



Reservatório para reutilização da água de ar-condicionado: inovação e sustentabilidade em edificação universitária

Júlio César de Lima Nascimento¹, Luanna Victória de Sousa Ribeiro², Maria Fernanda dos Santos Silveira³, Maria Paula Lemos de Novaes Silva⁴, Virna Alves de Araújo⁵, Micaella Raíssa Falcão de Moura⁶, Anna Elis Paz Soares⁷, Simone Rosa da Silva⁸, Pedro Eugênio Silva de Oliveira⁹

^{1,2,3,4,5} Departamento de Engenharia Civil Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco (UPE) – Recife, PE – Brasil

^{6,7,8,9} Professores Doutores- Departamento de Engenharia Civil- Escola Politécnica de Pernambuco Universidade de Pernambuco (UPE) – Recife, PE – Brasil

jcln@poli.br, lvdsr@poli.br, mfss3@poli.br, mplns@poli.br,
vaa2@poli.br, micaella.raissa@upe.br, anna.soares@poli.br,
simonerosa@poli.br, pedro.oliveira@poli.br

Resumo. A água é um elemento vital para a vida dos seres vivos na Terra, sendo necessária não apenas para o consumo humano, mas também para outros diversos tipos de atividades. O objetivo deste trabalho é a criação de um protótipo de reservatório inferior para reaproveitar a água desperdiçada por aparelhos de ar-condicionado da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE), a fim de utilizar esse recurso para fins de irrigação e limpeza dentro da própria instituição. A metodologia incluiu coleta de dados, modelagem e renderização do protótipo, quantificação do produto e discussão dos resultados; sendo utilizados os softwares Revit e Twinmotion e o uso de VANT. Foi dimensionado e modelado o protótipo do reservatório inferior com dimensões 2,00 x 3,00 x 3,50 m. O orçamento detalhado confirma a viabilidade econômica da implementação do sistema proposto, sendo estimado o valor de R\$ 21.523,30 para construção do reservatório.

Abstract. Water is a vital element for the life of living beings on Earth, being necessary not only for human consumption but also for other activities. This work aimed to create a prototype of an underground reservoir to reuse water wasted by air conditioning units at the Polytechnic School of Pernambuco (POLI-UPE), to use this resource for irrigation and cleaning purposes within the institution itself. The methodology included data collection, modeling, and rendering of the prototype, product quantification, and results discussion; the Revit and Twinmotion software's were used and VANT images. The underground reservoir prototype was dimensioned and modeled with dimensions of 2.00 x 3.00 x 3.50 m. The detailed budget confirms the economic viability of implementing the proposed system, with an estimated cost of R\$ 21,523.30 for the reservoir construction.

1. Introdução

A água é um elemento vital para a vida do ser humano na Terra, sendo utilizada não apenas para o consumo humano, mas também para atividades agrícolas, industriais e manutenção de ecossistemas saudáveis (Bernardes, 2009). Entretanto, o aumento do consumo desse recurso tão importante para a sociedade fez com que a necessidade do reuso planejado se tornasse uma prioridade (Damico e Sleiman, 2016).

Diante desse cenário, o uso racional da água é primordial e pode ser alcançado a partir das práticas, métodos e inovações que visam otimizar a eficiência do seu uso. Nos últimos anos, tem sido percebido um aumento significativo da procura por tecnologias que possibilitam o reaproveitamento desse recurso (Fortes, Jardim e Fernandes, 2015).

Com base nisso, uma alternativa ideal é o reaproveitamento da água que provém dos aparelhos de ar-condicionado, utilizados em grande escala em prédios institucionais. A partir do uso desses equipamentos, é gerado um resíduo por gotejamento desse elemento, muitas vezes ocasionado pela falta de limpeza e manutenção dos sistemas de refrigeração, de forma que o processo de drenagem da água é comprometido e causa o desperdício do recurso. Ademais, é válido ressaltar que essa problemática, consequentemente, ocasiona manifestações patológicas, tais como a presença de agentes biológicos, manchas, fissuras ou trincas.

No Recife, a Lei nº 14.903/1986 estabelece penalidades para o despejo de água em vias e logradouros públicos, prática comum em edificações com aparelhos de ar-condicionado. Contudo, falhas na fiscalização fazem com que esse descarte continue ocorrendo, resultando em desperdício de água e em danos às áreas próximas às edificações. Nesse contexto, estudos como os de Silva, Soares e Nunes (2021) têm evidenciado o potencial do reuso da água proveniente de aparelhos de ar-condicionado como solução viável para mitigar esses impactos e promover maior sustentabilidade no uso dos recursos hídricos..

Neste contexto, diante da crescente escassez de água e da necessidade de gestão sustentável, o objetivo deste trabalho é a criação de um protótipo de reservatório inferior para reaproveitar a água desperdiçada por aparelhos de ar-condicionado da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE), localizada no bairro da Madalena, Recife-PE, a fim de utilizar esse recurso para fins de irrigação e limpeza dentro da própria instituição. A proposta se faz ainda mais relevante considerando o fato de se tratar de uma edificação pública de ensino superior em engenharia, alinhando-se a Agendas como a Agenda 2030 e seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

2. Metodologia

Foi realizada uma análise da água expelida pelas condensadoras dos ar-condicionados em uso do Bloco C na instituição pública da Escola Politécnica de Pernambuco, localizada na RMR (Região Metropolitana do Recife).

A pesquisa teve caráter aplicado, ou seja, focou nos problemas enfrentados nas atividades de instituições, organizações, grupos ou indivíduos sociais. Tem como objetivo desenvolver diagnósticos, identificar questões e encontrar soluções. Ela atende a uma necessidade específica de clientes, atores sociais ou instituições, conforme apontado por Thiollent (2009).

Para execução deste trabalho, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- *Software* Revit;
- *Software* Twinmotion;
- Béquer de 1000 ml.
- VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado)

O trabalho foi dividido em cinco etapas: Coleta de dados, modelagem do protótipo, renderização do protótipo, quantificação do produto e análise de resultados, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa

2.1. Coleta de dados

Por meio do setor D.A.T.P. (Departamento de Apoio Técnico e Pedagógico), foram coletadas informações acerca da: quantidade de aparelhos condicionadores ativos, suas potências (em BTU's) e a quantidade de água, em L/h (Litro por hora), desperdiçada. Com o suporte do Setor de Engenharia, foram capturadas imagens da fachada posterior do Bloco C (Figura 2) por meio da utilização do VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado). Ademais, foram fornecidas informações acerca dos caminhamentos de tubulações de drenagem incorretos presentes na edificação.



Figura 2. Fachada posterior do bloco C com condensadoras anexadas

PROJEÇÃO RESERVATÓRIO

BLOCO A

BLOCO B

BLOCO C

BLOCO D

BLOCO E

BLOCO F

BLOCO G

BLOCO H

MUSEU

JARDIM

PÁRQUEO

CÁMERA

ESC. 1/500

RCT V.11 (2025)

Em seguida, foi realizado um teste (Figura 4), com o auxílio do béquer de 1000 ml disponibilizado pelos responsáveis do Laboratório de Mecânica dos Solos, a fim de comprovar que a quantidade de água expelida pelos aparelhos de ar-condicionado é de 3 a 6 L/h, haja vista que essa informação havia sido previamente informada pelo Setor de Engenharia da Escola Politécnica de Pernambuco. Para realização do teste, foi feita a coleta de água expelida por um dos equipamentos, com potência de 30000 BTU's, em uso durante um período de 1 (uma) hora, de forma que o dado prévio foi confirmado com o resultado obtido, sendo esse de aproximadamente 3L.



Figura 4. Teste de coleta da água expelida pelo aparelho de ar-condicionado

A partir desse resultado, foram estimados os seguintes valores para a quantidade de água expelida, em uma hora, dos aparelhos dependendo de sua potência (Tabela 1). Com isso, foi possível quantificar o total de água expelida por hora, diária, semanalmente e mensalmente.

Tabela 1. Quantidade de água expelida pelos aparelhos em L/h

Potência (BTU's)	Quantidade de água expelida (L/h)
60.000	6
30.000	3
24.000	2,4
22.000	2,2
12.000	1,2
9.000	0,9

Após isto, foi identificada que a quantidade de água produzida por uma máquina, multiplicada por cada máquina existente em apenas um bloco, tem um desperdício equivalente a uma quantidade necessária para reuso. Sendo assim, propôs-se o redirecionamento da água desperdiçada, a qual ainda contribui para produção de bolor em salas que se encontram próximas ao local dos drenos dessas máquinas (Figura 5). A infiltração da água do dreno faz com que o solo fique encharcado, já que não existe

caminhamento correto para captação. Adicionalmente, a ação da capilaridade nas paredes periféricas do edifício torna as salas mais próximas a estas paredes inválidas para uso, já que o bolor acarreta problemas na circulação do ar, prejudicando a saúde de quem inala ou entra em contato.

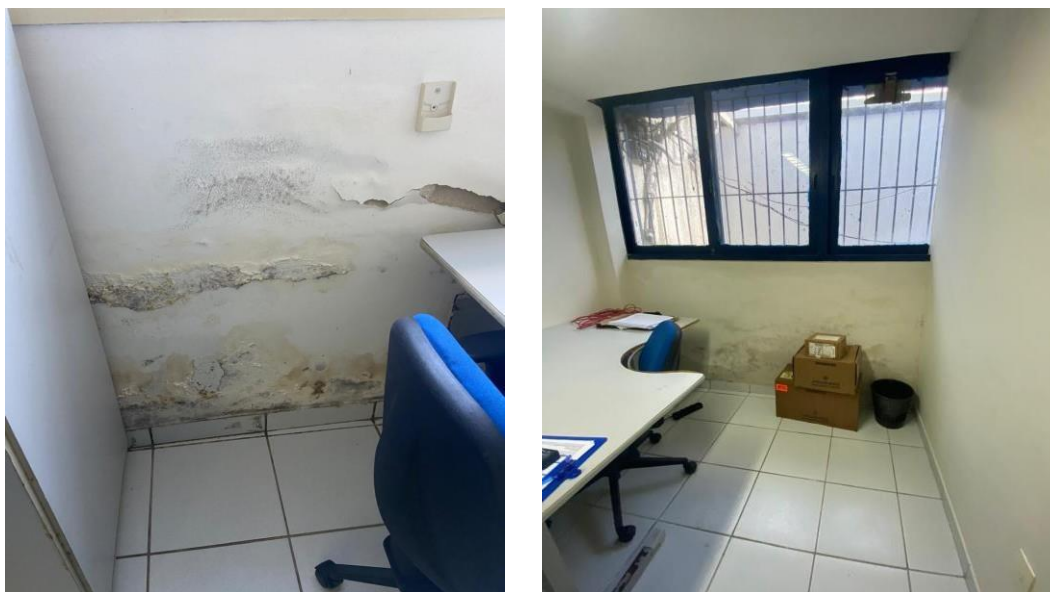


Figura 5. Salas Inutilizadas Devido ao Bolor

Conforme dito anteriormente, o DATP forneceu quantitativo acerca dos ar-condicionados presentes no bloco C, além de suas respectivas locações e potências, a fim de ser determinado o volume produzido por todos os maquinários em função da quantidade existente detalhada dos fabricantes dos materiais, diâmetro e quantidade das tubulações e volume do reservatório.

É válido pontuar que foram coletadas informações acerca do consumo mensal de água na universidade, a fim de verificar se o reservatório será suficiente para auxiliar nas demandas de uso de irrigação e limpeza.

2.2. Modelagem do protótipo do reservatório inferior

Para desenvolver o protótipo idealizado, foi realizada a modelagem da arquitetura e da estrutura do Bloco C, incluindo a integração das condensadoras necessárias para atender às demandas das salas presentes. Para esse processo, utilizou-se o Revit, um *software* que possibilita a definição de parâmetros específicos para determinar a potência das máquinas, além de quantificar o trajeto das tubulações responsáveis por captar a água antes desperdiçada, direcionando-a ao reservatório correspondente.

Para modelagem do reservatório planejado, foram obtidas informações relacionadas ao dimensionamento, à capacidade necessária, às dimensões do espaço disponível e aos requisitos do sistema hidráulico. Considerou-se ainda, juntamente aos parâmetros do sistema de climatização da Universidade, a quantidade de água produzida por cada ar-condicionado que será coletada e armazenada, bem como a sua respectiva potência.

O reservatório de água modelado foi assim interligado ao sistema hidráulico, de modo a haver a captação, armazenamento e reaproveitamento da água.



2.3. Renderização do protótipo

A visualização tridimensional do modelo foi realizada com o *software* Twinmotion, permitindo uma renderização detalhada com pontos de condensadoras, bem como os acessórios do sistema de climatização em relação ao terreno e à estrutura do bloco na modelagem. Desse modo, facilitando a análise da disposição das tubulações e do reservatório baseados em normas técnicas e relacionadas ao terreno e à estrutura do bloco.

2.4. Quantificação do produto

A extração dos quantitativos foi realizada por meio das planilhas integradas ao Revit, com os dados sendo posteriormente exportados para o Excel para análise e organização detalhada dos fabricantes dos materiais, diâmetro e quantidade das tubulações e volume do reservatório.

3. Resultados

A seguir, na Tabela 2, é apresentado, de forma sintetizada, o quantitativo acerca dos aparelhos dos ares-condicionados presentes no bloco C. Através dessas informações, foi possível determinar o volume produzido por todos os maquinários em função da quantidade existente detalhada dos fabricantes dos materiais, diâmetro e quantidade das tubulações e volume do reservatório.

Tabela 2. Informações sintetizadas acerca dos aparelhos de ar-condicionado do Bloco C


Potência (BTU)	Quantidade de Máquinas
7.000	1
7.500	4
9.000	33
12.000	15
18.000	4
22.000	5
24.000	6
30.000	4
60.000	3
75.000	1

A partir dessa coleta, foi possível fazer a medição do quantitativo total por hora, diário, semanal e mensal da água expelida pelos ares-condicionados, sendo as seguintes: 107.3 L/h, 858.4 L/dia, 4.292 L/semana e 17.168 L/mês. Ademais, é válido ressaltar que o horário de funcionamento das salas do Bloco C totalizam em aproximadamente 8h por dia, levando em consideração que os cálculos foram feitos com base nesta informação.

Desse modo, foi dimensionado e modelado o protótipo do reservatório inferior, comprovando assim que as dimensões 2,00x3,00x3,50m são suficientes para armazenar o quantitativo de água proveniente dos aparelhos de ar- condicionado.

[illegible]

(30)

PROJETO	
	
LUGAR: BUCARICI	
PROJETO: Engenharia de Construção	
PROJETO: ENG. CIVIL	PROJETO: ENG. CIVIL
PROJETO: ENG. CIVIL	PROJETO: ENG. CIVIL
PROJETO: Engenharia, S.A.	

RCT v.11 (2025)

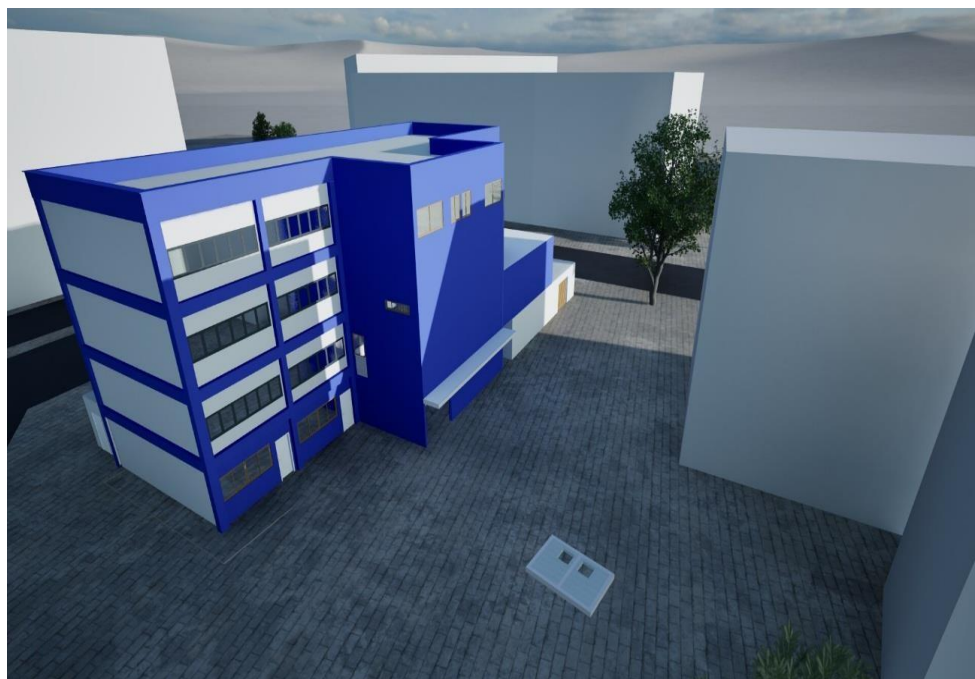


Figura 8. Renderização do Bloco C com localização do reservatório pelo Twinmotion

Em seguida, o modelo permitiu, ainda, a quantificação precisa dos materiais necessários para a sua execução, sendo peça-chave para otimização do uso dos recursos e garantia da viabilidade financeira do projeto.

A partir da coleta de dados acerca do consumo mensal de água na universidade, foi verificado que o somatório de água consumida no ano de 2024 totalizou em 6132 m³, que equivale a 6.132.000 L. A média mensal de conta de água pela COMPESA (Companhia Pernambuco de Saneamento) fica em torno de, aproximadamente, 5000 R\$/mês, sendo válido ressaltar que nos meses de outubro, setembro e agosto houve um aumento do consumo e conta de água decorrente a um vazamento na instituição (Tabela 3).

Tabela 3. Histórico do Volume da Ligação de Esgoto

Histórico do Volume da Ligação de Esgoto	
Mês/Ano	Consumo m ³
10/2024	949
09/2024	1078
08/2024	1360
07/2024	493
06/2024	479
05/2024	343
04/2024	286
03/2024	429

Com base na informação anterior, é evidenciado que o detalhamento do orçamento, na Figura 9, confirma a viabilidade econômica da implementação do sistema,



juntamente com os cálculos indicando que a quantidade de água disponível será suficiente para atendimento das necessidades do reservatório.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA									
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO									
OBRA: DRENAGEM DOS ARES-CONDICIONADOS DO BLOCO C									
LOCAL: RECIFE, PERNAMBUCO									
DATA: 10/11/2024									
REFERÊNCIAS UTILIZADAS SINAPI - 10/10/2024									
BDI= 25%									
ITEM	FONTE	CÓDIGO DO EFISCO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTIDADE	S/BDI	UNITÁRIO	C/BDI / FATOR K	TOTAL C/BDI
1. DEMOLIÇÃO E REMOÇÕES									
1.1	SEINFRA C1258		ESCAVAÇÃO MANUAL CAMPO ABERTO EM TERRA, DE 4,00 A 6,00M.	m³	21,00	R\$ 82,0500	R\$ 102,5625	R\$ 2.153,81	R\$ 2.153,81
TOTAL ITEM: 1									
2. CONSTRUÇÃO									
2.1	SINAPI 103684		CONCRETAGEM DE RESERVATÓRIOS, FCK=25 MPa, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	m³	7,99	R\$ 622,5000	R\$ 778,1250	R\$ 6.217,22	R\$ 6.217,22
TOTAL ITEM: 2									
3. DRENAGEM									
3.1	SINAPI 89448		TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DE 40MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	m	149,96	R\$ 14,8000	R\$ 18,5000	R\$ 2.774,26	R\$ 2.774,26
3.2	SINAPI 89447		TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DE 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	m	37,34	R\$ 9,6900	R\$ 12,1125	R\$ 452,28	R\$ 452,28
3.3	SINAPI 89624		TÊ DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 40MM X 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UND	33,00	R\$ 16,1000	R\$ 20,1250	R\$ 664,13	R\$ 664,13
3.4	SINAPI 89620		TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UND	3,00	R\$ 10,7800	R\$ 10,7800	R\$ 32,34	R\$ 32,34
3.5	SINAPI 89623		TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 40MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UND	15,00	R\$ 17,4400	R\$ 21,8000	R\$ 327,00	R\$ 327,00
3.6	SINAPI 89497		JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 40MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UND	10,00	R\$ 11,9400	R\$ 14,9250	R\$ 149,25	R\$ 149,25
3.7	SINAPI 89494		CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UND	162,00	R\$ 11,2100	R\$ 14,0125	R\$ 2.270,03	R\$ 2.270,03
3.8	SINAPI 103993		BUCHA DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 40MM X 32MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	UND	6,00	R\$ 8,9800	R\$ 11,2250	R\$ 67,35	R\$ 67,35
TOTAL ITEM: 3									
4. IMPERMEABILIZAÇÃO									
4.1	SINAPI 98547		IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, DUAS CAMADAS, INCLUSIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=3MM E E=4MM.	m²	25,40	R\$ 202,0800	R\$ 252,6000	R\$ 6.415,64	R\$ 6.415,64
TOTAL DA PLANILHA:									
R\$ 21.523,30									
O CONTRATADO É RESPONSÁVEL POR TODOS OS MATERIAIS E INSUMOS, MÃO DE OBRA PARA CONCLUSÃO DOS SERVIÇOS, INCLUSIVE, OS PRETES, TRANSPORTES, ALIMENTAÇÃO, IMPOSTOS E ENCARGOS SOCIAIS.									

Figura 9. Planilha orçamentária para execução do reservatório

Adotando de padrões estipulados por órgãos do governo do estado em conjunto com de os de Construção Civil, além do apoio do Setor de Engenharia da Universidade,



o valor para cada serviço, incluindo mão-de-obra e multiplicado pelo fator de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) resultou em R\$ 21.523,30 (vinte e um mil, quinhentos e vinte e três reais e trinta centavos) para construção do reservatório.

4. Conclusões

Portanto, a partir da análise de resultados, comprovou-se a viabilidade técnica e financeira da construção do reservatório inferior dentro da universidade e a eficiência da modelagem do protótipo em 3D por meio do *software* Revit e a renderização pelo Twinmotion, mostrando-se eficaz para visualização do produto e, conseqüentemente, para a quantificação dos materiais necessários a fim de obter o objeto.

Com isso, esse elemento estrutural será de extrema relevância para o armazenamento desse recurso tão importante para a sociedade, tendo em vista que a água será utilizada para fins de irrigação e limpeza geral dentro do instituto, atividades que não exigem água de alta qualidade, mas são indispensáveis para manutenção das áreas verdes e limpeza dos espaços. A utilização dessa água para fins não potáveis irá contribuir significativamente para a redução do consumo, promovendo assim uma gestão mais sustentável em relação aos recursos hídricos.

Pode-se concluir que o projeto representa uma solução técnica e economicamente viável, com alto potencial de contribuição para projetos de sustentabilidade da Universidade, oferecendo, ao mesmo tempo, um aproveitamento de recursos hídricos que anteriormente seriam desperdiçados, para irrigação e limpeza, fundamentais para o bom funcionamento do instituto.

Entretanto, como limitações, deve-se destacar que o ideal seria a realização do trabalho por um período prolongado, com a intenção de garantir uma análise mais rebuscada e verificar o desempenho do sistema em larga escala e ao longo do tempo. É importante destacar também que a qualidade da água recolhida não exclui a necessidade de água potável, limitando o seu uso em algumas aplicações, logo sendo considerada imprópria para o consumo humano ou outros processos que rogam água potável.

5. Referências

- Bernardes, M. B. J. (2009). Água, seiva da vida: uma experiência de Educação Ambiental. *Anais do 12º Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL)*.
- Damico, A. R. e Sleiman, E. A. (2016). Reutilização da água do ar condicionado do ônibus. In *V JORNACITEC*.
- Fortes, P. D., Jardim, P. e Fernandes, J. G. (2015). Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. *XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. XII SEGeT*. Porto Alegre/RS.
- Prefeitura do Recife. (1986). Lei nº 14.903 de 03 de outubro de 1986. Disponível em: <<https://www.recife.pe.gov.br/pr/servicospublicos/emlurb/Lei-14903-86.pdf>>. Novembro.
- Silva, S.R., Soares, A. E. P. e Nunes, L. G. C. F. (2021). Conservação de água em prédios públicos: Instituições de Ensino Superior. Autografia.
- Thiollent, M. (2009). Metodologia de Pesquisa. São Paulo: Saraiva.