação da universidade, visto que esta é uma das atividades com um dos maiores índices de consumo de água potável.

Diante disso, foi calculado o tempo de retorno para o mesmo sistema com variação no volume diário de água produzido pelos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão. Essa variação equivale aos valores entre 1,2 e 1,8 m³ por dia.

Considerando 22 dias de uso por mês, encontrou-se o volume mensal para que posteriormente fossem determinados as economias mensais e os *paybacks*. A Tabela 7 apresenta o tempo de retorno de seus respectivos volumes diários.

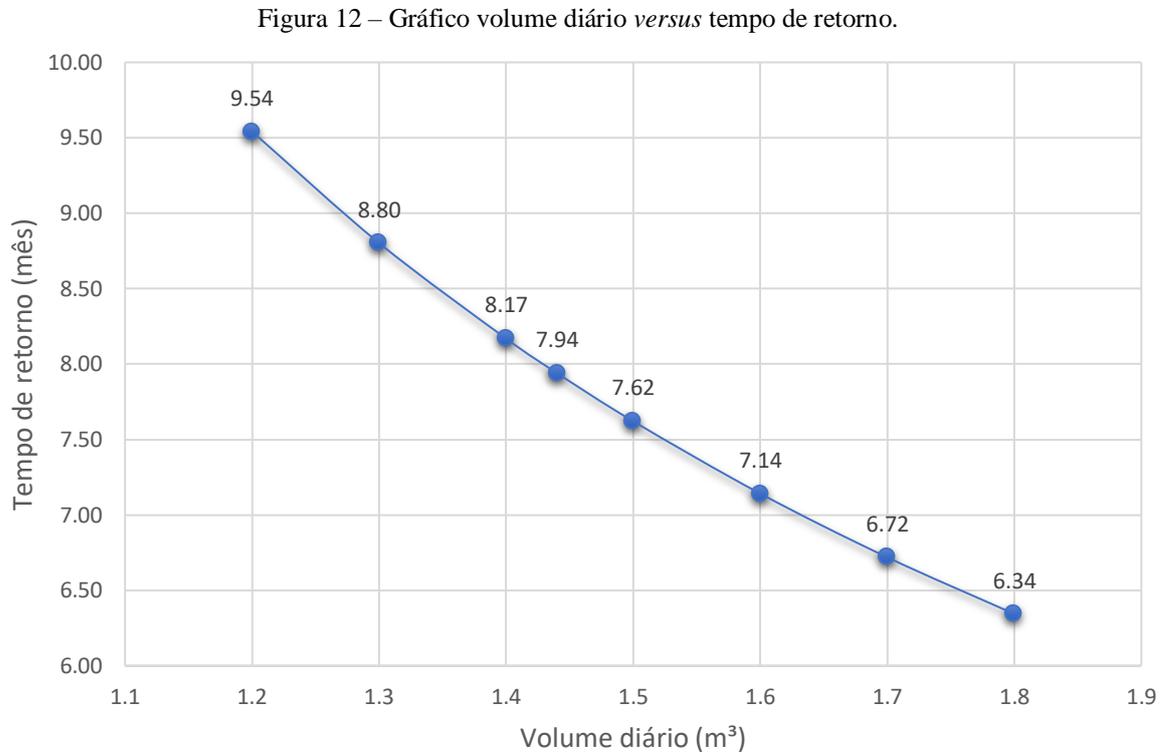
Tabela 7 – Tempo de retorno para cada volume diário estimado.

Volume diário (m ³)	Volume mensal (m ³)	Economia Mensal	<i>Payback</i> (meses)
1,2	26,4	R\$658,42	9,54
1,3	28,6	R\$713,28	8,80
1,4	30,8	R\$768,15	8,17
1,44	31,68	R\$790,10	7,94
1,5	33	R\$823,02	7,62
1,6	35,2	R\$877,89	7,14
1,7	37,4	R\$932,76	6,72
1,8	39,6	R\$987,62	6,34

Fonte: Autor, 2020.

A partir do resultado exposto na Tabela 7, foi possível traçar o gráfico volume diário *versus* tempo de retorno, onde pode-se observar que as variáveis são inversamente

proporcionais, ou seja, à medida que a produção de água pelos aparelhos intensifica, o tempo de retorno decresce. A Figura 12 ilustra o gráfico.



Fonte: Autor, 2020.

O *payback* desse projeto dar-se-á em menos de um ano de implantação. Com base nos dados, é possível afirmar que a instalação do sistema atende aos quesitos técnicos e financeiros, além da contribuição ao meio ambiente, possui um rápido tempo de retorno do investimento.

5. CONCLUSÃO

5.1. Conclusões gerais

A quantidade de água gerada pelo funcionamento dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão atende cerca de 32,87% da demanda da irrigação, reduzindo o montante do consumo de água potável destinada para essa atividade. Além disso, o sistema se mostra eficiente e de baixo custo de implantação, com um retorno rápido entre 7 e 10 meses.

O emprego de fontes alternativas de água é uma ferramenta importante contra a escassez hídrica. Entre as vantagens estão a diminuição do consumo e do desperdício, redução do volume de esgoto, custos com água e energia. Além disso, contribui para limitar o uso da água tratada para fins menos nobres e não potáveis.

Ao avaliar a viabilidade deste projeto, deve-se considerar não somente o fator econômico, mas também é preciso associá-lo ao benefício socioambiental. A execução de práticas sustentáveis dentro de uma instituição de ensino superior pode transformá-la em um modelo perante a sociedade.

5.2. Limitações encontradas

Durante a execução dessa pesquisa, foram encontradas algumas limitações que impossibilitaram a obtenção de dados mais precisos. As principais dificuldades foram:

- Devido a pandemia do novo coronavírus Sars-CoV-2, foi impossível realizar as medições das vazões dos aparelhos, por este motivo foram utilizadas estimativas;
- A imprecisão dos dados utilizados, visto que a vazão da água produzida pelo ar condicionado sofre influência do sistema de drenagem, idade e manutenção do aparelho, da potência, da umidade do ar de cada região, da interferência da movimentação de entrada e saída de pessoas do ambiente e da frequência de uso.

5.3. Sugestões para trabalhos futuros

O presente trabalho buscou instigar o uso dessa fonte alternativa de água e contribuir com suas informações para estudos futuros. Por esse motivo, para pesquisas de trabalhos semelhantes e obtenção de dados mais precisos, são sugeridas as seguintes considerações:

- Medir as vazões considerando os fatores que influenciam;
- Analisar a qualidade da água para o uso em outros fins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019** – Informe anual. BRASILIA – DF.

ANDRADE, S. L. P. **Dimensionamento de cisternas tipo calçada associado à variabilidade pluviométrica: estudo de caso no município de Delmiro Gouveia - Alagoas**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Alagoas, Campus do Sertão – Bacharelado em Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, AL, 2015. 47f.

ANTONOVICZ, D.; WEBER, R. G. B. **PMOC - Plano de Manutenção Operação e Controle - nos condicionadores de ar do Campus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. TCC – Curso de graduação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2013. 60 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5626: *Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro, 2018.

BOLINA, C. C.; RODRIGUES, A. L.; GOMES, M. I. L.; SARDINHA, G. O. M.; FÉLIX, M. V. **Reuso de água de dreno de ar condicionado para fins não potáveis. Reuse of drain water for non-potable purposes**. ENGEVISTA, v. 19, n.5, p. 1387-1400, dez. 2017.

CORREIA, L. M. A. M.; SOUZA, B. P; COELHO, E. S; SILVA, M. K. G.; LIMA, S. G.; PEREIRA, T. A. S. **Análise dos Investimentos em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial nas Cidades do Sertão Alagoano**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. Paranoá XX, 2018.

CLIMATE-DATA.ORG. Delmiro Gouveia Clima. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/alagoas/delmiro-gouveia-42941/>. Acesso em: mar. 2020.

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. **Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água**. RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental. set. 2009, v.3, n.3, p. 4-19.

FERREIRA, E. P.; LOSS, J. B.; IANKE, M. K.; GARCIA, D. M. N. **Avaliação do uso alternativo de água condensada por aparelhos de ar condicionado na produção de mudas de pimentão**. XIV Simpósio de Recursos Hídricos Do Nordeste. XII ENAU - Encontro Nacional de Águas Urbanas. Maceió/AL. 2018. 7p.

FONSECA, Y. D. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. p.11, 2010.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. W. C. F. P. M. G.; FERNANDES, J. G. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. XII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2015. 16 p.

Formas de Reuso de Água. EOS Organização e Sistemas Ltda, 2020. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/formas-de-reuso-de-agua/>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

FREIRE, J. **Sistema reaproveita água de ar condicionado dos ônibus da UFAL**. Maceió: UFAL, 2015. Disponível em: <<http://www.ufal.edu.br/noticias/2015/04/sistema-reaproveita-agua-de-ar-condicionado-dos-onibus-da-ufal>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

GONÇALVES, L. P. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Anhembí Morumbi no âmbito do Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental. São Paulo. 2005. 100 p.

GONÇALVES, O. M. et al. **Conservação e Reuso de água em edificações**. São Paulo: MMA/ANA/FIESP/SindusCon-SP, Prol Editora Gráfica, 2005.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

HAFNER, A. V. **Conservação e Reuso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais**. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2007. 161 p.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. M.; **Conservação e reuso de água - Manual de Orientações para o Setor Industrial** – v. 1 - Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP/CIESP, 2005, 90 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2017). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/delmiro-gouveia.html>. Acesso em: set. 2020.

MARINHO, D. S. **Análise quantitativa da vazão da água condensada em aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil. Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018. 58 f.: il.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana**. Water resources deterioration and its impact on human health. Rev. Saúde Pública, 2002.

NUNES, R. T. S. **Conservação da Água em Edifícios Comerciais: Potencial de uso racional e reuso em shopping center**. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2006. 144 p.

OLIVO, A. M.; ISHIKI, H. M. **Brasil frente à escassez de água**. Colloquium Humanarum, Presidente Prudente, v. 11, n. 3, p.41-48, set/dez 2014. DOI: 10.5747/ch.2014.v11.n3.h170

PAIXÃO, L. M. D. **Impactos da escassez de água na economia**. Impacts of water shortage in the economy. Resolução - Revista de Direito e Ciências Gerenciais. v 01. n 01. nov/2016

PETERS, M. R. **Potencialidade do uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PIMENTA, P. L. **Análise quantitativa do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado do Centro de Tecnologia da UFRN**. Artigo científico (Graduação) -

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil. Natal, RN, 2016. 16 f.: il.

REAL, J. L.; CORREA, A. C. S. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017. 8p. Florianópolis – SC.

ROCHA, D. P. B. **Sistema de reuso de água proveniente de aparelhos de ar condicionados para fins não potáveis: estudo de caso aplicado ao Centro de Tecnologia da UFRN**. Artigo científico (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Natal, RN, 2017. 19 f.: il.

RODRIGUES, J. O. N.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; SILVA, T. C. **Análise quali-quantitativa da água condensada gerada por aparelhos de ar-condicionado**. 11º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2019. 10p.

SANTOS, A. C. S. dos; MAIA, T. M. P.; KROM, V. **Água: uma fonte de vida que vem causando preocupações**. VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós- Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2004. p. 695-700.

SANTOS, A. S.; ARAÚJO, G.; LIMA, I. E. P.; QUEIROZ, J. N.; OLIVEIRA NETTO, A. P. **Quantificação da água de condicionadores de ar no Campus do Sertão da UFAL: promovendo uma relação entre a engenharia e a sustentabilidade**. XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE, 27 a 30 de setembro de 2016 UFRN / ABENGE. 10p.

SANTOS, F. S.; OLIVEIRA, G. S.; ROSA, K. S.; SOARES, M. C. R. **Desenvolvimento de um sistema de captação e uso de água de condensadores de ar para a Faculdade Multivix – Campus Nova Venécia**. Nova Venécia – Espírito Santo, 2016. 14p.

SANTOS, A. L. A.; BOMFIM, V. M. S.; COSTA, S. C.; FREITAS, G. O.; SCHNEIDER, E. H. M. **Reuso de água de condensadores de ar condicionado: uma realidade possível para ao Centro de Vivência da Universidade Federal de Sergipe, campus São Cristóvão**. XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe - 18 a 22 de março de 2019, Aracaju/SE. 5p.

SILVA, J.; SOUSA, B. A. A.; SILVA, E. S.; BEZERRA, F. F. P.; SILVA, V. V. L. **Aproveitamento das fontes hídricas alternativas do IFPB Campus Cajazeiras (PB) – Enfoque na sustentabilidade.** IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. São Bernardo do Campo/SP – 26 a 29/11/2018. 6 p

SOUZA, B. P.; CORREIA, L. M. A. M.; SILVA, M. K. G.; LIMA, S. G.; PEREIRA, T. A. S. **Análise do impacto do aproveitamento de água pluvial no sistema coletivo do sertão alagoano.** V Semana de Engenharia – Campus do Sertão – Delmiro Gouveia-AL. 2018.

SOUZA, B. P.; ALCÂNTARA JÚNIOR, A. C.; SOUZA, A. G. S.; PEREIRA, T. A. S. **Consumo de água em ambientes universitários: aplicação no Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas.** XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 24 a 28/11/2019. 10 p

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos.** Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos – SP, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água.** São Paulo: Navegar, 2001.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto. 6º simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva.** Belo horizonte – MG, 09 a 12 de julho de 2007.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos,** 2018.