

## **XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DA ÁGUA PROVENIENTE DOS DRENOS DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO DO CAMPUS DO SERTÃO EM ALAGOAS**

*Beatriz Pereira de Souza<sup>1</sup>; Stefany Gonçalves Lima<sup>2</sup>; & Thiago Alberto da Silva Pereira<sup>3</sup>*

**RESUMO-** O uso de fontes alternativas de conservação de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado é uma forma de minimizar a problemática de água potável e consequentemente reduzir a sua demanda. Este trabalho apresenta uma análise da viabilidade técnica e econômica da instalação do sistema de aproveitamento de água proveniente dos drenos dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas. A metodologia consistiu em caracterizar a área de estudo e a demanda da irrigação. Posteriormente, foi estimada a produção de água por todos os aparelhos de ar condicionado e dimensionado o sistema de captação e armazenamento e finalmente, foram levantados os custos da implantação do sistema e levantada a viabilidade técnica e econômica por meio do tempo de retorno do investimento. A partir da implantação do sistema, pode ocorrer uma diminuição de 32,87% no consumo da irrigação. Ainda, o custo previsto total foi de R\$ 6.227,31, valor que acarreta uma economia mensal de R\$ 790,00 com tempo de retorno do investimento entre 7 e 10 meses a depender da produção diária.

**ABSTRACT-** The use of alternative sources of water conservation from air conditioners are a way to minimize the problem of drinking water and consequently reduce its demand. This paper presents an analysis of the technical and economic feasibility of installing the water recovery system from the drains of the air conditioning units at the Sertão Campus of the Federal University of Alagoas. The methodology consisted of characterizing the study area and irrigation demand. Subsequently, the production of water by all air conditioning units was estimated and the collection and storage system was dimensioned and finally, the costs of implementing the system were surveyed and the technical and economic feasibility through the payback of the investment was surveyed. From the system implementation, there may be a decrease of 32.87% in the consumption of irrigation. In addition, the total estimated cost was R\$ 6,227.31, which results in a monthly savings of R\$ 790.00 with a return on investment between 7 and 10 months depending on daily production.

**Palavras-Chave** – Fontes alternativas, Água potável, Aproveitamento de água.

### **INTRODUÇÃO**

Atualmente, os recursos hídricos definem e limitam as aspirações de desenvolvimento econômico-social. Sua progressiva vulnerabilidade pode ser atenuada com a conservação e uso

1) Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus do Sertão, pereirabeat97@gmail.com

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH /PPGRHS), stefglima@gmail.com

3) Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus Arapiraca, thiago\_alb@hotmail.com

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 da 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.

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).

Assim, a implantação de técnica da racionalização de água 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. Diante disso, o objetivo deste trabalho é 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.

## **METODOLOGIA**

A metodologia desse trabalho encontra-se estruturada em 3 (três) itens: (i) área de estudo e demanda da irrigação; (ii) estimativa de volume gerado e concepção de projeto; e (iii) orçamento e viabilidade econômica.

### **Área de estudo e demanda da irrigação**

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Alagoas (Figura 1), na sede do Campus do Sertão, 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.

Figura 1 - Vista aérea do Campus do Sertão



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

Essa pesquisa propõe que o volume de água gerado pelos aparelhos será destinado para suprir uma fração da irrigação do Campus. Contudo, a atividade não é realizada diariamente, apenas em três dias durante a semana.

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 a irrigação consumidora de cerca de 4380,87L/dia de água potável, um montante que equivale a 21% do consumo total do Campus.

### Estimativa de volume gerado e concepção do projeto

A estimativa do volume<sup>4</sup> de água gerado por todos os aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão foi baseada no trabalho em que Santos *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 de a produção diária ser diretamente proporcional ao uso do ar condicionado. Portanto, nessa análise foram utilizados diversos cenários para verificar o potencial do aproveitamento do volume diário.

<sup>4</sup> 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.

Posteriormente, foi desenvolvido o projeto de reuso de água com base na NBR 5626 de Instalações Prediais de Água Fria (ABNT, 2018). Os diâmetros das mangueiras de irrigação e o tipo de reservatório foram adotados de acordo com o diâmetro e a vazão produzida pelos drenos dos aparelhos de ar condicionado da universidade, visando o melhor encaixe e funcionamento do sistema.

## Orçamento e viabilidade econômica

Ao realizar o dimensionamento do sistema de aproveitamento da água proveniente dos aparelhos de ar condicionado do Campus do Sertão, fez-se 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. Desse modo, fez-se uma pesquisa de preço dos insumos e composições junto ao Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)<sup>5</sup> e do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE)<sup>6</sup>, onde são disponibilizados as informações e os índices para indicação do melhor custo; também foi fundamental consultar os fornecedores dos materiais, como a Leroy Merlin<sup>7</sup>, Pires Martins<sup>8</sup> e Casa&Construção<sup>9</sup>.

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.

$$E = Vol \cdot T_{CASAL} \quad (1)$$

Onde:

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

$Vol \rightarrow$  Volume de água gerado por mês ( $m^3$ );

$T_{CASAL} \rightarrow$  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

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. 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.

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

<sup>5</sup> SINAPI – Tabela não desonerada de preços e custos da construção civil referente ao mês de maio de 2021.

<sup>6</sup> ORSE - Tabela não desonerada de preços referente ao mês de fevereiro de 2021.

<sup>7</sup> Informação fornecida pela empresa Leroy Merlin, em São Paulo/SP, em maio de 2021.

<sup>8</sup> Informação fornecida pela empresa Pires Martins, em Ribeirão Preto/SP, em maio de 2021.

<sup>9</sup> Informação fornecida pela empresa Casa&Construção, em São Paulo/SP, em maio de 2021.

Onde:

$I_o$  → 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 3,5% ao ano (0,2871% 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.

## RESULTADOS

### Estimativa do volume gerado e concepção de projeto

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 *et al.* (2016). Na Tabela 2, estão dispostas as quantidades de aparelhos e suas respectivas potências.

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
<b>TOTAL DE APARELHOS</b>		<b>85</b>



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 1,44m<sup>3</sup> 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.

	<b>Dia</b>	<b>Mês (28 dias)</b>	<b>Mês (30 dias)</b>	<b>Mês (31 dias)</b>
<b>Volume</b>	1,44m <sup>3</sup>	28,80m <sup>3</sup>	31,68m <sup>3</sup>	33,12m <sup>3</sup>

Santos *et al.* (2016) consideraram 13,5h de funcionamento para os aparelhos de ar condicionado, com os intervalos de 7:30 às 12:30 (manhã), de 13:30 às 18:30 (tarde) e de 19:00 às 22:30 (noite). O volume para o turno matutino foi de 0,544860m<sup>3</sup>; para o vespertino foi de 0,547200m<sup>3</sup> e para o noturno 0,347382m<sup>3</sup>.

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 1,8m<sup>3</sup> gerado por dia.

O sistema de aproveitamento inicia-se através da captação de água dos drenos utilizando mangueiras com diâmetro de 25mm, estas são direcionadas até o reservatório de polietileno, que 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, contribuindo para o escoamento por gravidade. Além disso, é necessário utilizar abraçadeiras de 25mm para fixar as mangueiras nas paredes e pisos, a fim de evitar danos e/ou desconexões.

O volume do reservatório foi definido a partir da estimativa de volume diário apresentado por Santos *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.

## Orçamento e 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 4 apresenta o orçamento do projeto.

Tabela 4 – 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 <sup>2</sup>	16	SINAPI	mai/21	R\$2,32	R\$37,12
2	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30m	m <sup>3</sup>	6,99	SINAPI	mai/21	R\$58,70	R\$410,31
3	Caixa d'água em polietileno 3000L com tampa - FORTLEV	un	1	Leroy Merlin	mai/21	R\$1.779,90	R\$1.779,90
4	Mangueira cristal de plástico PVC transparente 1" x 2,0mm	m	820	ORSE	fev/21	R\$4,50	R\$3.690,00
5	Abraçadeiras tipo U 3/4" – INCA	un	250	Pires Martins	mai/21	R\$0,34	R\$85,00

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Referência	Data	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
6	Joelho 90 graus, PVC, soldável, DN 25mm, marrom – FORTLEV	un	4	Casa&Construção	mai/21	R\$1,90	R\$7,60
7	Tê, PVC, soldável, DN 25 mm, marrom – Tigre	un	83	Casa&Construção	mai/21	R\$3,99	R\$331,17
8	Pedreiro com encargos complementares	h	16	SINAPI	mai/21	R\$18,31	R\$292,96
9	Servente de obras com encargos complementares	h	16	SINAPI	mai/21	R\$14,84	R\$237,44
						TOTAL	R\$6.871,50

O custo total de construção do sistema é de R\$ 6.871,50, 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 encontrado um *payback* de 8,82 meses para o volume diário de 1,44m<sup>3</sup> encontrado por Santos *et al.* (2016).

Isso 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 m<sup>3</sup> por dia.

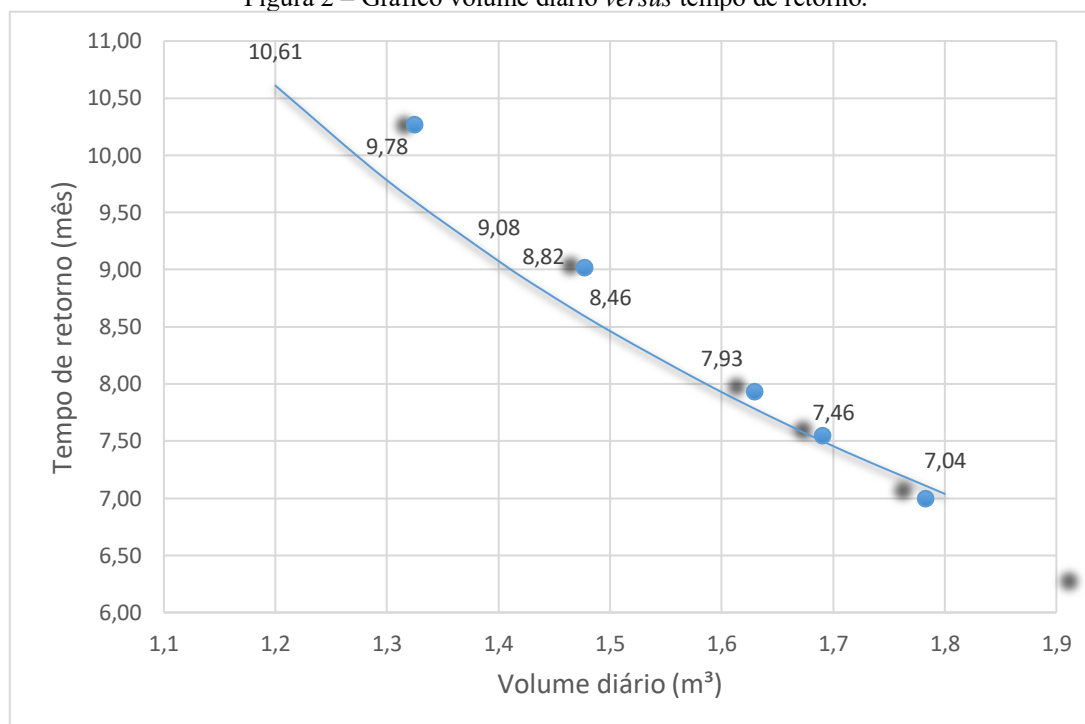
Considerando 22 dias de uso por mês, encontrou-se o volume mensal para que posteriormente fossem determinadas as economias mensais e os *paybacks*. A Tabela 5 apresenta o tempo de retorno de seus respectivos volumes diários.

Tabela 5 – Tempo de retorno para cada volume diário estimado.

Volume diário (m <sup>3</sup> )	Volume mensal (m <sup>3</sup> )	Economia Mensal	<i>Payback</i> (meses)
1,2	26,4	R\$658,42	10,61
1,3	28,6	R\$713,28	9,78
1,4	30,8	R\$768,15	9,08
1,44	31,68	R\$790,10	8,82
1,5	33	R\$823,02	8,46
1,6	35,2	R\$877,89	7,93
1,7	37,4	R\$932,76	7,46
1,8	39,6	R\$987,62	7,04

A partir do resultado exposto na Tabela 5, 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.

Figura 2 – Gráfico volume diário *versus* tempo de retorno.



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.

## CONCLUSÕES

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.

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 11 meses.

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.

As principais dificuldades encontradas na execução desse trabalho foram: (i) 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; (ii) Devido a pandemia do novo coronavírus Sars-CoV-2, foi impossível realizar as medições das vazões dos aparelhos, por este motivo foram utilizadas estimativas.

Essa pesquisa 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 e analisar a qualidade da água para o uso em outros fins.



## REFERÊNCIAS

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

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.

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

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.

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.