

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA NO USO DE AQUECIMENTO SOLAR EM
COMPARAÇÃO AOS SISTEMAS CONVENCIONAIS ELÉTRICOS NO ÂMBITO
DO CORPO DE CADETES DA AERONÁUTICA

*EFFICIENCY ANALYSIS OF SOLAR HEATING IN COMPARISON TO
CONVENTIONAL ELECTRIC SYSTEMS WITHIN THE AIR FORCE CADETS
CORPS*

Vinícius César Barbosa da Silva¹

Marina Pelegrini²

Kátia Ferreira de Oliveira³

RESUMO

Com a crescente preocupação ambiental e a busca por fontes de energia renovável, a transição energética tem se tornado um tema de grande importância em todo o mundo, que busca inovações para reduzir a emissão de carbono e soluções para uma melhor eficiência na gestão de recursos, como prevê o Planejamento Nacional de Defesa (PND). O Brasil, por ser um país tropical tem um alto nível de incidência solar, mas a maior parte da energia utilizada no país é a energia hidrelétrica, que não é tão poluente em termos de emissão de gases de efeito estufa, mas que oferece uma estabilidade de oferta atrelada ao ciclo de chuvas. Desta maneira, a energia solar passa a ser uma opção de oferta de energia limpa, sendo que a independência energética que a energia solar oferece é uma das vantagens de sua utilização. Esse trabalho aborda a questão da substituição do sistema convencional elétrico por aquecimento solar na Academia da Força Aérea, no âmbito do Corpo de Cadetes da Aeronáutica, como medida de aumentar a eficiência energética e operacional. Para analisar a viabilidade do projeto, utilizou-se os dados de quantidade de energia atualmente utilizada com os chuveiros, foi realizado o orçamento das placas solares e outros equipamentos, e as ferramentas contábeis, taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL), foram aplicadas para demonstrar a viabilidade do projeto em termos econômicos. Os resultados dessa pesquisa são capazes de fornecer informações relevantes para uma tomada de decisão sobre a adoção do aquecimento solar como uma opção mais eficiente e sustentável, visto que o gasto com instalação é compensada pelos ganhos em economia de energia ao longo do tempo, considerando os valores apresentados, em cerca de, aproximadamente, 1,98 anos será possível pagar o investimento do aquecimento solar com a receita que pagaria a energia elétrica, além de ser uma escolha mais sustentável para o meio ambiente.

Palavras-chave: Aquecimento de água; Economia de energia; Eficiência energética.

¹ Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

² Doutorado e Mestrado em Ciências, na área de Física Atômica e Molecular pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Graduação em Bacharel em Química pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FFCLRP-USP).

³ Profª de Matemática formada pela Universidade Federal de Viçosa, Engenheira de Produção pela Universidade Federal Fluminense e Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas CEFET RJ.

ABSTRACT

With the growing environmental concern and the search for renewable energy sources, energy transition has become a topic of great importance worldwide, seeking innovations to reduce carbon emissions and solutions for better resource management, as envisaged in the National Defense Plan (NDP). Brazil, being a tropical country, has a high level of solar incidence, but most of the energy used in the country comes from hydroelectric power, which is not as polluting in terms of greenhouse gas emissions but offers supply stability linked to the rainy season. Thus, solar energy becomes an option for clean energy supply, with energy independence being one of its advantages. This work addresses the issue of replacing conventional electrical systems with solar heating at the Air Force Academy, within the scope of the Air Force Cadets Corps, as a measure to increase energy and operational efficiency. To analyze the project's viability, data on the amount of energy currently used with showers were used, a budget for solar panels and other equipment was made, and accounting tools such as the internal rate of return (IRR) and net present value (NPV) were applied to demonstrate the project's economic viability. The results of this research are capable of providing relevant information for decision-making regarding the adoption of solar heating as a more efficient and sustainable option. The installation costs are offset by energy savings over time. Considering the values presented, it will be possible to recover the investment in solar heating with the amount saved on electricity costs in approximately 1.98 years. Additionally, it is a more sustainable choice for the environment

Keywords: Water heating; Energy savings; Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

A busca pela transição energética é um tema de crescente importância em todo o mundo, visando reduzir a dependência de fontes de energia sujas e emissoras de carbono que compõem a maior parte da matriz energética global (Fonseca *et al*, 2022). Nesse contexto, a energia solar emerge como uma opção promissora de energia renovável, especialmente no Brasil, um país privilegiado em termos de radiação solar, com índice de radiação média anual de 5 kWhm^{-2} (Tavares e Sousa, 2019).

O aquecimento solar de água oferece diversos benefícios, incluindo economia financeira pela redução da dependência de fontes não renováveis, além de contribuir para a redução dos impactos ambientais causadas pelas hidrelétricas. A energia solar é limpa e renovável, diminuindo o impacto ambiental em comparação com outras formas de geração de energia. Também ajuda a reduzir a demanda de energia elétrica nos horários de pico, promovendo a estabilidade do sistema elétrico (Freitas, 2010).

Nesse contexto, é importante esclarecer a diferença entre duas tecnologias solares essenciais: a energia fotovoltaica e o aquecimento solar. A energia fotovoltaica

converte a luz solar em eletricidade usando painéis solares, enquanto o aquecimento solar usa coletores térmicos para aquecer água ou fluidos, reduzindo o consumo de energia elétrica em aplicações como chuveiros e piscinas (Machado e Miranda, 2015).

O Plano Nacional de Defesa (PND) prevê a necessidade de defender o uso sustentável dos recursos ambientais, além da necessidade de aperfeiçoamento constante do setor de Saúde, Educação, Ciência, Tecnologia e Inovação, em qualificação do capital humano e em infraestrutura, transporte e energia (Brasil, 2022), na Academia da Força Aérea essa preocupação não é diferente, com uma média de 700 cadetes por ano.

A AFA é uma instituição responsável por formar os futuros líderes da Aeronáutica, formando oficiais dos quadros de intendência, aviação e infantaria. A formação é no sistema de internato e todos os cadetes são dependentes de energia elétrica, especialmente no âmbito do Corpo de Cadetes da Aeronáutica, como é o caso dos chuveiros elétricos, tornando-se evidente a necessidade de reduzir o consumo energético. Diante desse cenário, emergiu a seguinte questão de pesquisa: **qual é a viabilidade do uso de sistemas de aquecimento solar em comparação aos sistemas convencionais elétricos no âmbito do Corpo de Cadetes, levando em consideração aspectos como custos e benefícios operacionais?**

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a viabilidade da substituição do sistema convencional de energia elétrica por um sistema de aquecimento solar para utilização dos chuveiros, no âmbito do Corpo de Cadetes da Aeronáutica. Foram analisados aspectos técnicos e econômicos com o intuito de fornecer subsídios para a tomada de decisão em relação à adoção desse sistema, com soluções energéticas mais eficientes e alinhadas aos princípios da transição energética, considerando o compromisso crescente com a redução das emissões de carbono e a adoção de práticas sustentáveis, a análise da viabilidade do uso de sistemas de aquecimento solar é de suma importância para orientar políticas e investimentos em energia renovável dentro da Academia da Força Aérea (AFA).

Para isso, tem como objetivos específicos analisar o custo anual gasto com a utilização do sistema elétrico para aquecimento de água nos chuveiros do Corpo de Cadetes da Aeronáutica, calcular o potencial energético das placas solares e computar a eficiência econômica por meio das ferramentas contábeis.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE FONTES RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS

As Fontes não renováveis, entre elas o uso de petróleo, gás natural, carvão e urânio, vem sendo utilizada há muito tempo atrás devido à sua alta densidade energética e facilidade de extração e utilização, com maior confiabilidade e disponibilidade para o uso, apresenta também um menor custo inicial, pois não é necessário grandes investimentos tecnológicos e em infraestrutura, sendo um ponto positivo a curto prazo (Moreira e Cardoso, 2010).

Segundo Juras (2008), o aquecimento global vem causando um aumento considerável da temperatura média global e eventos como ondas de calor, elevação do nível do mar e escassez de água e alimentos devido a mudanças na produtividade agrícola e pecuária, causando impactos negativos no mundo todo. Além de ser um recurso finito, o qual pode se esgotar no futuro, esses recursos são vulneráveis às flutuações de preços no mercado internacional (Moreira e Cardoso, 2010).

Moreira e Cardoso (2010) explicam que como alternativa, existem as fontes renováveis, dentre elas a energia/aquecimento solar, hidrelétricas e eólica, que apresentam uma fonte inesgotável de energia comparada aos combustíveis fósseis (fonte não renovável) e menos perigosa que o uso da energia nuclear, além de menor impacto ambiental, pois não produzem gases como o dióxido de carbono que contribuem para o aquecimento global e que cada vez mais se vê a necessidade de substituição para esse tipo de energia e, finalmente, diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, que um país poderia alcançar sua própria autonomia energética, deixando de depender de outros países, além de avançar tecnologicamente.

Atualmente, é utilizável como principal fonte de energia as usinas hidrelétricas, as quais são consideradas uma fonte renovável de energia, com diversas vantagens, como baixa emissão de carbono, fonte econômica e eficiente de energia, porém ainda não é a fonte de energia mais adequada visto que possui várias desvantagens, como o impacto ambiental em sua construção, afetando diretamente a fauna e flora local, já que é necessário realizar alagamento de diversas áreas, mudança no curso dos rios e grande espaço para reservatório de água.

Para os autores supracitados é de suma importância considerar a substituição do atual sistema de energia elétrica por um sistema de aquecimento solar, o que não apenas reduziria a dependência de combustíveis fósseis e da energia elétrica convencional para o aquecimento de água, mas também aproveitaria uma fonte de energia limpa, renovável e disponível em abundância, contribuindo assim para a sustentabilidade ambiental e a

mitigação das mudanças climáticas, além disso é possível verificar uma economia a longo prazo já que não dependerá do sistema convencional. (Moreira e Cardoso, 2010).

1.3.1 INCIDÊNCIA SOLAR NO BRASIL

O cálculo de incidência solar é realizado por meio de diversos cálculos e fórmulas que consideram a posição do Sol em relação à Terra e qual região quer que seja analisada. Primeiramente é calculado a declinação solar, que é o ângulo dos raios solares que incidem no plano do Equador, já que com o passar do ano esse ângulo varia por conta da órbita da Terra; depois é calculado a altitude solar, que é o ângulo entre o feixe de radiação solar e a projeção dessa direção no plano horizontal, calculada usando uma fórmula específica; em seguida é calculada o azimute solar, que é o ângulo horizontal entre o Norte Verdadeiro e a projeção da direção do Sol no plano horizontal, para que assim seja possível calcular a incidência solar, que é a quantidade de radiação solar que atinge uma determinada área (Campos *et al*, 2013).

A partir desses cálculos é possível observar que o Brasil, de maneira geral, possui um alto índice de irradiação solar, possuindo um alto potencial para geração de energia/aquecimento solar, já que está próximo a linha do equador e possui elevado número de horas de Sol ao longo do ano.

Na região Sudeste, onde está sediada Academia da Força Aérea, apresentando totais diários próximos a irradiação global horizontal, aproximadamente de 5,07 kWh/m², com um total diário de irradiação global média no plano inclinado de 5,26 kWh/m², sendo que o total diário refere-se à quantidade total de radiação solar que incide em uma determinada área durante o período de um dia e a partir dessa informação é possível compreender a distribuição e variabilidade da radiação solar em diferentes regiões do Brasil ao longo do tempo. (Pereira *et al*, 2017).

A Figura 1 mostra o total diário de irradiação global horizontal média anual no Brasil.

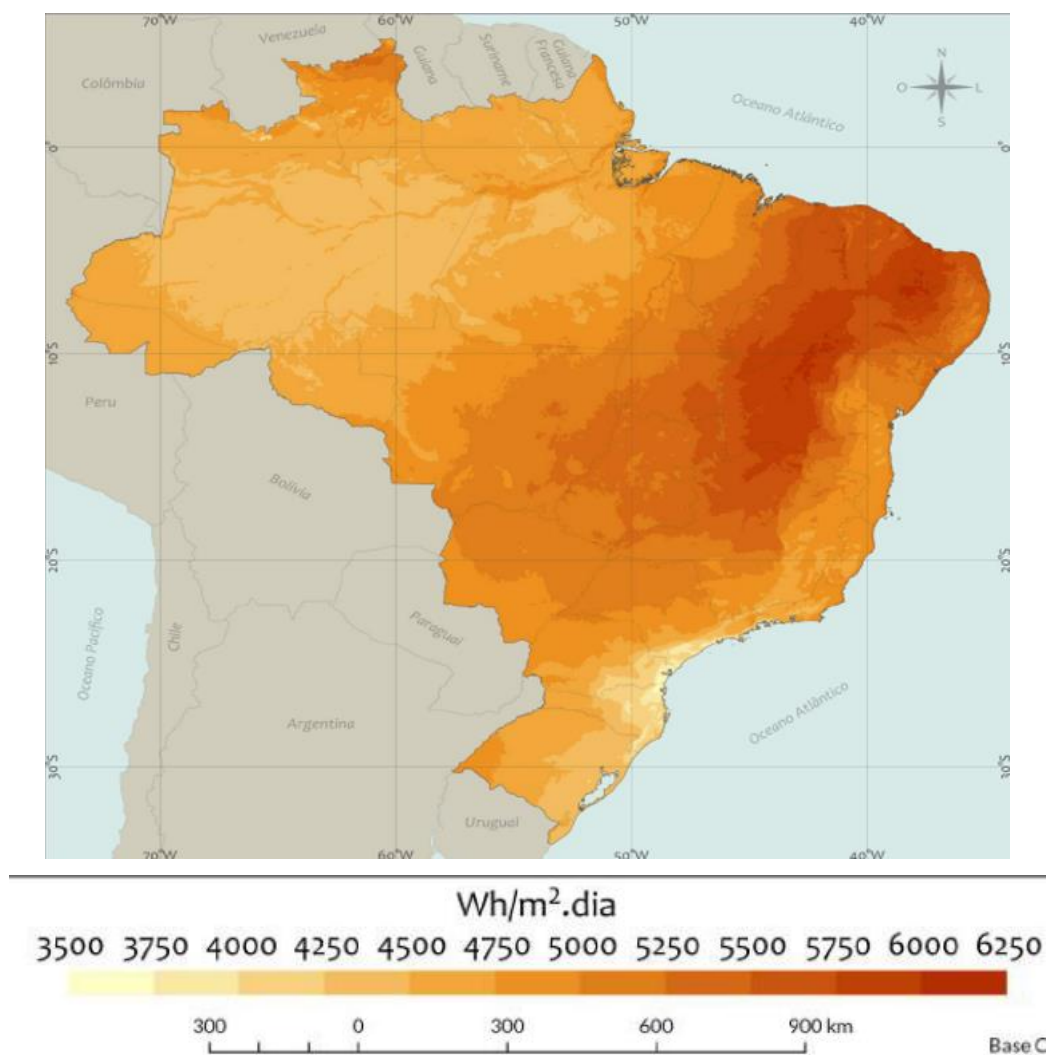


Figura 1 Total diário da irradiação global horizontal média anual

Fonte: Atlas brasileiro de energia solar (2017). Disponível em:

<http://doi.org/10.34024/978851700089>

1.4.1 DIFERENÇA ENERGIA FOTOVOLTAICA E AQUECIMENTO SOLAR

A energia fotovoltaica é a conversão direta da luz solar em eletricidade, ela utiliza células fotovoltaicas feitas de materiais semicondutores para capturar a energia dos fótons da luz solar e gerar uma corrente elétrica, essa eletricidade pode ser usada para alimentar equipamentos elétricos, carregar baterias ou ser injetada na rede elétrica (Hinrichs, 2014).

Por outro lado, o aquecimento solar é a utilização da energia térmica do Sol para aquecer água, nesse caso, são utilizados coletores solares térmicos que absorvem o calor do Sol e transferem para a água, essa água aquecida pode ser usada para banhos,

aquecimento de ambientes ou processos industriais que requerem água quente (Machado e Miranda, 2015).

O aquecimento solar oferece uma série de vantagens que a tornam uma opção altamente atrativa e sustentável. Ao aproveitar a fonte inesgotável de energia do sol, esse sistema proporciona independência energética e contribui para a redução das emissões de poluentes e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, sua instalação ágil e de baixa manutenção, aliada a uma vida útil de mais de 25 anos, resulta em economias significativas a longo prazo. A geração silenciosa e livre de poluição e a possibilidade de retorno financeiro rápido, solidificam o aquecimento solar como uma escolha inteligente para um futuro mais limpo e econômico (Bluesol, 2023).

1.5.1 FUNCIONAMENTO DO AQUECIMENTO SOLAR

Os coletores solares mais utilizados para o aquecimento solar de água são os de placa plana, os quais são compostos por uma caixa isolada termicamente nas partes laterais e inferiores, no que diz respeito a parte inferior é inserido uma placa absorvedora que pode ser pintada de preto fosco ou tinta seletiva a fim de absorver a radiação solar.

A estrutura da parte superior do coletor é fechada com uma ou duas placas de vidro plano transparente, dependendo da temperatura desejada, de uma placa absorvedora que transforma a radiação em calor e transfere para o fluido de trabalho, enquanto que o armazenador de água é responsável por armazenar a água aquecida pelo coletor solar, garantindo um suprimento de água quando precisar. (De Souza e Bezerra, 2000).

Portanto, a principal diferença está na forma como a energia solar é convertida e utilizada, a energia fotovoltaica gera eletricidade, enquanto o aquecimento solar utiliza a energia térmica para aquecer água. (Machado e Miranda, 2015).

Segundo De Souza e Bezerra (2000), este sistema de aquecimento solar é amplamente adotado devido à sua eficiência e simplicidade de funcionamento, sendo uma alternativa sustentável e econômica para reduzir o consumo de energia convencional e as emissões de carbono. A tecnologia de aquecimento solar de água também contribui significativamente para a diversificação da matriz energética, promovendo a utilização de fontes renováveis e menos poluentes. Além disso, sua aplicação pode ser adaptada tanto para residências quanto para instalações comerciais e industriais, demonstrando sua versatilidade e aplicabilidade em diferentes contextos. A Figura 2 contém os componentes da placa de aquecimento solar.

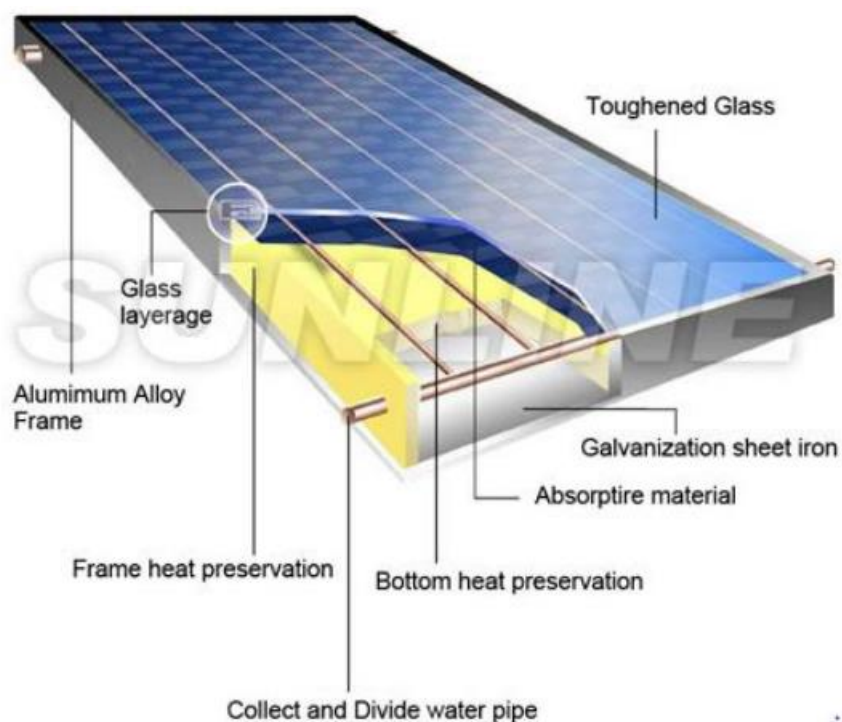


Figura 2 Placa plana aquecimento solar

Fonte: Modelo teórico de um coletor solar de placa plana mesclando materiais virgens com materiais reciclados (2011). Disponível em:

https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_wic_145_911_18235.pdf

A instalação de sistemas de aquecimento solar traz vantagens notáveis que se estendem por diversos âmbitos. Foi feita uma simulação, utilizando um coletor solar e um armazenador de água foi possível verificar uma redução de até 50% no consumo de energia elétrica e alívio na sobrecarga da rede. A economia a longo prazo reforça sua atratividade, enquanto a conformidade legal e a eficácia dos coletores solares, que mantêm temperaturas ideais para o aquecimento de água, cimentam a posição do aquecimento solar como uma solução eficiente e sustentável.

Os resultados obtidos pelas simulações mostraram-se eficientes para os cenários avaliados, com a temperatura máxima atingida pela água do coletor solar sendo de aproximadamente 80°C e a temperatura máxima do armazenador ficando na faixa de 40°C a 45°C, o que é suficiente para ser utilizado em sistemas de aquecimento (Tavares e Sousa, 2019).

2 METODOLOGIA

Com intuito de conhecer a problemática nessa área, foi realizada uma pesquisa descritiva, já que foram observados, registrados, classificados e interpretados sem interferência do pesquisador (Rodrigues, 2007), todo o sistema atual, de maneira quantitativa, e também, exploratória, visto que após obter os resultados, poderemos explorar a possibilidade de implantar o novo sistema de aquecimento solar.

Com a finalidade de cumprir o objetivo de analisar a viabilidade da substituição do sistema convencional de aquecimento elétrico de água por um sistema de aquecimento solar, no âmbito do Corpo de Cadetes da Aeronáutica (CCAER), foi realizado um estudo de natureza aplicada, com o intuito de resolver um problema real, que é a substituição da energia convencional elétrica por aquecimento solar, verificando qual sistema é mais viável. Com isso, foi feita uma análise quantitativa que traduz em números as informações para serem analisadas (Gil, 2010). O tempo médio de uso do chuveiro por cadete foi estimado a partir da observação da rotina diária do cadete na AFA, e a seguir a informação foi usada para calcular o consumo gasto por ano, este cálculo foi feito utilizando a relação da potência do chuveiro e o tempo médio de uso.

Para determinar o consumo de um chuveiro, é necessário multiplicar a potência do aparelho pelo tempo de uso e, em seguida, dividir o resultado por 1000, para obter o valor em watts, é importante converter o tempo de uso para horas. Com esses dados, é possível determinar o consumo de energia elétrica e, a partir dessa informação, calcular os gastos multiplicando o consumo pela tarifa (Forcato e Escher, 2021).

Foi realizada uma pesquisa em site especializado na área de aquecimento solar, e a partir da estimativa do consumo de energia foi possível calcular o número de placas solares necessárias e os custos com a compra e instalação, de acordo com o consumo anual para o aquecimento dos chuveiros no Corpo de Cadetes da Aeronáutica.

Já para uma análise contábil mais aprofundada, existem ferramentas como o Balanço Patrimonial, Demonstrativo de Resultado, Demonstrativo de Fluxo de Caixa, Análise de Ponto de Equilíbrio, Prazo de Payback, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL). (Backes, 2013). No presente estudo, serão empregados o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno como ferramentas de análise de risco e auxílio na tomada de decisão financeira (Souza *et al*, 2016), visto que a TIR tem algumas limitações, como a possibilidade de múltiplas taxas de retorno em projetos complexos (Backes, 2013). Portanto, é recomendado utilizar outras métricas, como o VPL, em conjunto com a TIR para uma análise mais completa.

3 RESULTADOS

3.2.1 CÁLCULO DO TOTAL GASTO COM CHUVEIRO NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

Para fins de cálculos serão considerados 700 cadetes no âmbito do Corpo De Cadetes e que, cada cadete, use o chuveiro em média 10 minutos uma vez por dia durante 30 dias. Para calcular o gasto do chuveiro, é necessário considerar a potência do chuveiro, o tempo de uso diário e o custo da energia elétrica. Abaixo contém a Fórmula do consumo do chuveiro.

$$\text{Consumo} = (\text{potência em watt}/1000) \times (\text{tempo}) \text{ número de horas} = \text{total em kWh.}$$

Fórmula 1 Fórmula do consumo do chuveiro

fonte: <https://wgsol.com.br/consumo-do-chuveiro-eletrico-como-calcular-corretamente>

Após calcular o consumo de energia em kWh, é possível determinar o valor gasto pelo chuveiro multiplicando o consumo pela tarifa de energia elétrica vigente. (Mariano e Contieri, 2015). Para calcular os gastos de consumo de energia elétrica, precisamos saber a potência do chuveiro em watts. O chuveiro utilizado na AFA é o chuveiro da marca Lorenzetti com potência média de 5500 watts para este cálculo. Para calcular esse valor, é preciso seguir alguns passos.

Primeiro passo, calculamos o consumo individual por banho, para isso é necessário multiplicar a potência do chuveiro (5500 W) pelo tempo do banho (10 minutos, convertido para horas: 0,1667 horas). O resultado é 916,65 Wh (Watt-hora). Em seguida, converter esse valor para kWh (quilowatt-hora), dividindo por 1000. O consumo individual em kWh por banho é de 0,91665 kWh. Para calcular o consumo total por dia, multiplicamos o consumo individual por banho pelo número de banhos por dia (700). O consumo total por dia é de 641,655 kWh/dia. Finalmente, para calcular o consumo mensal, multiplicamos o consumo total por dia pelo número de dias no mês (30). O consumo mensal é de 19249,65 kWh/mês.

Considerando a tarifa de R\$0,65 por kWh (essa tarifa foi obtida da conta de energia elétrica fornecida pela seção de infraestrutura elétrica), e o consumo mensal de energia elétrica estimado em 19249,65 kWh, podemos calcular o valor mensal gasto com

o chuveiro. Multiplicando o consumo mensal pela tarifa por kWh, chegamos ao seguinte cálculo: Valor mensal gasto = $19249.65 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,65 / \text{kWh}$ Valor mensal gasto = $19249.65 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,65 / \text{kWh}$. Isso resulta em um valor mensal gasto de aproximadamente de R\$ 12.462,27. Portanto o gasto atual em energia elétrica com o consumo dos chuveiros elétricos na AFA é de R\$ 149.547,24 anuais.

3.3.1 ORÇAMENTO DE INSTALAÇÃO NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

Para fins de cálculos será considerado que um chuveiro tem vazão média de 6 litros por minuto, então em um banho de 10 minutos são gastos aproximadamente 60 litros (Brasil, 2024). Então, com 700 cadetes tomando banho diariamente, ao multiplicar o total gasto por banho pelo total de cadetes, aproximadamente 42.000 litros são utilizados diariamente na Academia da Força Aérea pelos cadetes.

Para aquecer essa quantidade de água, podemos optar por um sistema de aquecimento solar, o qual foi pesquisado no site especializado Era Solar e feito um questionário realizado pelo atendente do site foi necessário fornecer as seguintes informações: se há boilers nos alojamentos, qual é total diário gasto com água no banho aproximadamente e, por fim, foi verificado a possibilidade de deixar as placas de captação solar apontado para o Norte, a fim de conseguir ter um maior aproveitamento da nascente ao poente do Sol.

De acordo com as informações, cada painel solar de 2m x 1m é capaz de aquecer 200 litros de água durante o dia, isso considerando o local e o tanto de captação solar correspondente à realidade da Academia Da Força Aérea. Então para suprir os 42.000 litros diários, são necessários 210 coletores solares da marca Komeco de 1,96 X 1,0 M - Modelo Princess, o modelo com maior captação solar, além de maior durabilidade, já que o referido painel é produzido com vidro temperado, sendo resistentes a chuva e granizos, além de serpentina em aço inox, o qual protege contra rompimento em caso de congelamento na época de frio. Considerando que cada coletor solar Komeco-Princess custa 1.415 reais, o custo total para 210 coletores será aproximadamente 297.000 reais. A figura 3 mostra o coletor solar da marca Komeco-Princess:



Figura 3 Coletor Komeco - Princess

Fonte: Era Solar (2024)

3.4.1 POSSÍVEIS LOCAIS DE INSTALAÇÃO

Na AFA, há uma variedade de espaços que seriam ideais para instalação, como telhados amplos e áreas abertas que recebem luz solar direta ao longo do dia. Escolher esses locais estrategicamente não só garantiria uma geração eficiente de energia térmica, mas também reduziria possíveis obstáculos à luz solar, como sombras de prédios ou árvores.

Um local ideal para instalar os sistemas de aquecimento solar na Academia da Força Aérea Brasileira (AFA) seria nos telhados dos alojamentos, tanto do alojamento do 2º/3º ano, como no alojamento do 4º ano, preferencialmente voltados para o lado norte. Essa orientação aproveita ao máximo a incidência solar durante o dia, desde o nascer até o pôr do sol.

Ao instalar os sistemas de aquecimento solar em locais bem escolhidos e com a orientação correta, a AFA poderia não só aumentar a eficiência na geração de energia, mas também integrar esses sistemas com uma estrutura já existente. Ao observar os alojamentos por meio do aplicativo *google Earth*, é possível utilizar a ferramenta régua e medir as dimensões dos alojamentos, com isso foi possível observar que o alojamento do 2º/3º ano tem dimensões de 150m x 24m, totalizando em 3600m², e o alojamento do 4º ano possui dimensões de 100m x 26m, totalizando em 2600m², espaço suficiente para instalação do sistema de aquecimento solar. Nas figuras 4 e 5, respectivamente, mostra os alojamentos do 2º/3º e 4º ano:



Figura 4 Alojamento 2º/3º ano
 Fonte: *Google Earth*



Figura 5 Alojamento 4º ano
 Fonte: *Google Earth*

3.5.1 CÁLCULO DA VIABILIDADE DESSE SISTEMA

Em relação a Taxa Interna de Retorno (TIR), a qual é calculada encontrando a taxa de juros que iguala o valor presente dos fluxos de caixa de um projeto ao seu investimento inicial, diferente do Valor Presente Líquido (VPL), que é calculado subtraindo o investimento inicial do valor presente de todos os fluxos de caixa futuros do projeto, descontados pela taxa de juros escolhida. A taxa de juros utilizada para descontar os fluxos de caixa no cálculo do VPL pode ser a taxa paga pela caderneta de poupança, que seria a melhor taxa de retorno sem risco paga pelo mercado (Marquezan e Brondani, 2006). Desse modo, após a análise desses dois métodos será possível concluir a eficiência do uso do aquecimento solar no Corpo de Cadetes da Aeronáutica.

Nesse contexto, ressalta a importância estratégica da energia solar no âmbito do Plano Nacional de Defesa, proporcionando não apenas uma alternativa energética limpa e renovável, mas também uma abordagem econômica e tecnológica que se alinha com os objetivos de modernização e eficiência. Por meio de análise criteriosa utilizando as ferramentas contábeis, como o VPL e a TIR, é possível verificar a viabilidade financeira

dessas soluções energéticas, orientando decisões embasadas em dados concretos para a decisão da implantação do aquecimento solar no âmbito do Corpo de Cadetes.

Já para uma análise contábil mais aprofundada, existem ferramentas como o Balanço Patrimonial, Demonstrativo de Resultado, Demonstrativo de Fluxo de Caixa, Análise de Ponto de Equilíbrio, Prazo de *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL). (Backes, 2013). No presente estudo, serão empregados o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno como ferramentas de análise de risco e auxílio na tomada de decisão financeira (Souza *et al*, 2016), visto que a TIR tem algumas limitações, como a possibilidade de múltiplas taxas de retorno em projetos complexos (Backes, 2013). Portanto, é recomendado utilizar outras métricas, como o VPL, em conjunto com a TIR para uma análise mais completa.

Para calcular a VPL é necessário usar a seguinte fórmula:

$$VPL_{(i)} = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - I_0$$

Fórmula 2 Fórmula Valor Presente Líquido (VPL)

Fonte: Princípios Da Administração Financeira (2010, p. 369)

Sendo que:

I_0 = investimento inicial = R\$ 297.000

FC = fluxo de caixa líquido no período (valor economizado no ano) = R\$ 149.547,24

i = taxa de desconto (valor médio da poupança) = 8,03%

N = número de períodos valor apresentado durante o orçamento dos anos de durabilidade desse sistema = 20 anos

Ao colocar esses valores na fórmula é possível encontrar o $VPL = 2.259.340,21$ reais, visto que o Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica de avaliação de projetos utilizada pela empresa para determinar sua relevância. Calculado descontando os fluxos de caixa futuros para o presente, o VPL indica se um projeto é aceitável ou não. Se o VPL for superior a \$0, o projeto é aceito, pois gera um retorno maior que o custo de capital, aumentando o valor da empresa e a riqueza dos acionistas. Por outro lado, se o VPL for

inferior a \$0, o projeto é rejeitado. Essa análise é fundamental na tomada de decisões de investimento, pois revela o valor que um projeto pode criar. (Gitman, 2010)

Em relação ao cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR), é possível calculá-la utilizando a seguinte fórmula:

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = FC_0$$

Fórmula 3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Fonte: Princípios Da Administração Financeira (2010, p. 371)

FC = fluxo de caixa líquido no período (valor economizado no ano) = R\$ 149.547,24

TIR = A Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que faz com que o Valor Presente Líquido (VPL) dos fluxos de caixa de um projeto seja igual a zero. Em outras palavras, é a taxa de retorno que o projeto irá gerar ao longo de sua vida útil.

FC₀ = investimento inicial = R\$ 297.000

N = número de períodos (normalmente em anos) = 20 anos

Ao colocar os valores na fórmula é possível verificar que a TIR = 50,33%, então, visto que, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma ferramenta para a empresa avaliar a viabilidade de seus projetos no contexto do orçamento de capital. Funciona como a taxa de desconto que iguala o Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto a zero, o que significa que representa a taxa de retorno esperada do investimento ao longo do tempo (Gitman, 2010).

Ao utilizar a TIR para decidir sobre a relevância de um projeto, a empresa adota critérios específicos. Se a TIR for superior à taxa de desconto, geralmente o custo de capital da empresa, o projeto é considerado viável e provavelmente será aceito, indicando um retorno esperado maior que o custo de capital. Se a TIR for igual à taxa de desconto, o projeto é neutro em termos de criação de valor. Por fim, se a TIR for menor que a taxa de desconto, o projeto é considerado inviável e provavelmente será rejeitado, pois o retorno esperado é inferior ao custo de capital (Gitman, 2010).

Portanto, ao analisar a TIR desse projeto, é possível verificar que a $TIR = 50,33\%$, ou seja, é maior que a taxa de desconto de $8,03\%$, mostrando boa viabilidade para instalação desse sistema.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão do presente estudo aponta a viabilidade e a vantagem econômica da substituição do sistema convencional elétrico de aquecimento de chuveiros por um sistema de aquecimento solar na Academia da Força Aérea Brasileira (AFA). Ao analisar os custos associados ao consumo de energia elétrica gasta com o chuveiro, anualmente, que totalizam aproximadamente R\$ 149.547,24, é possível observar uma oportunidade significativa de economia ao implementar o sistema de aquecimento solar.

O investimento inicial para a instalação do sistema de aquecimento solar é de R\$ 297.000,00, entretanto, essa despesa é compensada pelos ganhos em economia de energia ao longo do tempo, considerando os valores apresentados, em cerca de, aproximadamente, 1,98 anos será possível pagar o investimento do aquecimento solar com a receita que pagaria a energia elétrica. Podemos observar também, com base nas ferramentas financeiras, que foi possível calcular o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), demonstrando que a implementação do sistema de aquecimento solar é altamente vantajosa para a AFA, no aspecto econômico.

Além dos benefícios financeiros diretos, é importante destacar a preocupação da Academia da Força Aérea Brasileira com o uso de energia renovável e sustentável. A adoção do sistema de aquecimento solar não apenas reduzirá os custos operacionais, mas também contribuirá significativamente para a redução no impacto ambiental, causados pelas hidrelétricas e um futuro mais sustentável ao substituir fontes convencionais de energia elétrica por alternativas limpas e eficientes. Nesse contexto, é importante frisar que o país se destaca pela abundância de radiação solar, tornando a energia solar uma opção viável (Tavares e Sousa, 2019).

Então, diante das evidências apresentadas e da análise detalhada dos custos e benefícios, é viável a substituição do sistema convencional elétrico de aquecimento de chuveiros pelo sistema de aquecimento solar. Esta medida não só proporcionará economia financeira substancial a curto e longo prazo, mas também reforçará o compromisso da instituição com a adoção de práticas sustentáveis e a utilização responsável de recursos

energéticos. Além de que, o Plano Nacional de Defesa (PND) estabelece a necessidade de aperfeiçoamento constante do setor de Saúde, Educação, Ciência, Tecnologia e Inovação, em qualificação do capital humano e em infraestrutura, transporte, energia, comunicação, bem como dos sistemas de Inteligência no âmbito da Defesa Nacional, além de defender o uso sustentável dos recursos ambientais (Brasil, 2022).

Conclui-se que o objetivo de analisar a viabilidade da substituição do sistema convencional de energia elétrica por um sistema de aquecimento solar para utilização dos chuveiros, no âmbito do Corpo de Cadetes da Aeronáutica, foi atingido com sucesso. Os objetivos específicos, que incluíram a análise do custo anual gasto com a utilização do sistema elétrico para aquecimento de água nos chuveiros do Corpo de Cadetes da Aeronáutica, o cálculo do potencial energético das placas solares e a computação da eficiência econômica por meio de ferramentas contábeis, foram também alcançados de maneira satisfatória. As análises realizadas demonstraram que a adoção de um sistema de aquecimento solar é viável e vantajosa para a Academia da Força Aérea.

REFERÊNCIAS

- BACKES, D. C. **Contabilidade gerencial como instrumento na construção e manutenção de novos negócios**. 2013, p. 32. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/206195/001112519.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- BLUESOL. **Guia definitivo: as vantagens e desvantagens da energia Solar**. 2023. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>.
- BRASIL. Governo do Estado do Paraná. **Temperaturas altas, queda de vazão e elevação no consumo de água colocam abastecimento de Matelândia em alerta**, 2024. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Temperaturas-altas-queda-de-vazao-e-elevacao-no-consumo-de-agua-colocam-abastecimento-de#:~:text=DIMINUIR%20O%20TEMPO%20DE%20BANHO>. Acesso em: 25 mar. 2024.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Política nacional de defesa**. Brasília. 2020.
- CAMPOS, M. S. *et al.* Programa para o cálculo da variação da direção de incidência dos raios solares ao longo do ano. In: **XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, 2013. p. 14.
- DE SOUZA, L. G. M; BEZERRA, J. M. **Sistema alternativo de aquecimento solar**. p. 9, 2000.
- ELETROBIDU. **EletoBidu energia solar**. 2021. Disponível em: https://simulaform.eletobidu.com.br/?campanha=google-k-marca&criativo=rede-palavras-são-carlos&social=2&thankform=1&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign . Acesso em: 22 ago. 2023.
- FONSECA, H. A. B. *et al.* **Transição energética: desafios e oportunidades com ciência**. 2022, p. 7-. Disponível em: <https://www.comciencia.br/transicao-energetica-desafios-e-oportunidades/> . Acesso em: 21 ago. 2023.
- FORCATO, M. B. M. **Interdisciplinaridade e Contextualização: uma investigação da própria prática nas aulas de matemática a partir de uma sequência de atividades nos anos finais do Ensino Fundamental**. 2021, p. 30.
- FREITAS, R. M. O de *et al.* **Avaliação custo-benefício da energia solar de aquecimento de água para fins residencial e comercial**. 2010.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12^a ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

HINRICHS, R. A. **Energia e meio ambiente**. 5^a ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

JURAS, I. A. G. M. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma introdução**. *Plenarium*, v. 5, n. 5, p. 34-46, 2008.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão**. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 1, p. 126–143, 2015.

Et al MARIANO, B. L. S; CONTIERI, E. S. **Eficiência energética: monitoramento do chuveiro elétrico**. Trabalho de Conclusão de Curso: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. **Análise de investimentos**. *Revista Eletrônica de Contabilidade*, v. 3, n. 1, p. 35–35, 2006.

MOREIRA, C. E. S.; CARDOSO, A. M. **Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente**. *Bolsista de Valor*, v. 1, p. 397-402, 2010.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p.

RODRIGUES, W.C. **Metodologia científica**. 2007, p. 20.

SOUZA, R. J.; JÚNIOR, D. S. DA S.; SPIEGEL, T. **Para além do VPL e da TIR: aplicação de métodos analíticos estocásticos à avaliação de projetos- estudo de cenários de negócios do mercado de cervejas artesanais**. *Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ*, v. 21, n. 3, p. 74–94, 2016.

TAVARES, S. R.; SOUSA, N. G. **Sistema de aquecimento solar de água: simulação e análise**. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação*, v. 4, n. 1, p. 15, 7 2019.