



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023

**JOSÉ ROMERO TAVARES DA COSTA**, Cap Eng

**Utilização da Energia solar fotovoltaica para alimentação de um sistema de  
bombeamento de água**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023

**JOSÉ ROMERO TAVARES DA COSTA**, Cap Eng

**Utilização da Energia solar fotovoltaica para alimentação de um sistema de bombeamento de água**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação

Orientador: Allison Nunes Fernandes,  
Cap Eng

Rio de Janeiro

2023

**JOSÉ ROMERO TAVARES DA COSTA, Cap Eng**

**Utilização da Energia solar fotovoltaica para alimentação de um sistema de bombeamento de água**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

---

Pedro Nolasco Duarte, Maj Av  
EAOAR

---

Allison Nunes Fernandes, Cap Eng  
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

## RESUMO

A energia solar fotovoltaica surge como uma alternativa para a geração de energia para alimentar sistemas de bombeamento de água, dentre outras aplicações. Esta fonte de energia renovável e barata, converte diretamente a luz solar em energia elétrica e, após essa conversão, a energia é transformada de corrente contínua para corrente alternada pelo inversor e injetada na rede elétrica.

Na Base aérea de Natal um problema frequente é a falta d'água originada pela interrupção no funcionamento das bombas do sistema de captação e distribuição de água, causado pela falta energia elétrica.

Este ensaio defende a tese que a utilização da energia solar fotovoltaica para alimentação do sistema de bombeamento de água proporcionará uma otimização do sistema, com o emprego de uma fonte de energia elétrica limpa, barata e renovável.

Para fundamentar esta tese, foram explorados dois argumentos. O primeiro permite identificar a confiabilidade trazida pela implantação do sistema fotovoltaico no funcionamento do sistema de operação das bombas da Base Aérea de Natal, devido a robustez do sistema do sistema fotovoltaico. O segundo, permite concluir que teremos uma redução do consumo de energia elétrica gerando um menor custo com o pagamento de faturas de energia.

Por fim, percebe-se que este estudo ao ser aplicado no COMAER contribuirá para uma aplicação eficiente do programa de eficiência energética, utilizando-se de uma fonte de energia elétrica, limpa, abundante e renovável.

**Palavras-chave:** Energia solar fotovoltaica. Bombeamento de água. Eficiência Energética.

## 1 INTRODUÇÃO

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (VILLALVA, 2022).

A região Nordeste do Brasil possui uma elevada incidência solar o ano inteiro com índices superiores de irradiação solar quando comparados aos dos países europeus, superando até a Alemanha que é um dos maiores geradores de energia fotovoltaica da atualidade (PINHO e GALDINO, 2015).

Na Base Aérea de Natal um dos problemas verificados é a falta de estabilidade e confiabilidade da rede de distribuição de energia elétrica da Guarnição. Frequentemente ocorrem panes no fornecimento de energia elétrica e estas falhas causam impacto direto na operação do sistema de captação e distribuição de água potável às edificações e casas da vila residencial localizada na Base, pois as bombas não possuem um sistema de geração de energia de emergência (gerador a diesel).

Neste contexto, este ensaio defende que a utilização da energia solar fotovoltaica para a alimentação do sistema de bombeamento de água dos pontos de captação (poços) existentes na Base Aérea de Natal, irá proporcionar uma otimização da operação do sistema de captação e fornecimento de água, visto que o sistema será menos dependente do fornecimento de energia elétrica da concessionária local.

A implantação do sistema de geração de energia elétrica a partir de um sistema fotovoltaico, para alimentação do sistema de captação e abastecimento de água resultará num menor custo com pagamento de faturas de energia elétrica. Com uma menor utilização da energia elétrica proveniente da concessionária, tendo em vista que a energia gerada pelo sistema fotovoltaico a ser instalado suprirá a alimentação das bombas, a energia elétrica da concessionária ficará apenas como um backup, sendo utilizada apenas quando o sistema fotovoltaico não estiver funcionando (período noturno ou com muita nebulosidade).

A confiabilidade do sistema de captação e distribuição de água será garantida pelo fato de estarmos empregando para a alimentação das bombas, uma fonte de energia elétrica independente da concessionária de energia.

Este sistema de geração de energia elétrica pode ser perfeitamente implantado na região onde está localizada a Base Aérea de Natal (cidade de Parnamirim-RN), pois o nível de radiação solar na região é alto, a média mensal dos totais diários de irradiação global horizontal é de 5.483 Wh/m<sup>2</sup> (INPE, 2023).

## **2 DESENVOLVIMENTO**

A matriz energética brasileira é baseada em fontes de energia elétrica predominantemente renováveis, a energia de origem hidráulica responde por 60,21% da produção da eletricidade, a de origem térmica por 21,73% e a de energia solar corresponde atualmente por 3,4% da produção (ONS, 2023).

Para a conversão da radiação solar em energia elétrica são utilizadas placas solares (módulos). O sistema fotovoltaico é constituído basicamente pelas placas solares, inversor(es), string box (quadro elétrico com os dispositivos de proteção), medidor de energia elétrica bidirecional, cabos elétricos e elementos de sustentação dos módulos solares.

Quanto à forma como é feita a geração ou entrega da energia elétrica os sistemas fotovoltaicos são classificados em: sistemas isolados e nos sistemas conectados à rede elétrica da concessionária (On-Grid).

No âmbito do Comando da Aeronáutica, a Instrução do Comando da Aeronáutica 400-54 (ICA 400-54), trata da implantação do programa de eficiência energética (PEE) no âmbito de todas as Organizações Militares do COMAER. A finalidade deste programa é promover o uso eficiente da energia elétrica em toda a estrutura organizacional do COMAER, no território nacional, priorizando os projetos quanto à viabilidade econômica referente à melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica (ICA 400-54 - 2018).

Na Base Aérea de Natal (BANT) tanto o sistema de captação de água potável da Base Leste, onde estão localizados o prédio do comando da BANT, o rancho e os esquadrões aéreos, quanto da Base Oeste, onde estão localizados o DTINFRA-NT, o DTCEA-NT e a seção de contra incêndio da BANT, é realizado através de bombas submersas. Essas bombas captam a água do lençol subterrâneo e através de tubulações, direcionam a água captada para um reservatório do tipo elevado que através do fenômeno da gravidade distribui a água para as edificações e para as casas do Conjunto Habitacional Eduardo Gomes (CHEG), localizados dentro da Base Aérea.

O problema da falta de água acarreta transtornos no funcionamento das seções e na vida dos moradores da vila residencial. As bombas utilizadas são elétricas, do tipo trifásicas e sua alimentação é proveniente da rede de distribuição de energia elétrica da Base Aérea de Natal. Quando ocorre uma falta de energia elétrica provocada por um problema no fornecimento de energia por parte da concessionária de energia local, ou devido a algum problema na rede de média ou de baixa tensão dentro da base aérea, as bombas param de funcionar interrompendo o fornecimento de água ao reservatório superior.

## **2.1 Confiabilidade do sistema fotovoltaico**

Em seu artigo sobre a análise de rendimento de um sistema de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica para irrigação de um viveiro de mudas PEREIRA e MENDES et al (SENOL, 2012 apud SHINDE; e WANDRE, 2015) apresenta informações que reforçam a confiabilidade proporcionada pela geração fotovoltaica e outras características deste sistema:

Esses sistemas de bombeamento por energia solar oferecem simplicidade, confiabilidade e baixa manutenção para irrigação de pequenas culturas agrícolas, além de ser uma alternativa mais sustentável e econômica em relação ao bombeamento por motor diesel em localidades isoladas e sem acesso à rede elétrica de distribuição da concessionária ou até mesmo quando essa rede elétrica é disponível (SENOL, 2012; SHINDE; WANDRE, 2015).

Desta forma, fica claro que a utilização do sistema de energia solar garante uma maior confiabilidade à operação do sistema de bombeamento de água, uma vez

que o fornecimento de energia elétrica das bombas será menos vulnerável as faltas de energia elétrica da concessionária. No sistema proposto, (sistema do tipo on-grid) a rede elétrica da concessionária só entrará em operação, assumindo a alimentação elétrica das bombas quando o nível de radiação solar no local for baixo solar (período noturno).

Em sua dissertação de mestrado sobre a avaliação econômica-financeira da implantação da energia solar na região noroeste do estado de Minas Gerais, Borges et al (SEI (2013)), cita as vantagens que o sistema solar fotovoltaico apresenta em relação aos sistemas elétricos convencionais:

Confiabilidade: evitam o elevado custo de falhas no sistema elétrico em aplicações que demandam alimentação ininterrupta (fonte de energia backup); Durabilidade: longa vida útil sendo maior que 25 anos; Baixo custo de manutenção: necessitando somente de limpeza periódica dos módulos; Promove a autossuficiência de energia elétrica em algumas aplicações; Alto desempenho em elevadas altitudes.

A confiabilidade do sistema fotovoltaico fica evidenciada pela sua baixa manutenção, longa durabilidade, com vida útil superior a 20 anos, e autossuficiência energética em determinadas aplicações.

Substituindo, total ou parcialmente, a energia empregada no bombeamento de água usando a energia elétrica gerada a partir de painéis fotovoltaicos, como uma alternativa para diminuir a dependência da rede elétrica, aumenta-se a confiabilidade e autonomia desse tipo de sistema.

## **2.2 Redução dos custos com energia elétrica**

Ricardo Ruther na sua obra sobre instalações fotovoltaicas traz as seguintes constatações:

Painéis solares fotovoltaicos são projetados e fabricados para serem utilizados em ambiente externo, sob sol, chuva e outros agentes climáticos, devendo operar satisfatoriamente nestas condições por períodos de 30 anos ou mais.

Do ponto de vista da eficiência energética, estes sistemas podem ser considerados bastante ideais, visto que geração e consumo de energia têm coincidência espacial, minimizando assim as perdas por transmissão comuns aos sistemas geradores centrais tradicionais. Dependendo do perfil de consumo pode ocorrer também muitas vezes uma coincidência temporal com a geração solar, como no caso da demanda por ar-condicionado, em que a coincidência é perfeita (a potência elétrica demandada por ar-condicionado é máxima quando a insolação é máxima) (Ricardo Ruther, 2004).

Na aplicação sugerida, bombeamento de água, o sistema será mais exigido durante o horário de expediente na Base Aérea, que se inicia as 07:00h e termina as 16:00h, ou seja, o pico de consumo de energia elétrica coincide com o horário de maior geração do sistema fotovoltaico.

Vale ressaltar que das 6:00hs às 17:00, é o horário no qual o sistema fotovoltaico encontra-se em funcionamento e fornecendo energia elétrica a bomba. Ou seja, durante aproximadamente onze horas diárias não será utilizada a energia da concessionária, o que reduz o consumo de energia elétrica e consequentemente os custos com o pagamento das faturas de energia elétrica.

O sistema de geração de energia elétrica com a utilização da energia solar apresenta várias vantagens, das quais podemos destacar: é uma matéria prima inesgotável; não há emissão de poluentes durante a geração de eletricidade; a instalação deste sistema é rápida; os sistemas podem ser instalados em qualquer região do Brasil; não funcionam a base de diesel. O sistema de geração fotovoltaica necessita de baixa manutenção (os módulos solares necessitam apenas de uma limpeza periódica com água para remoção da poeira). Quanto a vida útil, vários fabricantes dão uma garantia para os módulos solares de 25 anos.

Isso faz com que ela seja mais econômica, pois não é necessário ter gastos extras com combustíveis. Com a utilização da energia fotovoltaica teremos uma fonte de energia menos dependente da influência do nível das chuvas, como é o caso da energia elétrica gerada pelas hidrelétricas. Quando o nível de água dos reservatórios das hidrelétricas está muito baixo, como consequência o governo aumenta o preço das tarifas de energia elétrica para provocar a diminuição do consumo e para custear a utilização das usinas térmicas que entram em operação nestes períodos críticos.

Outro fator favorável é que o financiamento para a implantação do sistema fotovoltaico pode ser custeado pela concessionária de energia elétrica local, através

do seu programa de eficiência energética (PEE). Nesse programa a empresa concessionária deve aplicar a 0,50% (zero vírgula cinquenta por cento) de sua receita operacional líquida anual no desenvolvimento de programa para o incremento da eficiência energética no uso final de energia elétrica

### **3 CONCLUSÃO**

O aproveitamento do recurso solar na Base Aérea de Natal se apresenta como uma excelente opção para complementação da fonte convencional de energia elétrica da distribuidora de energia elétrica local, garantindo uma fonte de energia elétrica para o sistema de captação e bombeamento de água da guarnição. Desta forma minimizaremos o problema de falta de água quando o sistema de bombeamento cessa devido à falta energia elétrica na BANT, pois durante o período de incidência de sol na região, o sistema fotovoltaico está em pleno funcionamento e garantindo o suprimento de energia elétrica as bombas.

A otimização funcionamento do sistema de bombeamento de água, defendido nesta tese será alcançado através do emprego da energia solar para a geração de energia.

Será obtido também uma confiabilidade na operação do sistema de bombeamento de água, pois haverá na geração de energia solar através do sistema fotovoltaico uma fonte de geração e fornecimento de energia elétrica independente da concessionária local e menos sensível as faltas desta última, durante todo intervalo do dia com incidência solar.

Haverá uma redução de custos com energia elétrica tendo em vista que o sistema de geração de energia fotovoltaica suprirá o funcionamento das bombas durante todo o período do dia com incidência de irradiação solar sobre os painéis.

A implantação do sistema é viável pela quantidade disponível de incidência solar na localidade durante todo o período do ano (dados disponíveis no banco de dados do INPE) e a implantação do projeto pode ser viabilizado com a captação de recursos do programa de eficiência energética da concessionária de energia elétrica local.

A FAB poderá utilizar o sistema fotovoltaico em outras organizações militares, como por exemplo, no Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Tabatinga – DTECA – TT, e demais destacamentos situados na região Norte do país. Desta forma, empregando-se a geração de energia fotovoltaica para a aplicação sugerida neste ensaio estamos otimizando o funcionamento de captação e distribuição de água da BANT, utilizando-se uma fonte de energia elétrica limpa, renovável e abundante.

O sistema de geração de energia fotovoltaica também pode ser empregado em outras aplicações, como por exemplo para fornecer energia elétrica para alimentação dos prédios administrativos.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria EMAER nº 25/4SC1, de 29 de junho de 2018. Aprova a edição da ICA 400-54 – Implantação do Programa de Eficiência Energética (PEE) no âmbito do COMAER. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, RJ, 05 julho de 2018.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Médias do total diário da irradiação direta normal para o estado do Rio Grande do Norte**. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas2\\_tables/RN\\_dir.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/RN_dir.html). Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

MENDONÇA, F. A. S.. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para alimentação de uma estação elevatória da CAERN**. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

ONS. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. **Matriz de Energia Elétrica do SIN**. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

PINHO, J. e GALDINO, M. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, 2014.

RUTHER, R.; **Edifícios Solares Fotovoltaicos - O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**, 2004, Florianópolis.

VILLALVA, M. G.; **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações**, 2º Edição 2022.

SENL, R. **An analysis of solar energy and irrigation systems in Turkey**. *EnergyPolicy*, v. 47, p. 478-486, 2012.

SEI – Solar Energy Internacional (2013). **Photovoltaics: Design and Installation Manual**. New Society Publishers, p.317

SHINDE, V. B.; WANDRE, S. S. Solar photovoltaic water pumping system for irrigation: A review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 22, p. 2267–2273, 2015.