



**ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS**

**CAP COM GEORGE AMADEU FERNANDES ALVES DOS SANTOS**

**UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA OPERAÇÃO DE UM CENTRO DE  
COMUNICAÇÕES EM UM POSTO DE COMANDO NO ESCALÃO DIVISÃO  
DE EXÉRCITO**

**Rio de Janeiro  
2023**

# ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

CAP COM GEORGE AMADEU FERNANDES ALVES DOS SANTOS



## UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA OPERAÇÃO DE UM CENTRO DE COMUNICAÇÕES EM UM POSTO DE COMANDO NO ESCALÃO DIVISÃO DE EXÉRCITO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização em Ciências Militares.

Orientador: Cap Com Rodolfo de Azevedo **Maymone**

Rio de Janeiro  
2023

SA237

Santos, George Amadeu Fernandes Alves dos.

Utilização de Energia Solar para Operação de um Centro de Comunicações em um Posto de Comando no Escalão Divisão de Exército / George Amadeu Fernandes Alves dos Santos – 2023

40 f. il color.

Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais - ESAO, Rio de Janeiro, 2023.

1. Comunicações 2. Centro de Comunicações 3. Energia Solar 4. Divisão de Exército 5. Batalhão-Escola de Comunicações | Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais. II  
Título.

CDD: 355



**MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS  
(E. A. O./1919)**

**DIVISÃO DE ENSINO E PESQUISA / CURSO DE COMUNICAÇÕES**

Ao Cap Com GEORGE AMADEU FERNANDES ALVES DOS SANTOS .

O Presidente da Comissão de Avaliação do TCC, cujo título é UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA OPERAÇÃO DE UM CENTRO DE COMUNICAÇÕES EM UM POSTO DE COMANDO NO ESCALÃO DIVISÃO DE EXÉRCITO, informa à Vossa Senhoria o seguinte resultado da deliberação: **APROVADO** com o conceito **MUITO BOM**.

Rio de Janeiro, 25 de setembro de 2023

ANDERSON GUSTAVO LIMA DOS SANTOS - Maj  
Presidente

RODOLFO DE AZEVEDO MAYMONE - Cap  
1º Membro / Orientador

WAGNER DE FARIAS FIGUEIREDO - Maj  
2º Membro

CIENTE:

GEORGE AMADEU FERNANDES ALVES DOS SANTOS - Cap  
Postulante

## RESUMO

Este trabalho abordou a utilização de uma fonte alternativa de energia para operação de Centro de Comunicações no escalão Divisão de Exército no terreno, mais especificamente a energia fotovoltaica, utilizando o Batalhão-Escola de Comunicações (B Es Com), que apoia a 1ª Divisão de Exército, como objeto de estudo. Tem como objetivo propor a utilização de uma fonte alternativa ao gerador a combustível, que é a fonte de energia amplamente utilizada, no âmbito do Exército Brasileiro, na instalação de Centro de Comunicações em ambientes que não há a possibilidade de se utilizar a energia elétrica local. Como método de pesquisa, foi utilizada a pesquisa bibliográfica em fontes relevantes e atuais que possam contribuir sobremaneira para a realização do objetivo proposto. Com a conclusão da pesquisa, obteve-se dados fundamentais, através dos quais se pôde concluir a viabilidade da aquisição de equipamentos geradores de energia solar a médio e longo prazo a fim de modernizar as técnicas de instalação do Centro de Comunicações em ambientes remotos, e gerar autonomia energética, visando aumentar a operacionalidade do B Es Com.

Palavras-chave: Energia. Solar. Comunicações. Divisão. Fotovoltáica.

## **ABSTRACT**

This work addressed the use of an alternative source of energy for the operation of a Communications Center within the Division of the Army in the field, specifically photovoltaic energy. The study focused on the Communications School Battalion (B Es Com), which supports the 1st Army Division. Its objective was to propose the utilization of an alternative source to fuel generators, which is widely used within the Brazilian Army, for the establishment of Communication Centers in areas where local electrical power is unavailable. The research methodology involved a bibliographical study of relevant and current sources that could greatly contribute to achieving the proposed objective. Upon concluding the research, fundamental data were obtained, which allowed for the conclusion of the feasibility of acquiring solar energy generator equipment in the medium and long term to modernize the installation techniques of the Communication Center in remote environments, thereby enhancing the operational capability of B Es Com.

Key words: Energy. Solar. Communications. Division. Photovoltaic.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>7</b>  |
| 1.1 PROBLEMA .....   | 7         |
| 1.2 OBJETIVOS .....  | 8         |
| 1.3 QUESTÕES DE ESTUDO .....   | 8         |
| 1.4 JUSTIFICATIVA .....  | 9         |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | <b>10</b> |
| 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....   | 10        |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA NO<br>BRASIL .....             | 12        |
| 2.3 EQUIPAMENTOS MÓVEIS DE ENERGIA SOLAR .....                                   | 13        |
| 2.4 COMPARATIVO ENTRE GERADORES A COMBUSTÍVEL E<br>GERADORES FOTOVOLTAICOS ..... | 16        |
| 2.5 USO DA ENERGIA SOLAR PELO EXÉRCITO NORTE-AMERICANO .                         | 17        |
| 2.6 NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE UM C COM .....                                   | 21        |
| <b>3. METODOLOGIA</b> .....  | <b>25</b> |
| 3.1 OBJETIVO FORMAL DO ESTUDO .....  | 25        |
| 3.2 AMOSTRA .....  | 25        |
| 3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....   | 26        |
| 3.4 PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA .....                               | 27        |
| 3.5 INSTRUMENTOS .....   | 28        |
| 3.6 ANÁLISE DOS DADOS .....  | 28        |
| <b>4. RESULTADOS</b> .....   | <b>30</b> |
| <b>5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....   | <b>32</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO</b> .....  | <b>34</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>36</b> |
| <b>APÊNDICE A - ENTREVISTA</b> .....   | <b>38</b> |
| <b>APÊNDICE B - LISTA DE MATERIAIS C COM 1ª DE</b> .....                         | <b>40</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Os Centros de Comunicações (C Com) são fundamentais para o Comando e Controle (C2) de uma Operação Militar. Através deles, todas as ordens e informações referentes ao escalão ao qual está inserido, serão transmitidas. A instalação e operação de um C Com requerem uso contínuo de energia elétrica. Para tanto, a escolha do local onde ele será instalado deve levar em conta este fator fundamental para seu funcionamento.

Baseado no Fator Terreno, dos fatores de decisão para escolha do Posto de Comando (PC), procura-se escolher um local que apresenta instalações ou edificações. (BRASIL, 2018) Para tanto, opta-se por inseri-los em localidades estruturadas como sedes de fazenda, prédios públicos, dentre outros, que geralmente possuem pontos fixos de energia elétrica no local. Assim, se assegura o uso continuado de energia elétrica contínua, com menos riscos de interrupções em comparação ao gerador a combustível.

Porém, quando há a necessidade de se instalar um Centro de Comunicações em uma localidade remota, em que não há pontos fixos de energia, geralmente utiliza-se o gerador a combustível. Com isto, implica-se a necessidade de suprimento de combustível a ser fornecido através da cadeia logística de suprimento.

Assim, em operações em que haja a necessidade de se manter um C Com em funcionamento por longos períodos há pontos negativos relevantes nas duas opções mais comumente utilizadas. Na utilização de geradores a combustível, a demanda logística pode tornar inviável sua operação.

Dentre outras Unidades, o Batalhão-Escola de Comunicações é uma Organização Militar de Comunicações que poderia se beneficiar, caso seja viável, da utilização de energia solar para operar seu Centro de Comunicações.

### 1.1 PROBLEMA

A partir das situações apresentadas anteriormente, se questiona: seria viável a utilização de energia solar para operação do Centro de Comunicações no escalão Divisão de Exército, do B Es Com?



Há uma lacuna no que se refere ao estudo da aplicação prática da energia solar em Centros de Comunicações, o que pode ocasionar falta de preparo para cenários de emergência nos quais a dependência exclusiva de fontes convencionais de energia pode deixar os Centros de Comunicações vulneráveis a interrupções no fornecimento elétrico. A falta de estudo da energia solar como alternativa pode prejudicar a capacidade das Comunicações em situações críticas.

## 1.2 OBJETIVOS

A fim de propor soluções aos problemas apresentados acima, foram estabelecidos objetivos a serem atingidos.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade da utilização de energia solar para alimentar o Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar a demanda energética do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército.
- Identificar aspectos positivos e negativos no uso de gerador fotovoltaico para alimentar o C Com da 1ª DE.
- Identificar quais adaptações seriam necessárias para implementar o uso de gerador fotovoltaico no C Com 1ª DE.

## 1.3 QUESTÕES DE ESTUDO

A partir da análise dos objetivos propostos, é possível indicar as seguintes questões de estudo a serem avaliadas neste trabalho.

- 1) Qual a demanda energética do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército?

- 2) Quais os benefícios da utilização de gerador fotovoltaico no que se refere à operacionalidade do C Com para o B Es Com?
- 3) A utilização de energia solar como é realizada pelas Forças Armadas norte-americanas poderia ser adaptada para a realidade do B Es Com, tendo em vista os requisitos operacionais do C Com da 1ª Divisão de Exército (1ª DE)?

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

A instalação de Centros de Comunicações em operações é uma constante no âmbito do Exército Brasileiro. A presente pesquisa tem como possibilidade apresentar uma alternativa renovável ao uso de gerador a combustível, inovando o modo como é alimentado o C Com da 1ª DE e com possibilidade de efeitos positivos em sua operacionalidade.

Na atualidade, há uma crescente substituição do uso de combustíveis fósseis para alternativas mais sustentáveis, que além de redução do impacto ambiental, pode trazer redução de custos a longo prazo.

O uso de geradores fotovoltaicos (ou geradores solares) para alimentar o C Com da 1ª DE pode ter relevância para as Ciências Militares pelas seguintes razões:

1. Autossuficiência Energética: Em locais remotos, onde o C Com da 1ª DE pode ser instalado, muitas vezes não há acesso a redes elétricas confiáveis. A energia solar oferece uma fonte de energia autossuficiente, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis, como diesel ou gasolina, que precisam ser transportados para essas áreas.
2. Redução de Logística: O transporte de combustíveis para locais remotos pode ser caro e arriscado, especialmente em regiões hostis ou de difícil acesso. A energia solar elimina a necessidade de transportar combustível, economizando recursos e reduzindo a vulnerabilidade logística.
3. Sustentabilidade Ambiental: A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável, o que significa que não emite poluentes atmosféricos e tem um impacto ambiental mínimo. Isso é importante tanto para a conservação ambiental como para evitar a detecção do C Com pelo inimigo por meio da detecção de emissões poluentes.

4. **Segurança e Resiliência:** A energia solar pode garantir o funcionamento contínuo de sistemas de comunicação e outros equipamentos críticos, mesmo em situações de interrupção de energia convencional devido a desastres naturais, sabotagem ou ação inimiga.
5. **Economia de Recursos Financeiros:** A longo prazo, a instalação e manutenção de sistemas de energia solar pode ser mais econômica do que a operação de geradores a combustível, que envolvem custos contínuos de aquisição de combustível e manutenção.
6. **Tecnologia Avançada:** A pesquisa e desenvolvimento de sistemas de energia solar em ambientes militares podem levar ao avanço tecnológico, resultando em sistemas mais eficientes e versáteis que podem ser aplicados em várias situações.

Em resumo, o uso de geradores fotovoltaicos no C Com da 1ª DE não apenas pode contribuir para a sua operacionalidade, mas também oferece vantagens estratégicas, econômicas e ambientais significativas, tornando-se uma área de grande relevância para as Ciências Militares.

Este estudo vai ao encontro das ações estratégicas “3.2.4 Aperfeiçoar o controle ambiental nas atividades militares” e “7.3.1 Aperfeiçoar o Sistema de Comunicações do Exército (SICOMEx)”, presentes no Plano Estratégico do Exército (PEEx 2020/2023)

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Energia solar é a radiação do Sol capaz de produzir calor, causar reações químicas ou gerar eletricidade. A quantidade total de energia solar incidente na Terra é muito superior aos requisitos de energia atuais e antecipados do mundo. (ASHOK, 1999)

A energia fotovoltaica gera eletricidade diretamente da luz solar por meio de um processo eletrônico e pode ser usada para alimentar qualquer coisa, desde pequenos eletrônicos, como calculadoras e sinais de trânsito, até residências e grandes empresas comerciais. (SEIA, 2022)

O uso de energia solar em bases militares sem energia elétrica é de grande importância para a manutenção da comunicação entre as tropas em áreas remotas. Em locais onde a rede elétrica é inexistente, a energia solar é uma solução confiável e econômica para garantir a energia necessária para o funcionamento dos equipamentos eletrônicos de comunicação. (Souza e Lopes, 2019)

As fontes de energia renovável, como a energia solar, são altamente vantajosas para as operações militares em locais remotos, pois oferecem independência energética, segurança e baixo custo. A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável que pode ser coletada por meio de painéis solares, e em seguida, armazenada em baterias para uso posterior. (Fearn, 2018)

Além disso, o uso de energia solar em equipamentos de comunicação em bases militares sem energia elétrica pode garantir que as tropas tenham acesso constante à comunicação, mesmo em situações de emergência, quando a rede elétrica pode ser afetada ou desativada. A energia solar é uma alternativa confiável que pode fornecer energia ininterrupta para a operação dos equipamentos de comunicação, garantindo a segurança e a eficiência das operações militares em locais remotos. (Salvo, 2019)

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA NO BRASIL

A energia solar é uma das alternativas energéticas mais promissoras para os desafios deste milênio. A rigor, a energia proveniente do Sol não é renovável, mas uma fonte inesgotável levando em consideração a escala de tempo da vida no planeta Terra. (ATLAS, 2017, p. 15)

O Brasil tem um grande potencial de geração fotovoltaica de energia elétrica. É possível gerar mais eletricidade solar no local menos ensolarado do Brasil do que no local mais ensolarado da Alemanha, por exemplo. (ATLAS, 2017, p. 57)

A Figura 1 mostra o rendimento energético anual máximo (medido em kWh de energia elétrica gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada) em todo o território nacional, tanto para usinas de grande porte centralizadas e instaladas em solo, como para a geração fotovoltaica distribuída integrada em telhados e coberturas de edificações. (ATLAS, 2017, p. 59)

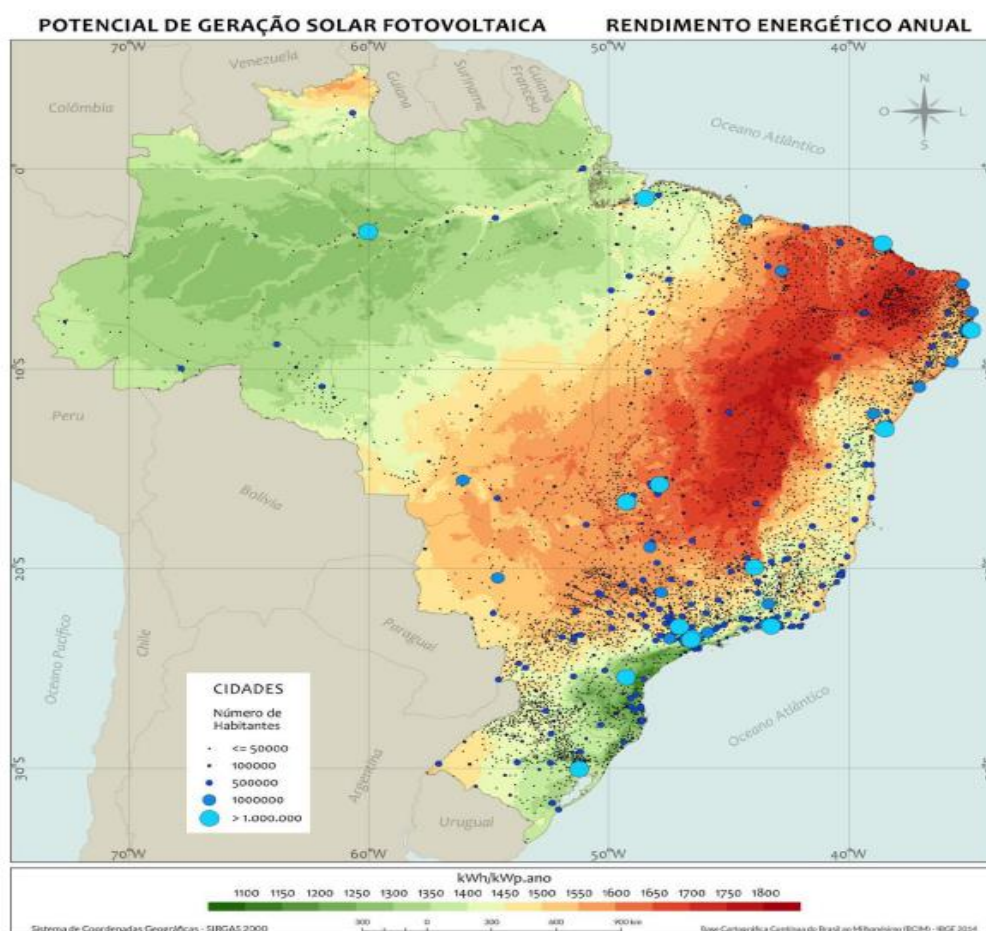


Figura 1 - Potencial de Geração Solar Fotovoltaica  
Fonte: ATLAS (2017, p. 59)

Alguns aspectos da produção de energia solar no Brasil estão em constante evolução, apresentando novos atrativos para este tipo de energia:

- o preço dos módulos solares fotovoltaicos sofreu queda de mais de dez vezes em dez anos (de cerca de US\$ 3,90/Wp em 2006 para menos de US\$ 0,39 em 2016); (ATLAS, 2017, p. 63)
- em janeiro de 2020, o custo dos módulos fotovoltaicos no Brasil era de R\$ 0,96 por watt-pico. (HEIN, 2023)
- esta redução de preços mudou o foco da instalação de geradores fotovoltaicos, que se transferiu da Europa para a China, EUA e vários países mais ensolarados da África, Oriente Médio, América Latina e Austrália; (ATLAS, 2017, p. 63)
- houve uma transição das pequenas instalações residenciais para as grandes usinas centralizadas e em 2016 mais de 75% das instalações solares fotovoltaicas foram usinas de porte superior a 20MWp; (ATLAS, 2017, p. 63)
- no Brasil, a publicação da REN 482/2012 e os leilões específicos para a fonte solar promovidos pelo Governo Federal a partir de 2014 deram início à integração desta fonte no planejamento e na expansão do sistema elétrico nacional, que vem experimentando crescimento exponencial nos últimos anos. (ATLAS, 2017, p. 63)

### 2.3 EQUIPAMENTOS MÓVEIS DE ENERGIA SOLAR

No mercado brasileiro existem diversas opções de geradores de energia solar móvel que poderiam atender um Centro de Comunicações em um local remoto, onde não seja possível o uso de energia elétrica local.

Dentre essas opções, há algumas possíveis para a realidade de equipamentos que são utilizados em um C Com, como computadores e ar-condicionado.

O custo médio de um gerador solar pode variar significativamente devido a diferentes tipos de painéis solares, inversores, baterias e outros equipamentos utilizados no sistema. Além disso, os preços podem ser influenciados pelo

fabricante, localização geográfica e outros fatores. De maneira geral, o custo médio de um sistema solar fotovoltaico engloba os gastos com instalação, equipamentos e componentes do sistema.

É importante ressaltar que, apesar de o investimento inicial em um sistema solar fotovoltaico ser relativamente alto, a longo prazo ele pode trazer uma economia, além de ser uma opção sustentável e ecologicamente correta.

Na figura abaixo, há um exemplo de gerador que poderia ser utilizado para alimentar um C Com em uma localidade remota.



Figura 2: Equipamento de Geração Solar Fotovoltaica  
Fonte: Mercado Livre, 2023

Há outros geradores disponíveis no mercado que tem possibilidade de serem utilizados para manter um Centro de Comunicações.

No mercado internacional também foram encontrados geradores solares que podem ter capacidade para alimentar o C Com da 1ª DE. Na figura abaixo, o Gerador DS-STAL7520-MIL, ostentando uma capacidade de 14,4 quilowatts-hora, revela-se plenamente apto a prover energia de maneira adequada para abastecer, de forma simultânea, um total de 72 computadores de mesa, que consomem em média de 100 a 200 watts-hora (MOSCHEN, 2022).





Figura 3: Gerador DS-STAL7520  
Fonte: DEPAR SOLAR, 2023



Figura 4: Gerador DS-STAL9100-MIL  
Fonte: DEPAR SOLAR, 2023

Há ainda outros equipamentos com capacidade ainda maior, como o gerador da figura 4, que possui capacidade de 19,2kWh.

Na figura 5, há um gerador solar em contêiner de 20 kva, segundo o fabricante.



Figura 5: Gerador SOLARCON20KVA-MIL  
Fonte: DEPAR SOLAR, 2023



## 2.4 COMPARATIVO ENTRE GERADORES A COMBUSTIVEL E GERADORES FOTOVOLTAICOS

O gerador movido a diesel ainda é muito usado em propriedades rurais que não recebem energia elétrica das concessionárias. São equipamentos caros e que nem sempre fornecem um rendimento satisfatório para todas as necessidades do dia a dia. (NERIS, 2022)

Geradores alimentados por diesel são dispendiosos. Isso se deve ao preço do combustível, que é suscetível a variações consideráveis de preços e ao custo de manutenção, devido ao grande número de peças móveis presente no sistema. Elas, assim como seu modo de operação (combustão), também são causa de ruído, tornando inviável manter um equipamento como esse perto de residências. (OCA ENERGIA, 2015)

No que se refere a investimentos, o gerador a diesel é mais barato, no entanto sua manutenção e preço de combustível podem surpreender a longo prazo. De maneira inversa, sistemas geração fotovoltaicos têm custo mais alto de implementação do que geradores a diesel, mas os gastos para manter a operação são muito mais baixos (baixo custo cumulativo e alto ROI<sup>1</sup>). Além disso, em sistemas fotovoltaicos a manutenção é barata (sem partes móveis) e a operação silenciosa. (OCA ENERGIA, 2015)

Para propriedades localizadas a grandes distâncias de centros urbanos, o transporte de combustível também é um grande problema, que partilha das mesmas dificuldades do transporte de mão de obra para manutenção. Energia solar passa ao largo desse problema, sendo confiável em períodos conhecidos e não apresentando surpresas desagradáveis. (OCA ENERGIA, 2015)

## 2.5 USO DA ENERGIA SOLAR PELO EXÉRCITO NORTE-AMERICANO

Atualmente, vários exércitos no mundo estão utilizando energia solar como parte de suas operações militares. Entre eles, destaca-se o Exército dos Estados Unidos.

---

<sup>1</sup> Return on Investment (ROI) - Em finanças, retorno sobre o investimento, também chamado taxa de retorno, taxa de lucro ou simplesmente retorno, é a relação entre a quantidade de dinheiro ganho como resultado de um investimento e a quantidade de dinheiro investido

O uso da energia solar pode vir a ser uma alternativa viável e já é utilizada por exércitos de outros países, como o exército norte-americano. (JUDSON, 2022)

O artigo "Exclusivo: Pentágono vê energia renovável como essencial para as tropas" (tradução livre), da Reuters, publicado em dezembro de 2009, destaca o interesse do Departamento de Defesa dos Estados Unidos em utilizar fontes de energia renovável, incluindo a energia solar, para reduzir a vulnerabilidade dos soldados a interrupções no fornecimento de combustível e melhorar a segurança operacional. (ISENSEE, 2009)

Segundo o artigo, o Pentágono vê a energia renovável como uma necessidade estratégica para suas operações militares e está trabalhando em iniciativas para aumentar o uso de fontes de energia limpa em bases militares, postos avançados e em veículos terrestres. (ISENSEE, 2009)

O artigo menciona que o uso de sistemas solares em postos avançados pode economizar dinheiro, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e melhorar a segurança das tropas. Além disso, o artigo destaca que a utilização de energia solar em veículos militares pode aumentar a capacidade de operação em áreas remotas e reduzir a vulnerabilidade dos veículos a ataques. (ISENSEE, 2009)

O Exército dos Estados Unidos vem desenvolvendo tecnologias para reduzir dependência de combustíveis fósseis.

Segundo Judson (2022), em gerações passadas, as necessidades primárias dos oficiais de infantaria eram munição, um par extra de meias secas e água suficiente no campo. (JUDSON, 2022)

Mas os soldados de hoje precisam de vastas quantidades de energia apenas para gerenciar as operações diárias, desde as baterias que alimentam o sistema Nett Warrior baseado na Samsung que conecta os soldados, até a eletricidade que mantém os postos de comando e centros de operações funcionando. (JUDSON, 2022)

Essas necessidades devem aumentar na próxima década, à medida que o Exército se move em direção ao uso de veículos elétricos no campo de batalha e avalia várias fontes de energia para suas instalações e bases. Afinal, a nova estratégia climática do Exército imagina um campo de batalha que depende menos de combustível e mais de eletricidade. (JUDSON, 2022)

Embora a maioria das discussões sobre tecnologia de defesa geralmente se concentre em armamentos e transporte, uma das preocupações tecnológicas mais urgentes para qualquer operação militar é a energia. É necessária uma quantidade significativa de energia para alimentar uma base operacional de qualquer tamanho, especialmente as expedições que podem estar em áreas remotas ou locais sem infraestrutura de energia suficiente. O Departamento de Defesa é o maior usuário individual de combustível do mundo e representa 76% do consumo total de energia do governo federal dos Estados Unidos. Os custos de energia representam bilhões de dólares no orçamento do DOD a cada ano, e a redução desses custos, bem como o aumento da eficiência e sustentabilidade, faz parte fundamental de sua estratégia energética atual, mas também pode ser crucial para o sucesso de suas operações futuras. (TINGLEY, 2021)

Cada ramo das Forças Armadas dos Estados Unidos está pesquisando novos métodos para aproveitar a energia solar a fim de "aumentar a capacidade dos combatentes". No entanto, em alguns momentos, houve conflitos nos níveis mais altos do governo sobre quanto investimento o Departamento de Defesa (DOD) deve fazer em energias renováveis. De acordo com a *Solar Energy Industries Association*, a energia solar atualmente representa cerca de sessenta por cento da adição planejada de energia renovável do DOD. Uma vez que a maioria das inovações atuais na produção de energia está ocorrendo no setor privado, como é o caso de muitas tecnologias emergentes, é provável que algumas dessas tecnologias comerciais possam em breve aparecer no campo de batalha. (TINGLEY, 2021)

Na figura abaixo, há um gerador modular em contêiner que automaticamente se volta para o sol, aumentando sua capacidade de produção de energia. Esse gerador é utilizado pelo exército norte-americano e é produzido pela empresa polonesa MOVEit.tech.



Figura 6: Sistema móvel de gerador de energia solar em contêiner  
Fonte: TINGLEY, 2021

O gerador em contêiner pode produzir até 13,5 kW em saída de pico. Um dos geradores a diesel mais comuns usados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, o MEP-12A, por outro lado, pode produzir uma saída de até 700 kW, mas consome cerca de 55 galões de combustível por hora. Claramente, qualquer instalação maior que dependesse dessas usinas solares móveis precisaria de várias unidades. No entanto, eliminar parte da necessidade de transportar e ser constantemente reabastecido com grandes quantidades de combustível poderia tornar essas unidades solares móveis uma opção viável, se não crítica, para as necessidades de energia de forças expedicionárias. (TINGLEY, 2021)

O Exército e a Marinha estão investigando o uso de sistemas de energia solar autossuficientes para gerar energia e reduzir as ameaças decorrentes de comboios no campo de batalha. (LAFONTAINE, 2016)

"Se o sistema eliminar um reboque de combustível de 5.000 galões, teremos alcançado sucesso em melhorar a segurança dos soldados e a eficiência da missão", disse William "Randy" Everett, gerente de projeto do Programa de Testes Comparativos Estrangeiros do Exército. (LAFONTAINE, 2016)

O objetivo do Sistema de Abrigo com Energia Solar é minimizar as pegadas logísticas no campo de batalha e reduzir os custos de consumo de combustível. Ele utiliza fontes de energia renovável e armazenamento de bateria para alimentar equipamentos de acampamento militar. (LAFONTAINE, 2016)

O SPSS é um sistema híbrido integrado que combina energia solar com um gerador diesel militar padrão para fornecer um ciclo contínuo de energia, disse Tom Merrill, líder de armazenamento de energia renovável do Gerente de Produtos de Sustentação de Força do Exército. (LAFONTAINE, 2016)

O sistema coleta e gerencia energia à medida que capta os raios do sol por meio de painéis fotovoltaicos e armazena a energia em uma bateria. Quando a energia da bateria é esgotada, o gerador entra em funcionamento para manter uma operação contínua. Uma unidade SPSS fica no topo de um abrigo militar ou contêiner de transporte, conhecido como CONEX, para eliminar a necessidade de uma pegada adicional no solo para implantar e operar o sistema. (LAFONTAINE, 2016)

"O objetivo é minimizar o uso do gerador a combustível. Estamos buscando diminuir a dependência de recursos de combustível. Ao colher energia alternativa, conseguimos reduzir a quantidade de energia necessária dos geradores e precisamos de menos comboios de combustível para salvar vidas e dinheiro", disse Rich Guiliano, especialista em aquisições do PdM FSS. (LAFONTAINE, 2016)



Figura 7: Sistema de gerador fotovoltaico adquirido pelo Exército e Marinha dos Estados Unidos  
Fonte: LAFONTAINE, 2016



Na figura abaixo, pode-se observar o Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS) e baterias de fosfato de ferro e lítio (LFP), utilizado pelo exército norte-americano, que oferecem taxas de carga/descarga com eficiência de 98%, sem acúmulo de calor, risco de descontrole térmico ou necessidade de resfriamento. Com mais de 5.000 ciclos, as baterias têm uma vida útil mais longa e superam todas as baterias de ácido-chumbo, tornando-as uma solução duradoura e ideal para condições ambientais extremas. (SIMPLIPHI POWER, 2015)



Figura 6: Sistema móvel de gerador de energia solar  
Fonte: SIMPLIPHI POWER, 2015

## 2.6 NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE UM C COM

Segundo o manual C-24-17 Centro de Comunicações, o Centro de Comunicações pode ser definido como o conjunto dos diferentes órgãos incumbidos da recepção, transmissão, criptografia, decifração e controle das mensagens, servindo a um comando ou a um escalão de comando. Nos pequenos escalões, o C Com compreende normalmente um centro de mensagens informatizado, e os postos de diferentes terminais de comunicações. O C Com é composto pelo centro de mensagens, que é responsável pelo recebimento, processamento, criptografia, decifração e entrega de mensagens na área do C Com; pelo centro de mensageiros (C Msg), que tem a seu cargo o controle e o emprego dos mensageiros; e pelo centro de transmissão

e recepção (CTR), que é responsável pelo controle dos terminais de comunicações. (BRASIL, 2001. p. 1-1)

Por definição do manual C-24-17, o Centro de Comunicações deve servir a um comando e, conseqüentemente, a seu Posto de Comando (PC).

O manual Centro de Comunicações (2001) também aborda a composição do C Com, não tendo, normalmente, uma organização fixa. São organizados em função das necessidades dos comandos a que servem, entretanto, para realizarem a sua missão básica de receber, transmitir e entregar mensagens, os C Com devem dispor de meios de transmissão e de recepção, de mensageiros, e de um centro de mensagens. (BRASIL, 2001, p. 3-3)

Com isso, tem-se que as demandas energéticas de um C Com podem ser variáveis conforme a composição de seus equipamentos terminais de comunicações para que os seus órgãos operem de forma dinâmica e contínua.

Segundo o manual EB20-MC-10.205 Comando e Controle, Posto de Comando pode ser definido como o órgão de C2 voltado, particularmente, para o planejamento e para a coordenação das operações táticas correntes e futuras. Presta o apoio de C2, recebendo todas as informações operativas, incluindo aquelas relacionadas às atividades logísticas. Já o Posto de Comando Tático pode ser definido como a instalação de C2 de constituição leve e com excepcional mobilidade aérea ou terrestre. É dotado de pouco pessoal e material, instalados em veículos apropriados ou em plataforma aérea. A sua missão é conduzir as operações em curso, fornecendo, em interação com o PCP, informações em tempo real ao comando considerado. Também, é o órgão que tem por principal finalidade permitir ao comandante da tropa acompanhar de perto as operações, proporcionando rapidez, agilidade e flexibilidade em toda a zona de ação do seu escalão. (BRASIL, 2015, p. 3-4)

Conforme questionário anexo, o Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército, disposto pelo Batalhão-Escola de Comunicações, é alimentado por um gerador a diesel de 5 kva para suprir suas necessidades energéticas. Portanto, pode-se inferir que um gerador solar que tenha possibilidade de dispor de 5 kva pode ser um eventual substituto para este gerador.

Além disso, tem-se que os equipamentos utilizados pelo C Com são:

Para calcular o consumo total de energia em quilowatts-hora (kWh) quando todos esses dispositivos estão ligados ao mesmo tempo, você precisa saber a potência nominal (em watts ou quilowatts) de cada dispositivo. A seguir, algumas estimativas aproximadas de consumo de energia para cada tipo de dispositivo:

- Modem 4G: Consumo muito baixo, geralmente na faixa de 5-10 watts (0,005-0,01 kW).
- Notebook (x3): O consumo de energia de um notebook pode variar, mas geralmente está na faixa de 30-90 watts (0,03-0,09 kW) por notebook, dependendo do modelo e do uso.
- Televisão 52 Pol: O consumo de energia de uma TV depende do modelo, mas uma estimativa aproximada seria entre 60-150 watts (0,06-0,15 kW).
- Retroprojetor: O consumo de um retroprojetor varia significativamente, mas uma estimativa aproximada seria entre 200-500 watts (0,2-0,5 kW).
- Tela de projeção: O consumo de energia de uma tela de projeção é insignificante em comparação com os outros dispositivos, geralmente abaixo de 10 watts (0,01 kW).
- Monitor: O consumo de energia de um monitor de computador varia, mas geralmente está na faixa de 20-100 watts (0,02-0,1 kW).
- Celulares (x2): O consumo de energia de carregar dois celulares é baixo, geralmente cerca de 5-10 watts (0,005-0,01 kW) cada.
- Roteador: O consumo de um roteador é baixo, geralmente na faixa de 5-15 watts (0,005-0,015 kW).
- Impressora: O consumo de energia de uma impressora pode variar, mas uma estimativa aproximada seria entre 30-100 watts (0,03-0,1 kW).

Agora, somando as estimativas de consumo de energia de todos os dispositivos, assumindo a pior hipótese, isto é, o maior consumo e todos ligados ao mesmo tempo:

- (0,01 kW) Modem 4G
- (3 notebooks \* 0,09 kW por notebook)
- (0,15 kW) Televisão
- (0,5 kW) Retroprojetor
- (0,01 kW) Tela de projeção
- (0,1 kW) Monitor



- (2 celulares \* 0,01 kW por celular)
- (0,015 kW) Roteador
- (0,1 kW) Impressora

Isso resulta em um consumo total estimado de aproximadamente:

$$0,01 + 0,27 + 0,15 + 0,5 + 0,01 + 0,1 + 0,02 + 0,015 + 0,1 = 1,2 \text{ kW}$$

Portanto, quando todos esses dispositivos estão ligados ao mesmo tempo, eles consomem aproximadamente 1,2 quilowatts-hora (kWh) de energia por hora. Sendo esse apenas um cálculo aproximado, e os valores reais podem variar dependendo das especificações dos dispositivos e do uso real.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 OBJETO FORMAL DE ESTUDO

O objeto formal de estudo é a análise da viabilidade operacional da utilização de geradores fotovoltaicos para operação do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército, que tem como responsável por sua instalação e operação o Batalhão-Escola de Comunicações, situado no Rio de Janeiro-RJ.

Esta análise de viabilidade é exclusivamente operacional, não se atendo a outros aspectos, como custos de aquisição ou procedimentos administrativos e técnicos. Portanto, o objeto formal de estudo será analisado de forma objetiva, conforme a Doutrina Militar Terrestre (DMT) atual e a pesquisa sobre a experiência do exército norte-americano com geradores fotovoltaicos, abordando aspectos operacionais.

Portanto, o objeto do estudo será um Centro de Comunicações de uma Grande Unidade nível Divisão de Exército, com os equipamentos necessários para seu funcionamento e operação, apresentando suas demandas energéticas para operações no terreno, em um ambiente remoto. Como quem mobília este C Com é uma Unidade Escola do Exército, o B Es Com, que tem por tradição experimentar inovações doutrinárias a serem difundidas no âmbito do Exército Brasileiro, a amostra tem representatividade no que se refere ao impacto institucional possível de se alcançar com este estudo.

#### 3.2 AMOSTRA

Como amostra relevante e aplicável ao tema, será utilizado o Centro de Comunicações de Posto de Comando de Divisão da 1ª Divisão de Exército, que é operado pelo Batalhão-Escola de Comunicações, devido sua complexidade e diversidade tecnológica no que se refere aos equipamentos necessários para seu funcionamento, como equipamentos rádio, de informática e aparelhos eletroeletrônicos, como ar-condicionado, projetores etc.

Portanto, a amostra será definida por estes equipamentos componentes do C Com e seu consumo estimado, a fim de determinar se, operacionalmente, é viável a utilização de gerador fotovoltaico para sua alimentação.

### 3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente trabalho seguiu um delineamento de pesquisa que abrangeu três fases distintas. Na primeira fase, foram realizados o levantamento e seleção da bibliografia necessária para embasar o estudo. Nessa etapa, foram utilizadas diversas fontes de informação, tais como livros, artigos, dissertações e teses, além de legislações e documentos técnicos. Em seguida, na segunda fase, foram realizadas a coleta e a análise dos dados, e foram sistematizadas e interpretadas as informações coletadas. Por fim, na fase de conclusão, foram apresentadas as respostas às questões de estudo, o alcance dos objetivos propostos e a solução do problema de pesquisa formulado.

O trabalho em questão é essencialmente de natureza exploratória, tendo em vista a utilização da técnica de revisão da literatura como parte de sua metodologia para que os objetivos da revisão sejam alcançados, através de buscas e análise de resultados por meio de método sistemático.

O delineamento de pesquisa adotado permitiu uma abordagem sistemática e rigorosa do tema em questão, assegurando a qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos. Foi utilizada a combinação de diferentes métodos e técnicas de pesquisa, como pesquisa bibliográfica, na qual se buscou verificar conteúdos em livros, artigos acadêmicos e outras fontes escritas para obter uma compreensão aprofundada do tema; estudo de caso, tomando o caso do exército norte-americano, que utiliza geradores fotovoltaicos em ambientes remotos; e pesquisa qualitativa, na qual se buscou coleta e análise de dados não numéricos, como opiniões, experiências e narrativas, através de entrevistas.

Esta combinação possibilitou uma análise aprofundada e crítica dos dados, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de estudo.

Para a execução da pesquisa, buscou-se realizar uma revisão dos conceitos relacionados ao tema de geração de energia elétrica fotovoltaica com o objetivo de construir dados analíticos em um diagnóstico sobre as possibilidades gerais deste tipo de energia, considerando aspectos ligados à utilização proposta e sua viabilidade em substituir sistemas convencionais.

A pesquisa se utilizou da revisão bibliográfica na literatura a respeito de conceitos relevantes ao tema. Para tal, foi realizada uma abordagem qualitativa,

de natureza aplicada e caráter exploratório, definindo linhas de ação viáveis, apontando aspectos positivos e negativos em suas possíveis consequências na aplicabilidade dos geradores fotovoltaicos para alimentar o Centro de Comunicações deste estudo.

### 3.4 PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA

Para a pesquisa em questão, foram buscadas fontes relevantes, tanto nacionais quanto estrangeiras, que priorizaram livros, manuais e periódicos técnicos para suprir as necessidades do estudo. Além disso, foi selecionado um atlas específico que apresenta o potencial nacional de produção de energia fotovoltaica, além de dados gerais sobre a produtividade nacional. Nas bases de dados eletrônicas, foram buscadas fontes internacionais para complementar os dados obtidos em fontes nacionais, a fim de incluir parâmetros que possam embasar o comparativo do uso de energia solar pelo exército dos Estados Unidos. Essas fontes foram avaliadas de acordo com sua relevância e qualidade, visando a obtenção de informações precisas e atualizadas.

Como critérios de inclusão, foram utilizadas fontes atuais, com até 10 anos de publicação, sendo de literatura nacional e estrangeira.

Neste sentido, foram consultados livros, apostilas, documentos técnicos, publicações nacionais e estrangeiras com a finalidade de captar o máximo de informações sobre as capacidades dos sistemas fotovoltaicos, formas de utilização, demanda energética para os sistemas e diretrizes necessárias para ser possível sua utilização em pequena e larga escalas.

Os procedimentos para obtenção de dados foi uma entrevista com o Comandante da Companhia de Comando e Controle (Cia C2) do Batalhão-Escola de Comunicações (B Es Com), a qual indicando as especificações dos geradores a diesel que são utilizados pelo B Es Com para alimentar o C Com da 1ª DE. Essa informação tem grande relevância para o estudo, visto que serão pesquisados geradores fotovoltaicos que tenham capacidade energética equivalente, como potenciais substitutos para atender à demanda energética.

### 3.5 INSTRUMENTOS

O modelo de instrumento inicial de coleta de dados será a análise de dados de fornecimento de energia para os equipamentos elétricos e eletrônicos componentes do Centro de Comunicações da 1ª DE, através da potência do gerador a combustível que atualmente é utilizado para alimentar este C Com.

Este instrumento será de grande valia no que se aplica às questões de estudo do presente trabalho, norteando a análise da efetividade da utilização de energia solar no Centro de Comunicações.

Estes dados serão coletados por meio de entrevista com o Comandante da Companhia responsável pelo estabelecimento do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército. Com o conhecimento dos dados relativos ao gerador que atualmente cumpre a função de alimentar o C Com, o desafio é encontrar no mercado nacional ou internacional equipamento gerador fotovoltaico que seja compatível e que, conseqüentemente, tem capacidade de suprir as necessidades energéticas do C Com.

Para o consumo de energia do C Com, foi realizada análise com base na potencial do gerador que é utilizado para suprir esta demanda, coletado por meio de entrevista.

Para os geradores fotovoltaicos, os dados são coletados através de pesquisa bibliográfica e pesquisa de mercado que indiquem potência, voltagem e outros dados que sejam relevantes ao estudo.

Para materializar este instrumento, foi realizada uma entrevista com o Comandante da Companhia de Comando e Controle, responsável pela montagem do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército e com a lista de materiais utilizados para esta montagem.

### 3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados através de entrevista sobre a quantidade de energia consumida pelo C Com da 1ª DE indicam que é necessário um gerador a diesel de 6 kva para sua alimentação, não havendo um grande consumo de energia elétrica por este C Com, quando comparado a uma residência. A energia produzida pelo sistema solar foi analisada a partir da pesquisa bibliográfica e

pesquisa de mercado indica que há no mercado nacional e internacional geradores fotovoltaicos compatíveis com essa necessidade, conforme tabela abaixo:

**Tabela 1** – Relação de Capacidade de geradores fotovoltaicos

| <b>Modelo</b>           |     | <b>Empresa</b> | <b>Capacidade</b> |
|-------------------------|-----|----------------|-------------------|
| Gerador<br>contêiner    | em  | MOVEit.tech.   | 13,5 kWh          |
| Gerador<br>contêiner    | em  | Depar Solar    | 20 kWh            |
| Gerador<br>STAL9100-MIL | DS- | Depar Solar    | 19,2 kWh          |
| GSE 6000                |     | GSE            | 6 kWh             |
| Gerador<br>STAL7520-MIL | DS- | Depar Solar    | 14,4 kWh          |

Fonte: O autor

Foram encontrados na pesquisa, diversos geradores fotovoltaicos móveis de grande porte, porém não há dados de sua capacidade de geração disponível no site da empresa, o que dificultou a análise destes dados.

Com os dados coletados, é possível realizar uma análise a respeito da eficácia do sistema de geração de energia solar. Além disso, é importante analisar o perfil de consumo de energia dos equipamentos eletrônicos, identificando quais são os equipamentos que consomem mais energia. Com essas informações, é possível tomar medidas para reduzir o consumo de energia, como a substituição de equipamentos antigos por modelos mais eficientes e o uso de temporizadores para desligar os equipamentos quando não estiverem em uso, potencializando a proposta de uso do gerador fotovoltaico.

#### 4. RESULTADOS

A partir da pesquisa bibliográfica, obteve-se que há geradores fotovoltaicos nos mercados nacional e internacional similares a um gerador a diesel de 6 kva que tem possibilidade de substituí-lo, o que aumentaria a operacionalidade do B Es Com.

Alguns destes geradores são utilizados pelo Exército norte-americano, já possuindo características como robustez e operacionalidade para seu emprego como sistema de geração de energia elétrica, como os geradores em contêiner da empresa MOVEit.tech, e da empresa Depar Solar.

Num contexto operacional, podem ser transportados por viatura, exigindo planejamento para garantir que o contêiner chegue ao local com segurança, sua operação é simplificada, não exigindo mão de obra especializada. Os equipamentos solares para uso militar geralmente são projetados para serem robustos e capazes de suportar condições adversas. É importante considerar a interferência eletromagnética ao posicionar os painéis solares, mas isso dependerá das configurações específicas eletromagnéticas da base e da tecnologia utilizada.

Além disso, a instalação pode ser relativamente rápida, especialmente para sistemas modulares pré-fabricados. Em geral, sistemas solares são de fácil manutenção, mas isso depende do design e da qualidade dos componentes. A aquisição de baterias pode variar de acordo com a localização e as regulamentações, mas em geral, as baterias para sistemas solares são amplamente disponíveis e os sistemas solares podem ser adaptados para diferentes tipos de terreno.

Em situação de emprego contínuo, é vantajoso ter um sistema híbrido que combine energia solar com um gerador a combustão para garantir um fornecimento constante de energia.

Assim, este trabalho pode contribuir para estabelecer o processo de concepção das Condicionantes Doutrinárias e Operacionais (CONDOP) de Materiais de Emprego Militar (MEM) a serem obtidos pelo Exército Brasileiro (EB).

Conforme Art. 9º das Instruções Reguladoras para o Processo de Concepção das Condicionantes Doutrinárias e Operacionais – CONDOP (EB20-IR-10.005), 2ª Edição, 2015, as OM do Exército, como usuárias dos MEM, incumbem-se de propor a formulação ou aperfeiçoamento das CONDOP, de acordo com conhecimentos de interesse doutrinário ou inovações tecnológicas decorrentes de sua operação.

Os geradores fotovoltaicos em contêiner podem ser caracterizados como sistema de geração de energia elétrica, o que, segundo o Art.14 em seu inciso I, afirma que deverão ter CONDOP sistemas, subsistemas, equipamentos ou MEM que produzam um determinado efeito operativo desejado, de acordo com uma doutrina de emprego. A formulação das CONDOP é de responsabilidade do C Dout Ex/COTER, a partir de necessidades consolidadas anualmente pelo C Mil A.



## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A implantação de geradores solares acondicionados em contêineres em locais remotos de bases militares ganha cada vez mais relevância devido aos inúmeros benefícios que a energia solar proporciona, a exemplo da substancial redução da dependência de recursos derivados de combustíveis fósseis e da consolidação de uma pegada ambiental mais amena. O processo de operação desses sistemas compreende uma série de etapas cruciais que demandam atenção minuciosa.

Inicialmente, destaca-se a vital importância da seleção do local, requisitando um espaço remoto com exposição solar adequada e espaço suficiente para a instalação do contêiner solar e sua rede de conexões. O transporte do contêiner até esses recantos remotos requer uma meticulosa estratégia logística, podendo, inclusive, envolver o uso de caminhões ou até mesmo helicópteros, a depender da localização geográfica.

A etapa subsequente, a instalação, reveste-se de caráter crítico, abrangendo desde a montagem dos painéis solares no topo do contêiner até a integração dos componentes internos, compreendendo inversores, baterias e sistemas de controle. As conexões elétricas desempenham um papel fundamental na sinergia com o sistema elétrico da base.

Adicionalmente, muitos contêineres solares incorporam sistemas de armazenamento de energia, como baterias, revelando-se componentes imprescindíveis para garantir o fluxo contínuo de energia, inclusive durante o período noturno ou em condições climáticas adversas. A manutenção preventiva, englobando a limpeza dos painéis solares e a minuciosa verificação das conexões elétricas, se apresenta como um imperativo para assegurar o desempenho adequado do sistema.

Sistemas de monitoramento e controle são implementados para supervisionar o status operacional do sistema e facultar ajustes remotos quando necessários. A consideração da segurança assume posição crucial, sobretudo em contextos militares, demandando medidas que vão desde a salvaguarda do contêiner contra atos de vandalismo até a rigidez no controle de acesso, restringindo-o unicamente a indivíduos autorizados.

É imperativo que o pessoal militar responsável pela operação e manutenção do sistema seja devidamente capacitado, visando à sua atuação segura e eficaz. A integração harmoniosa dos geradores solares com outras fontes de energia, como geradores a diesel, é também executada, com o fito de garantir um suprimento energético ininterrupto, mesmo em circunstâncias adversas.

Por fim, a supervisão constante e o apoio técnico especializado se revelam como pilares cruciais para dirimir eventuais desafios complexos que possam emergir durante o ciclo de operação. Com todos esses elementos em prática, os geradores solares acondicionados em contêineres emergem como um meio confiável e sustentável para prover energia em bases militares situadas em localidades remotas, aprimorando, assim, a resiliência energética e mitigando o impacto ambiental.

Os resultados obtidos na pesquisa bibliográfica e na pesquisa de mercado, inferem que é uma possibilidade de emprego um novo sistema de geração de energia, com a utilização de geradores fotovoltaicos, que pode ser um complemento ao sistema já existente ou uma substituição a depender da situação da Organização Militar.

Para o objeto de estudo proposto, o Batalhão-Escola de Comunicações, o modelo de geração de energia fotovoltaico, através dos geradores apresentados na pesquisa, tem potencialidade para substituir o modelo atual, a diesel. Essa substituição trará aumento da operacionalidade do Batalhão, visto que reduzirá a necessidade de combustível para os geradores, diminuindo o impacto logístico para essa finalidade.

Além disso, os custos de substituição, ao serem projetados ao longo do tempo, oferecem uma compensação econômica para o Exército Brasileiro. Ademais, é uma experiência já comprovada pelo Exército Norte-Americano que essa substituição é eficaz quanto à aplicabilidade energética, sobretudo no princípio da Continuidade.

## 6. CONCLUSÃO

Diante do objetivo geral de estudar a viabilidade da utilização de energia solar para alimentar o Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército e dos objetivos específicos delineados ao longo deste estudo, é possível concluir que a implementação de um gerador fotovoltaico no C Com 1ª DE é uma alternativa promissora para atender às demandas energéticas da unidade.

Inicialmente, a identificação da demanda energética do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército permitiu uma compreensão detalhada das necessidades de energia da unidade. Esse conhecimento é fundamental para dimensionar adequadamente o sistema fotovoltaico, garantindo que ele seja capaz de suprir as demandas operacionais de forma eficiente.

A análise dos aspectos positivos e negativos do uso de um gerador fotovoltaico destacou várias vantagens desse sistema, incluindo a redução de custos a longo prazo, a diminuição da dependência de fontes de energia convencionais e a contribuição para a redução da pegada de carbono. Além disso, identificaram-se desafios a serem superados, como a necessidade de armazenamento de energia para uso noturno ou em condições climáticas adversas. No entanto, esses desafios podem ser mitigados com o uso de tecnologias de armazenamento avançadas.

Além disso, a identificação das adaptações necessárias para implementar o gerador fotovoltaico no C Com da 1ª DE ressaltou a importância do planejamento e da infraestrutura adequados. A instalação de painéis solares, inversores e sistemas de armazenamento requer cuidados específicos e integração com as operações existentes, garantindo a eficácia do sistema.

Com base nos objetivos traçados e nas informações coletadas ao longo deste estudo, a utilização de energia solar por meio de um gerador fotovoltaico apresenta-se como uma alternativa viável e sustentável para atender às necessidades energéticas do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército. Para sua implementação bem-sucedida, é fundamental um planejamento detalhado que leve em consideração a demanda energética, os aspectos positivos e negativos e as adaptações necessárias, garantindo assim a eficiência operacional e econômica da unidade, ao mesmo tempo em que contribui para a preservação do meio ambiente.

Por fim, os resultados obtidos permitem concluir que é viável, operacionalmente, a utilização de gerador de energia fotovoltaica pelo Batalhão-Escola de Comunicações para a alimentação do Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército pelos motivos listados a seguir:

- O gerador fotovoltaico permite a geração de energia sem a necessidade de combustível, não necessitando de ressuprimento para o seu funcionamento.
- Há geradores de energia solar disponíveis no mercado que têm potencial capacidade de substituir os geradores a combustível.
- Este tipo de gerador possui baterias, o que permite a transmissão de energia mesmo quando não é possível sua geração.
- Atendimento do princípio de Comunicações da Continuidade, pois os equipamentos eletrônicos presentes no C Com

Entretanto, é importante salientar que esta pesquisa não envolve uma análise de viabilidade financeira nem sugere a aquisição de um produto específico para atender às demandas decorrentes de uma possível substituição de geradores. Para abordar efetivamente as necessidades energéticas e considerar viabilidade financeira, seria recomendável realizar um estudo de caso detalhado, levando em consideração as circunstâncias específicas e recursos disponíveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, Kelly V. **Fundamentos de Eletricidade**. 1. ed. Manaus: Cetam, 2011. 132 p.

PEREIRA, Enio B. *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: Brasil, 2017. 80 p.

FADIGAS, Eliane A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. Apostila de Sala de Aula. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022, 71p.

BRASIL. Exército. **C 24-17: Centro de Comunicações**. 2. ed. Brasília, DF, 2011.

SILVA, Gabriel F. *et al.* **Energias alternativas: tecnologias sustentáveis para o nordeste brasileiro**. 1. ed. Aracaju: Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, 2019. 317 p.

GERADOR SOLAR MÓVEL. **Solarizar**. São Paulo. Disponível em: <<https://solarizar.com.br/index.php/gerador-solar-movel-2/>>. Acesso em: 10 nov. 2022

SOUZA, Ronilson di. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares**. 1. ed. Ribeirão Preto: Bluesol, 2022. 114 p.

RUTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2004. 118 p.

PINHO, João T.; GALDINO, Marco A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Cepel, 2014. 530 p.

FONSECA, Leonardo S. **Uso de Energia Solar em Organizações Militares**. 2019. 29 p. Dissertação (Especialização) – Escola de Formação Complementar do Exército / Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2019.

SINGH, Vivek - **Basics of Solar Energy**. New York: Green Schools Programme, 2019. 7 p.

JÄGER, Klaus *et al.* - **Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems**. Delft: Delft University of Technology, 2014. 420 p.

ASHOK, S. **Solar Energy**. Britannica, Londres, 1999. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/solar-energy>>. Acesso em: 15 nov. 2022

Energy. **How Does Solar Work**. Washington, DC, 2022. Disponível em: <<https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work>>. Acesso em: 18 nov. 2022

Solar Energy Industries Association (SEIA), **Solar Energy**. Washington, DC, 2022. Disponível em: <<https://www.seia.org/initiatives/about-solar-energy>>.

Acesso em: 15 nov. 2022

Reuters. **U.S. military sees surge to solar power.** Los Angeles, CA, 2009. Disponível em <<https://www.reuters.com/article/us-solar-military-analysis-idUSTRE5B900Z20091210>>. Acesso em: 21 mai. 2023

Soldier Systems. **Widget Wednesday: Using Solar Power.** Washington, DC, 2018. Disponível em: <<https://soldiersystems.net/2018/06/20/widget-wednesday-using-solar-power/>>. Acesso em: 20 abr. 2023

JUDSON, J. **Power struggle: How the US Army is tackling the logistics of battlefield electricity.** DefenseNews, Washington, 2022. Disponível em: <<https://www.defensenews.com/land/2022/04/12/power-struggle-how-the-us-army-is-tackling-the-logistics-of-battlefield-electricity/>>. Acesso em: 15 jun. 2023

NERIS, Alessandra. **Conheça as vantagens dos geradores OFF GRID vs geradores a diesel.** Aldo.blog, Maringá, 2022. Disponível em: <<https://www.aldo.com.br/blog/conheca-as-vantagens-dos-geradores-off-grid-vs-geradores-a-diesel/>>. Acesso em: 16 fev. 2022

MOSCHEN, Vinícius. **Como descobrir quanto de energia gasta um PC.** Canaltech, São Bernardo do Campo, 2022. Disponível em: <https://canaltech.com.br/hardware/como-descobrir-quanto-de-energia-gasta-um-pc/>>. Acesso em: 18 set. 2026

## APENDICE A – ENTREVISTA

Entrevistado: Cap Jonathan Nascimento

Função: Comandante da Companhia de Comando e Controle

OM: Batalhão-Escola de Comunicações

1. Qual a função da sua companhia no que se refere ao Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército?

R.: A função da Cia C2 é montar o Centro de Comunicações da 1ª DE. Instalamos os equipamentos conforme a demanda de Comando e Controle de cada operação.

2. Quais equipamentos que consomem energia elétrica são utilizados no Centro de Comunicações da 1ª Divisão de Exército?

R.: Geralmente são utilizados computadores, aparelho de ar-condicionado, projetores, televisão, nobreak, switch e impressoras.

3. Quando não há energia local disponível, como é alimentado o C Com da 1ª DE?

R.: Ligamos o sistema de energia elétrica em gerador a combustível.

4. Qual(is) geradores são necessários para alimentar o C Com da 1ª DE?

R.: Um gerador a diesel de 5 kva e mais um reserva.

5. Quais principais dificuldades na operação desse tipo de gerador?

R.: Sempre precisamos reabastecer o gerador, portanto precisamos sempre de suprimento de combustível. Em operações de maior duração

isso acaba se tornando um problema. A manutenção do motor do gerador necessita de pessoal especializado.



**APENDICE B – LISTA DE MATERIAIS C COM 1ª DE**

- 01 Terminal SISCOMIS
- 01 Modem 4g
- 03 Notebook (1 pacificador/ C2 Cmb; 1 Zimbra e carta de meios; 1 Vídeo Conf)
- 01 Televisão 42 ou 52 Pol
- 01 Retroprojektor
- 01 Tela de projeção
- 01 monitor
- 02 Celulares com Wave/ Pacificador móvel
- 01 roteador
- 01 impressora
- 01 Lousa branca
- 01 Quadro mural da Operação
- 02 Case mesa ou 2 mesas grandes
- 20 cadeiras
- 01 Case grande para acondicionar o material
- 02 extensões de 10 m
- 03 Cabo HDMI ou VGA (4m)
- 02 Conversor VGA/HDMI
- 02 Livros de controle de mensagens