

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

Júlio César de Lima Nascimento<sup>1</sup>, Luanna Victória de Sousa Ribeiro<sup>2</sup>, Maria Fernanda dos Santos Silveira<sup>3</sup>, Maria Paula Lemos de Novaes Silva<sup>4</sup>, Virna Alves de Araújo<sup>5</sup>, Micaella Raíssa Falcão de Moura<sup>6</sup>, Anna Elis Paz Soares<sup>7</sup>, Simone Rosa da Silva<sup>8</sup>, Pedro Eugênio Silva de Oliveira<sup>9</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Departamento de Engenharia Civil Escola Politécnica de Pernambuco Universidade de Pernambuco (UPE) – Recife, PE – Brasil

<sup>6,7,8,9</sup>Professores Doutores- Departamento de Engenharia Civil- Ecola 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 ares- 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 Thiolent (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**

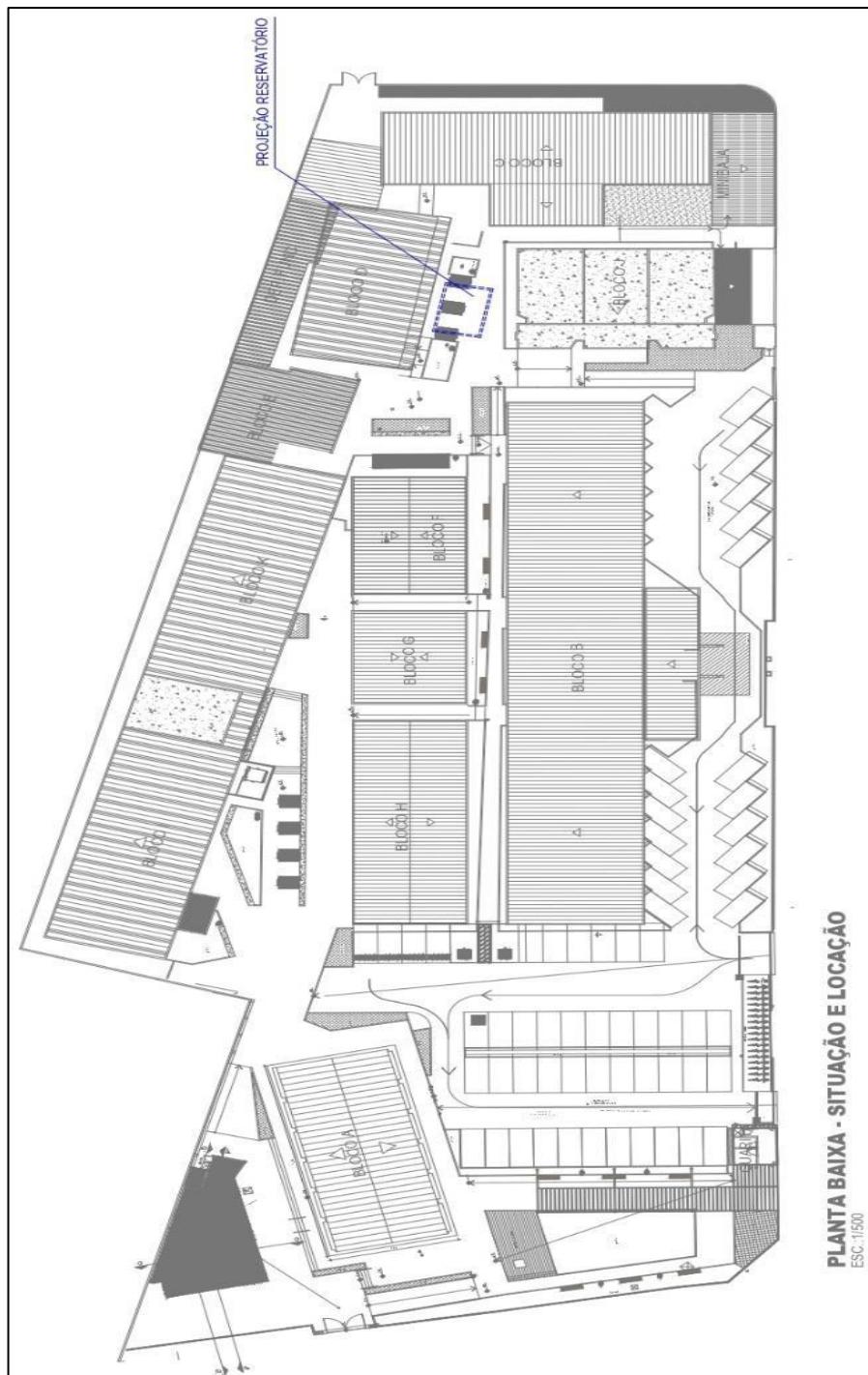
## 2.1. Coleta de dados

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**

A partir disso, selecionou-se o local ideal para construção do reservatório inferior (Figura 3), tendo em vista que a escolha foi baseada em um local com baixo tráfego de pessoas, é próximo ao Bloco C e também pelo espaço livre presente para construção da estrutura de armazenamento. Sendo assim, o protótipo está localizado na chamada “Praça da Santa”, próxima ao Laboratório de Construção Civil, CSEC (Coordenação Setorial de Extensão e Cultura) e *Coworking*.



**Figura 3. Planta baixa de Situação e Locação com projeção do reservatório**

Em seguida, foi realizado um teste (Figura 4), com o auxílio do bêquer 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**

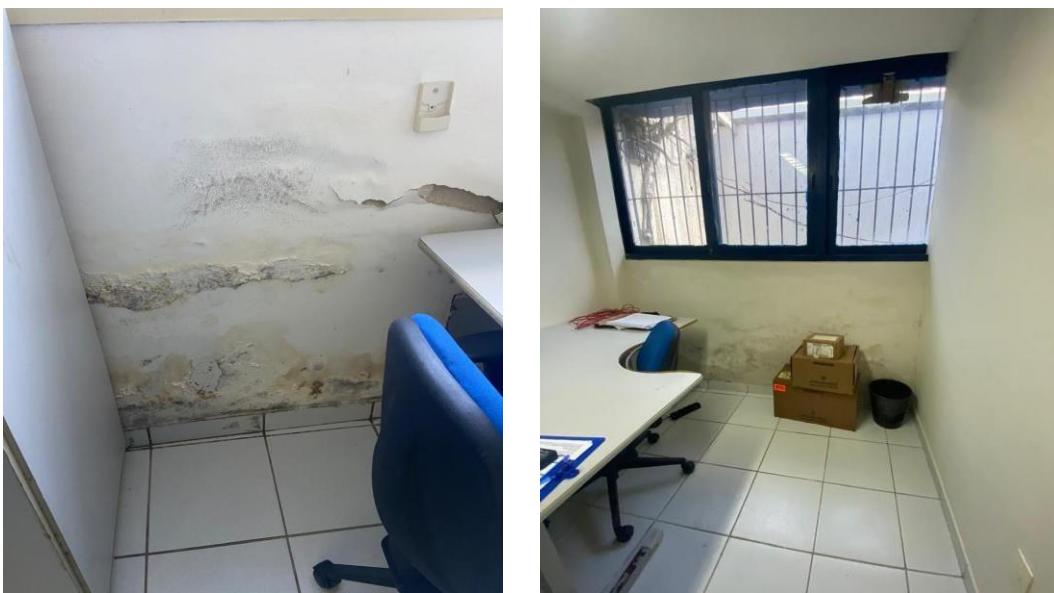
A partir desse resultado, foram estimados os seguintes valores para a quantidade de água expelida, em uma hora, dos aparelhos dependendo de sua potência (Tabela 1). Com isso, foi possível quantificar o total de água expelida por hora, diária, semanalmente e mensalmente.

**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 ares-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.

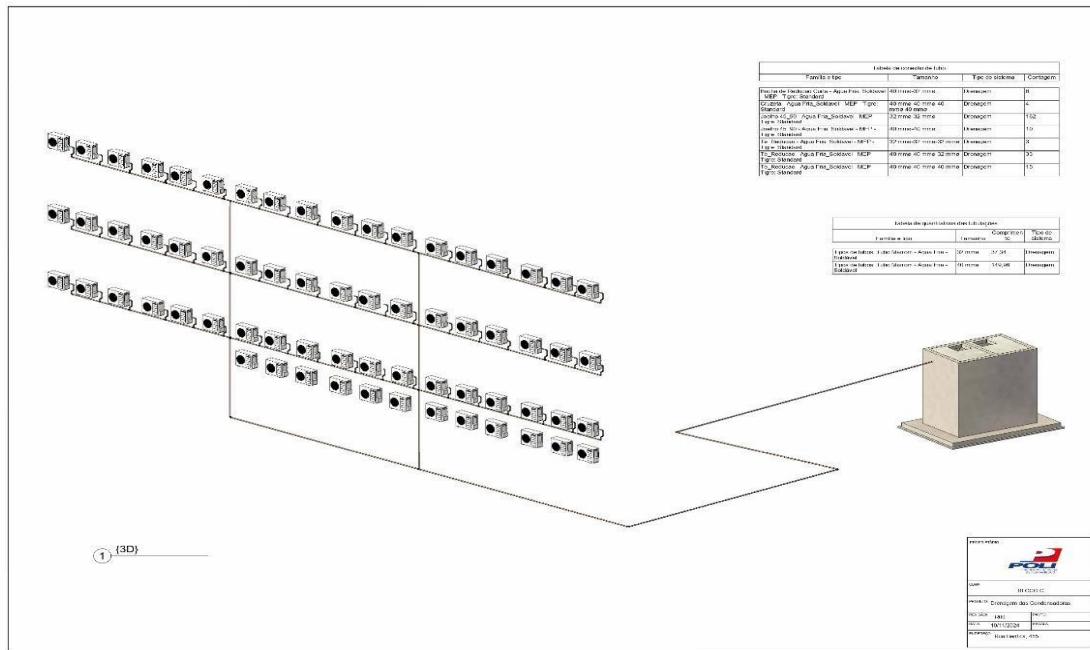
**Tabela 2. Informações sintetizadas acerca dos aparelhos de ar-condicionado do Bloco C**

| 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.

A renderização foi bem sucedida pelo *software* Twinmotion, tendo sido necessária para melhor visualização da estrutura, haja vista que o Revit não apresentou a mesma qualidade em relação às imagens adquiridas na modelagem. Entretanto, ambos os softwares foram extremamente necessários para o desenvolvimento do trabalho e para visualização do protótipo do reservatório (Figuras 6, 7 e 8).



**Figura 6. Sistema hidráulico para preenchimento do reservatório pelo Revit**



**Figura 7. Modelagem do Bloco C com as condensadoras e caminhamento hidráulico pelo Revit**



**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 m<sup>3</sup>, 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**

| <b>Histórico do Volume da Ligação de Esgoto</b> |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Mês/Ano</b>                                  | <b>Consumo m<sup>3</sup></b> |
| 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  |               |                   |  |                |            |  |
|--|---------------|-------------------|--|----------------|------------|--|
| ITEM   | FONTE         | CÓDIGO DO EFEÍSCO | DESCRIÇÃO  | UNID.          | QUANTIDADE | S/IBDI                                 |
|  |               |                   |  |                |            |  |
| 1.   | SEINFRA C1258 |                   | DEMOLIÇÃO E REMOÇÕES   | m <sup>3</sup> | 21,00      | R\$ 82.0500 R\$ 102.5625 R\$ 2.153,81  |
| 1.1  |               |                   | ESCAVAÇÃO MANUAL CAMPO ABERTO EM TERRA, DE 4,00 A 6,00M.   |                |            |  |
|  |               |                   | <b>TOTAL ITEM: 1</b>   |                |            |  |
| 2.   |               |                   | CONSTRUÇÃO   | m <sup>3</sup> | 7,99       | R\$ 622.5000 R\$ 778.1250 R\$ 6.217,22 |
| 2.1  | SINAPI 103684 |                   | CONCRETAGEM DE RESERVATÓRIOS, FCK=25 MPa, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.                       |                |            |  |
|  |               |                   | <b>TOTAL ITEM: 2</b>   |                |            |  |
| 3.   |               |                   | DRENAGEM   | m              | 149,96     | R\$ 14.8000 R\$ 185.000 R\$ 2.774,26   |
| 3.1  | SINAPI 89448  |                   | TUBO PVC, SOLDÁVEL, DE 40MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.                                   | m              | 37,34      | R\$ 9.6900 R\$ 12.1125 R\$ 452,28      |
| 3.2  | SINAPI 89447  |                   | TUBO PVC, SOLDÁVEL, DE 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.                                   | m              | 33,00      | R\$ 16.1000 R\$ 20.1250 R\$ 664,13     |
| 3.3  | SINAPI 89624  |                   | TÉ DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 40MM X 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.                  | UND            |            |  |
| 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      |
| 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     |
| 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     |
| 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   |
| 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       |
|  |               |                   | <b>TOTAL ITEM: 3</b>   |                |            |  |
| 4.   |               |                   | IMPERMEABILIZAÇÃO  |                |            | R\$ 6.736,63                           |
| 4.1  | SINAPI 98547  |                   | IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, DUAS CAMADAS, INCLUSIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=3MM E=2MM. | m <sup>2</sup> | 25,40      | R\$ 202.0800 R\$ 252.6000 R\$ 6.415,64 |
|  |               |                   | <b>TOTAL ITEM: 4</b>   |                |            |  |
| <b>TOTAL DA PLANILHA:</b>  |               |                   |  |                |            | <b>R\$ 21.523,30</b>                   |
| O CONTRATADO É RESPONSÁVEL POR TODOS OS MATERIAIS E INSUMOS, MÃO DE OBRA PARA CONCLUSÃO DOS SERVIÇOS, INCLUSIVÉ, OS FRETES, 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 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, consequentemente, 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 Encuentro 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 Pesquisação. São Paulo: Saraiva.