

# **ANÁLISE DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM COMPARAÇÃO COM A ENERGIA DE DISTRIBUIÇÃO GERAL NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA: UMA PERSPECTIVA DE CUSTOS E AMBIENTAL<sup>1</sup>**

## ***ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC ENERGY COMPARED TO GENERAL DISTRIBUTION ENERGY AT THE ACADEMIA DA FORÇA AÉREA: A COST AND ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE***

**Bernardo Lopes Francelino Silva<sup>2</sup>**  
Luís Sérgio Paçó Lopes<sup>3</sup>

### **RESUMO**

O presente artigo realiza uma análise comparativa entre a energia fotovoltaica e a energia de distribuição geral na Academia da Força Aérea (AFA), com foco nas perspectivas de custos e ambiental. Por meio do estudo destes dois tipos de fontes de energia, busca-se compreender as vantagens e desvantagens que a fonte energia fotovoltaica pode proporcionar em comparação com o uso da fonte de energia de distribuição geral na AFA. No aspecto dos custos, são examinados os investimentos necessários para implementação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos, fazendo uma comparação direta com os custos atualmente associados à utilização da energia de distribuição geral. Além disso, é abordada a perspectiva ambiental, avaliando os efeitos ambientais das duas fontes de energia com base em indicadores ambientais considerados relevantes para determinar o nível dos impactos causados pelas fontes de energia mencionadas. Para tanto utilizou-se das metodologias de revisão bibliográfica e análise comparativa. Os resultados obtidos indicam que a energia fotovoltaica não se apresenta como uma alternativa viável para a AFA atualmente, isso se deve principalmente à característica volátil e ao custo elevado tanto de implantação quanto de operação desse tipo de energia.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica; Energia de Distribuição Geral; Análise de Custos; Sustentabilidade Ambiental.

---

<sup>1</sup> Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

<sup>2</sup> Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia de Produção pela UFSCar (2009), Mestre em Engenharia de Produção pela UFSCar (2001), Graduado em Engenharia Civil pela EESC-USP (1985), professor associado da Academia da Força Aérea.

Email: [pacolspl@fab.mil.br](mailto:pacolspl@fab.mil.br)

## ABSTRACT

This article presents a comparative analysis between photovoltaic energy and conventional grid energy at the Air Force Academy (AFA), focusing on cost and environmental perspectives. The study aims to evaluate the advantages and disadvantages of photovoltaic energy in comparison to the current use of grid energy at the AFA. From a cost perspective, the analysis examines the investments required for the implementation and maintenance of photovoltaic systems, directly comparing them with the ongoing costs associated with grid energy. Additionally, the environmental impact of both energy sources is assessed using relevant environmental indicators to determine their respective levels of impact. The methodology involves a literature review and comparative analysis. The findings suggest that photovoltaic energy is currently not a viable alternative for the AFA, primarily due to its inherent volatility and the high costs associated with its implementation and operation.

**Keywords:** Photovoltaic Energy; General Distribution Energy; Cost Analysis; Environmental sustainability.

## INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA), por ser uma instituição governamental e utilizar recursos financeiros públicos para sua operação, tem a incumbência de obedecer aos princípios básicos da administração pública e, portanto, tem a necessidade de utilizá-los de forma eficiente. Segundo Catapan, Bernadoni e Cruz (2013, p. 147), a eficiência diz respeito à avaliação da relação custo-benefício e refere-se à busca pelos melhores resultados com os recursos financeiros disponíveis, buscando minimizar os custos enquanto maximiza os benefícios. Além disso, a AFA é uma Organização Militar da Força Aérea Brasileira (FAB) que, por ter como missão: “manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional com vistas à defesa da Pátria” (Ministério da Defesa, 2020), deve ter em vista a defesa do Brasil, incluindo a proteção e conservação dos seus recursos naturais. Ademais, órgãos de administração pública devem assumir o compromisso de zelar pela conservação dos recursos naturais e pela qualidade do meio ambiente (Barata; Kligerman; Minayo-Gomez, 2007).

Nesse contexto, a hipótese da implantação da energia fotovoltaica na AFA apresenta-se como um objeto de análise relevante, pois pode representar uma alternativa eficiente e economicamente viável em relação à energia de distribuição geral atualmente utilizada. Nesse sentido, esta pesquisa busca analisar as vantagens e desvantagens associadas à utilização de fonte de energia fotovoltaica no âmbito da AFA.

Este estudo tem como objetivo analisar, de forma comparativa e sob as óticas de custos e ambiental, a energia fotovoltaica e a energia de distribuição geral na AFA. Para a consecução do objetivo geral, tem-se os seguintes objetivos específicos: identificar e explicar as energias fotovoltaica e de distribuição geral; comparar os dois tipos de energia nos campos de custos e ambiental; definir a melhor composição energética possível para o cenário da AFA.

No contexto da Linha de Pesquisa "Aeronáutica, espaço e tecnologia" e do Núcleo Temático "Energia alternativa e energia direta", esta pesquisa está inserida em um cenário no qual a AFA, como instituição militar, procura atender ao princípio da economicidade no setor público a partir de possível redução dos custos operacionais e da preservação dos recursos naturais brasileiros, evitando futuros passivos ambientais. Assim, a relevância do problema a ser investigado reside na possibilidade de se obter informações que permitam identificar as vantagens e desvantagens relacionadas às fontes de energia anteriormente mencionadas, tanto em termos de custos operacionais quanto de impacto ambiental e, dessa forma, apoiar futuras tomadas de decisão dos gestores desses setores operacionais. Além disso, esta pesquisa tem o intuito de contribuir para o avanço dos conhecimentos científicos e técnicos no campo das energias renováveis no âmbito militar de forma a fomentar possibilidades para outras Organizações Militares da FAB.

Diante do exposto, a pergunta que norteará esta pesquisa, incluindo os objetivos, os métodos do estudo, a obtenção e análise de dados e a análise comparativa e as considerações finais pode ser formulada como: Qual seria a melhor composição energética possível para uso na Academia da Força Aérea?

A hipótese de pesquisa proposta é a de que pode ser viável e interessante para a AFA o uso de uma composição de fontes energéticas que utilize em grande parte a energia fotovoltaica, resultando em redução dos custos operacionais no médio e longo prazo e menor impacto ambiental em comparação com a atualmente utilizada fonte de energia de distribuição. Esta hipótese é investigada ao longo da pesquisa, permitindo uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos.

Ao final da pesquisa é apresentada, nas condições atuais, a melhor composição energética possível no âmbito da AFA a partir de um estudo comparativo das energias fotovoltaica e de distribuição geral, levando-se em consideração os custos e o impacto ambiental associados a cada uma delas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a consecução deste estudo torna-se necessário conhecer as características técnicas e operacionais dos dois tipos de fontes de energia em análise e um breve histórico do desenvolvimento dos princípios básicos utilizados para a obtenção das duas fontes de energia, suas características técnicas, eficiência energética, investimentos necessários, disponibilidade e utilização em nível nacional. Essas informações foram obtidas a partir de fontes bibliográficas especializadas, sítios da internet, sítios de órgãos governamentais, informações de fabricantes e outros estudos acadêmicos, tais como, artigos, dissertações e teses.

### 2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica provém do efeito fotovoltaico que decorre da excitação dos elétrons na presença de luz solar. Este efeito é obtido pela conversão direta de energia solar em energia elétrica. Dessa forma, a energia fotovoltaica tem a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir uma corrente elétrica. A utilização da energia solar para produção de energia elétrica, surgiu há aproximadamente 160 anos (Oliveira, 2017). Em 1839, Edmond Becquerel, cientista francês, descobriu o efeito fotovoltaico observando suas experiências com materiais eletrolíticos. Em seus experimentos, ele percebeu que se gerava mais eletricidade quando a célula eletrolítica era exposta à luz solar, o efeito fotovoltaico (Proci, 2016; Pinho & Galdino, 2014).

Oliveira & Júnior (2011) relataram que a produção em nível industrial da tecnologia fotovoltaica foi somente iniciada em 1956 com a corrida espacial e mais impulsionada em 1973 com a crise do petróleo. Posteriormente houve um rápido desenvolvimento da tecnologia. Arantegui & Jäger-Waldau (2017), citados por Oliveira (2017), afirmam que, em 2015, houve uma produção global de células fotovoltaicas entre 56 GW a 61 GW com aumento em 2016 para 65-76 GW, mostrando o rápido crescimento e produção dos componentes fotovoltaicos.

O módulo fotovoltaico basicamente é um conjunto de células dispostas em um arranjo. Essa associação serve para produzir corrente e tensão necessárias para o funcionamento prático do sistema. Uma única célula possui em média uma tensão de 0,6 V, não sendo suficiente para utilização (Pinho & Galdino, 2014). Para que seja obtida uma voltagem adequada para uso, houve a necessidade de agrupar as células em módulos. Os módulos comerciais possuem 60 células

dispostas em série com tensão de 37,8 V e corrente de 8,8 A em média. Pinho & Galdino (2014) explicam que, de acordo com cada instalação elétrica, esses módulos podem ser conectados em série ou paralelo de acordo com a sua utilização. O principal material utilizado sob três formas como componente dos sistemas fotovoltaicos é o silício: o silício monocristalino, o silício policristalino e o silício amorfo. A partir destes são fabricados os lingotes e *wafers*, células e módulos que são componentes do sistema (Oliveira, 2017).

A célula monocristalina é obtida com o uso de barras cilíndricas (*wafers*), que são produzidas em fornos adequados. Ela possui uma eficiência maior quando comparada aos outros tipos de tecnologias fotovoltaicas existentes (Rosa, 2008).

A célula policristalina é produzida a partir da fusão de pedaços de silício e posterior uso de moldes especiais. Devido à junção de um conjunto de partes, os átomos de silício não se organizam em um único cristal, criando-se assim uma célula com várias superfícies. A eficiência do módulo decresce um pouco devido a esse processo (Pinho & Galdino, 2014).

As células mono e policristalina são estruturas rígidas. Já as células de silício amorfo são maleáveis e podem se adequar à arquitetura do local de instalação. Estas células são obtidas a partir da decomposição de camadas suficientemente finas de silício. Sua eficiência é a menor dentre as células de poli e mono cristalino (Rosa, 2008).

Para a utilização do silício no sistema fotovoltaico, é necessário que este elemento atinja um grau altíssimo de pureza, para alcançar uma qualidade de purificação conhecido como Silício Grau Solar, com 99,99% de pureza, necessário para condução de energia elétrica (Serodio, 2009).

Atualmente, existem três tipos de sistemas fotovoltaicos: conectados à rede, isolados e híbridos. De acordo com a NBR 11704 (2008), os sistemas fotovoltaicos se dividem quanto à interligação e quanto à configuração. Quanto à interligação existem dois tipos:

- Sistemas isolados: sistema no qual não há necessidade de uma rede elétrica para transmitir a energia produzida.
- Sistemas conectados à rede: sistemas nos quais a interligação é conectada à rede elétrica da concessionária.

Quanto à configuração, os sistemas fotovoltaicos consistem em:

- Sistemas puros: sistemas que utilizam o gerador fotovoltaico (módulo fotovoltaico) como único elemento de geração de energia.

- Sistemas híbridos: Associação do gerador fotovoltaico com outros tipos de fontes de energia que geram energia elétrica.

De acordo com a empresa Suntech, produtora e instaladora de painéis solares no Brasil, a potência nominal de um painel policristalino de 36 células é de 22 Wp, a tensão nominal é de 16,8 V, a corrente nominal é de 1,31 A e a temperatura de operação do sistema é de 50°C. Experimentos com este modelo de painel, na condição de novo e em dia ensolarado, realizados por Gouvêa (2017) na cidade de Guaratinguetá, entre 11h51min e 12h10min no dia 8 abril de 2016, apresentaram resultados semelhantes aos nominais.

Em condições próximas às ideais, os resultados nominais são atingidos, porém, existem diversos outros fatores que influenciam na geração fotovoltaica, tais como, a radiação solar, a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente, os índices pluviométricos e o comportamento dos ventos no local onde a energia é gerada (Cantor, 2017). Para aumentar a eficiência da geração de energia fotovoltaica, torna-se importante analisar alguns destes fatores:

- Umidade relativa do ar: segundo Panjwani e Bukshsh (2014), em locais onde a umidade relativa do ar é maior, pode haver a formação de uma camada de vapor de água sobre as células do painel solar que podem causar uma diminuição das suas capacidades de absorção da luz solar em até 30%. Portanto, a umidade relativa do ar mais alta influencia diretamente em características de funcionamento dos painéis solares em termos de tensão, corrente e potência, diminuindo assim a eficiência de produção energética das usinas fotovoltaicas.
- Vento: atua positivamente na geração de energia. Quanto maior for sua velocidade, mais eficiente será o resultado de geração dos painéis fotovoltaicos, por dois motivos: o primeiro e mais importante deles é o resfriamento dos módulos fotovoltaicos; já o segundo motivo, se refere à diminuição de um fator já citado negativamente, a umidade relativa do ar (Fischer, 2021). Segundo estudo feito por Skoplaki et al. (2008), para velocidades de vento entre 1,2 m/s e 1,4 m/s a temperatura de operação dos painéis podem diminuir entre 1,6°C e 6,5°C.
- Radiação solar: tem elevada influência na eficiência dos sistemas fotovoltaicos. Quanto maior é a sua intensidade sobre os módulos, maior corrente elétrica é gerada na saída dos mesmos (Francisco et al., 2019). No Brasil, o nordeste é o local que apresenta a maior radiação solar medida, com um valor médio de 5,9 kWh/m<sup>2</sup> e, em seguida, a região centro-oeste com 5,7 kWh/m<sup>2</sup> e sudeste e norte com 5,5 kWh/m<sup>2</sup>, a região sul é a que

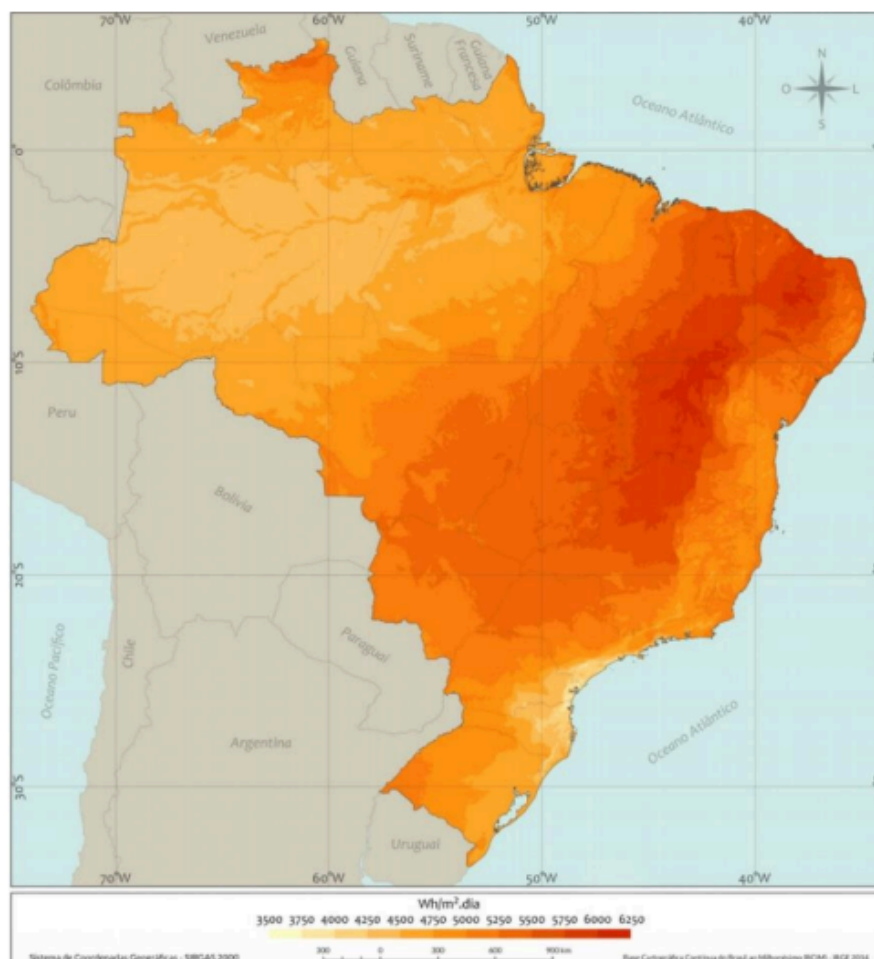
apresenta menor índice de radiação solar global média com 5,2 kWh/m<sup>2</sup>. (ENERGEASY, 2021).

- Temperatura ambiente: consiste em um dos fatores mais determinantes e estudados na geração de energia solar fotovoltaica juntamente com a radiação solar, pois tem uma relação com o desempenho dos módulos e, principalmente, com a tensão de saída dos painéis e com o ponto de máxima potência (Fischer, 2021). Segundo Cerqueira (2019), pode haver diminuição da eficiência energética, caso o sistema fotovoltaico opere em ambiente com temperaturas elevadas. Uma elevação de 50°C nos módulos do sistema pode implicar perdas de eficiência de até 21% na eficiência de geração de energia, de forma a se afastar do ponto de máxima potência, pois em função do aumento da temperatura dos módulos fotovoltaicos passa a ser necessário um maior nível de radiação solar para manter o nível de geração solar em um mesmo patamar de geração de energia.

## 2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

O Brasil apresenta condições altamente favoráveis à implementação da produção de energia elétrica fotovoltaica. A incidência de irradiação solar é muito satisfatória em praticamente todas as regiões do país. Além disso, o Brasil é um dos maiores produtores do mundo da matéria prima mais importante para a fabricação dos sistemas de geração fotovoltaicos, o silício. Este fato possibilita a produção em larga escala, tanto de sistemas de geração de energia de grande porte para indústrias quanto de sistemas de menor porte, para residências e pequenos comércios (Botezeli, 2023).

A Figura 1 mostra dados solarimétricos coletados durante 10 anos (2005 a 2015) pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, mostrando o alto potencial, principalmente da região nordeste, de gerar energia elétrica a partir das tecnologias que usam a irradiação solar como fonte de geração (Pereira et al., 2017).



**Figura 1** Mapa solarimétrico do Brasil

Fonte: Adaptado de (Pereira et al., 2017).

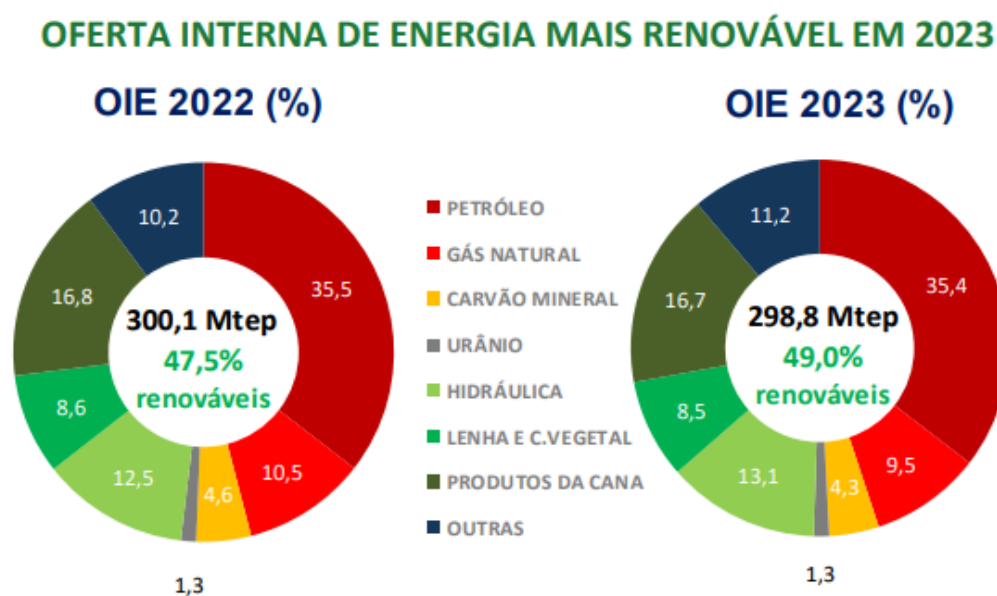
Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), a utilização da geração de energia solar no Brasil tem crescido exponencialmente nos últimos anos. Em 10 anos, o país passou de uma geração de energia de 13 MW em 2013 para 26,05 GW em fevereiro de 2023, de forma a ficar na 8ª posição dentre os maiores produtores de energia solar no mundo (ABSOLAR, 2023).

A geração distribuída possui quatro tipos de clientes: residencial, comercial, rural e industrial. Segundo dados da ABSOLAR de fevereiro de 2023, o perfil residencial representa 49,3% da potência instalada total, seguido pelo perfil comercial, com 28,3%, rural, com 14,7% e industrial com 6,6%, o 1% restante fica a cargo da potência instalada para o poder público, serviço público e iluminação pública.

## 2.3 ENERGIA DE DISTRIBUIÇÃO GERAL NO BRASIL

### 2.3.1 Panorama do Brasil quanto ao uso de energia

De acordo com o Boletim Mensal de Energia de janeiro, emitido pelo Ministério de Minas e Energia (MME) do Governo Federal, estima-se que, em 2023, a proporção de energias renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE) aumentará, atingindo cerca de 49% de participação (47,7% em 2022 e 44,7% em 2021). O gráfico 1 ilustra a OIE, utilizando como medida o equivalente em toneladas de petróleo e separadas por energias renováveis e não renováveis.

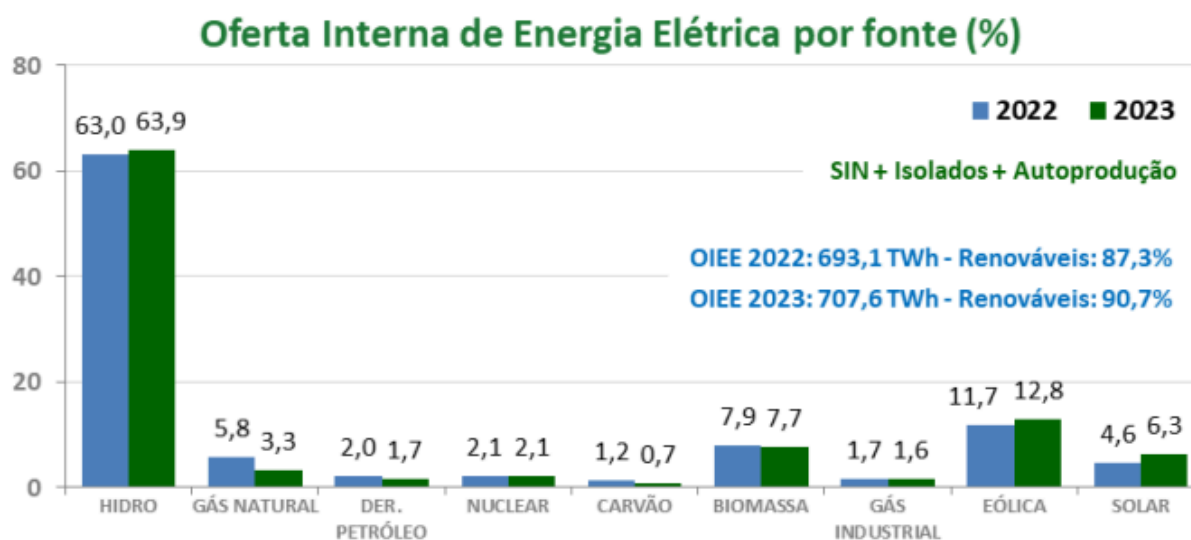


**Gráfico 1** Composição da OIE do Brasil de 2022 e 2023 separadas por energias renováveis e não renováveis (MME, 2023).

Fonte: Boletim Mensal de Energia do Governo Federal

Para a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) de 2023 é esperado um aumento de 2,5% em relação ao ano anterior, alcançando 707,6 TWh, com 90,7% obtidos a partir de fontes renováveis. As gerações de energia solar e eólica deverão continuar crescendo. No ano de 2023

houve um expressivo crescimento da fonte solar (mais de 78%), além de um crescimento da geração eólica (mais de 12%) e hidráulica (mais de 16%). O gráfico 2 ilustra a OIEE do país por fontes.



**Gráfico 2** Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil (MME, 2023).

Fonte: Boletim de Energia do Governo Federal – Anos 2022 e 2023

Com base nos dados apresentados, a matriz energética brasileira, representada pela OIEE, é composta principalmente pela energia proveniente de hidrelétricas. A AFA utiliza dessa mesma fonte de energia, a qual será considerada como energia de distribuição geral neste estudo.

### 2.3.2 Energia hidrelétrica

De acordo com Oliveira (2018), o desenvolvimento da energia hidrelétrica no Brasil se deu a partir do final do século XIX, juntamente com países desenvolvidos na época e devido à sua grande dimensão geográfica e potencial hídrico. Após a Segunda Guerra Mundial, o investimento nesse tipo de energia foi intensamente expandido, com a construção de diversas barragens de pequeno, médio e grande porte e com a construção, em conjunto com outros países da América Latina, da segunda maior barragem hidrelétrica do mundo em 1974, a Usina Hidrelétrica de Itaipu.

O Brasil é o país que possui o maior potencial para a geração de energia hidráulica no mundo (Abbud e Tancredi, 2010) e tem a maior parte de sua energia elétrica gerada por

hidrelétricas. De acordo com Dos Reis (2000), ao final da década de 1990, esse tipo de energia já compreendia mais de 90% da potência elétrica instalada no país e, atualmente, de acordo com a MME 2023 (gráfico 2) compreende 63,9% do fornecimento de energia elétrica no Brasil. O fato das energias não renováveis serem caras, altamente poluentes, e estarem se esgotando, tem feito com que a energia hidráulica, seja vista como uma importante fonte de energia renovável, além de ser relativamente pouco poluente.

A energia hidráulica é produzida a partir da força do movimento das águas. Para que isso seja possível, há alguns fatores que influenciam na geração de energia elétrica. Os principais fatores de influência são: a vazão do rio, a quantidade disponível de água em diversos períodos do ano, a topografia, as alterações antrópicas, ou naturais, como as quedas de água naturais, ou criadas artificialmente (ANEEL, 2008).

As usinas hidrelétricas são compostas, basicamente, por barragem, casa de força, vertedouro e sistema de captação e adução de água, que funcionam em conjunto e de maneira integrada. A barragem interrompe o curso normal do rio e desvia para um determinado local formando grandes reservatórios, que estocam a água e permitem a formação de grandes quedas, produzindo força que é utilizada para movimentar turbinas e acionar o gerador elétrico (Panzera, Gomes e Moura, 2010).

Em uma central hidrelétrica, a água aciona uma turbina hidráulica que movimenta o rotor de um gerador elétrico para produção de energia. A turbina transforma a energia hidráulica em energia mecânica e o gerador elétrico, acionado por acoplamento mecânico na turbina, transforma a energia mecânica em energia elétrica, ou seja, as usinas hidrelétricas tem a capacidade de transformar energia cinética em energia elétrica a partir do aproveitamento do movimento das águas. A água utilizada, identificada pela sua vazão, pode ser totalmente liberada ou não, de acordo com o objetivo de uso da água ( Dos Reis, 2000).

Em geral as hidrelétricas apresentam baixa emissão de gases de efeito estufa, sendo classificadas como fontes renováveis visto que tem como combustível a água. Em uma usina hidrelétrica, a geração de energia não implica consumo de água, pois o recurso hídrico é liberado para uso após a geração e, por esse motivo, é considerado uma fonte economicamente competitiva, com baixo custo de operação. Outro benefício desse tipo de energia é possibilitar a produção de grande quantidade de energia elétrica de maneira relativamente rápida (Silva; Shayani; De Oliveira, 2018).

De acordo com De Queiroz et. al (2013) a energia hidráulica é uma fonte de energia renovável, pois não modifica as propriedades físico-químicas das águas, e permite o retorno da água ao leito original do curso d'água. Além disso, impactos causados pelas centrais hidrelétricas são toleráveis quando levado em conta a importância da energia hidráulica para a matriz energética mundial.

Apesar das vantagens citadas, as hidrelétricas apresentam desvantagens tanto na fase de construção como na de operação. Durante a etapa de construção, os solos ficam expostos com o desmatamento da vegetação nativa, intensificando os processos erosivos. A implantação de barragens e construção de reservatórios de água ocasionam interrupção do curso da água, alterando o regime hídrico. Impactos socioeconômicos ocorrem desde a fase de planejamento, gerando expectativas na população e interferindo em locais de patrimônio cultural e social; os povos e comunidades indígenas e tradicionais são os mais sensíveis aos impactos decorrentes da construção de uma usina (EPE, 2016), (Oliveira, 2018).

### **3 METODOLOGIA**

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado em duas etapas. A primeira etapa foi realizada por meio de uma abordagem bibliográfica, utilizando principalmente periódicos, artigos e livros para construir a base teórica. Por intermédio de uma revisão bibliográfica, foram coletadas informações relevantes para embasar a construção da pesquisa científica. Portanto, nesta etapa, é realizada uma análise descritiva da energia fotovoltaica e da matriz energética brasileira, com ênfase na energia hidrelétrica, com o objetivo de realizar um levantamento abrangente da utilização e disponibilidade das fontes energéticas para uma posterior análise crítica dos dados obtidos.

Na segunda etapa foi realizada uma análise comparativa entre as duas formas de energia, considerando duas perspectivas: ambiental e de custos. Nesta etapa foram avaliadas as principais vantagens e desvantagens de cada tipo de energia. Em seguida foi elaborado um levantamento dos gastos de energia da AFA dos anos de 2021 a 2023 e, também, dos custos derivados de uma eventual implantação e geração de energia fotovoltaica para posterior análise comparativa. Já a perspectiva ambiental, também considerada relevante para uma Organização Militar da FAB, contemplou impactos ambientais causados pela energia hidrelétrica atualmente utilizada pela AFA e os impactos derivados de um possível sistema de geração de energia solar.

Desse modo, a pesquisa adotou uma abordagem bibliográfica descritiva, utilizando dados e fontes especializadas sobre a energia fotovoltaica e a energia hidrelétrica, além de realizar uma comparação entre estas duas formas de obtenção de energia, considerando aspectos ambientais e de custos no âmbito da AFA.

## 4 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

### 4.1 COMPARAÇÃO DE CUSTOS

Os dados de consumo (kWh) e gastos (R\$) com energia elétrica na área administrativa da AFA se referem aos anos de 2021 a 2023 fornecidos pela Seção de Elétrica da AFA (relatório completo nos anexos).

**Tabela 1** Gastos e consumo da área administrativa da AFA nos anos de 2021 a 2023.

	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>Médias Gerais</b>
Energia utilizada por mês em média	522.850 kWh	498.065 kWh	541.517 kWh	520.811 kWh
Energia total utilizada	6.274.397 kWh	5.976.781 kWh	6.498.206 kWh	6.249.795 kWh
Gasto médio mensal	R\$ 374.849,73	R\$ 393.785,15	R\$ 410.591,82	R\$ 393.075,57
Gasto total	R\$ 4.498.196,80	R\$ 4.725.421,84	R\$ 4.927.101,78	R\$ 4.716.906,81

Fonte: Elaboração própria.

Para efeitos de comparação, foram realizados dois orçamentos de sistemas puros, ou seja, que utilizam somente a energia fotovoltaica. Os custos de implantação, considerando o gasto energético total da AFA, estão apresentados a seguir:

- NeoSolar: R\$ 38.899.058,78
- Portal Solar: R\$ 34.636.849,93

Considerando-se a despesa mensal média da AFA com energia elétrica de R\$393.075,57 é possível calcular o *payback* simples do investimento, ou seja, quanto tempo o investimento demora a ser ressarcido. O retorno seria em aproximadamente 8 anos e 3 meses na empresa NeoSolar e 7 anos e 4 meses na empresa Portal Solar.

Além dos orçamentos apresentados, foi solicitado à empresa Aldo Solar um orçamento para uma utilização combinada de energias. Neste sistema híbrido, grande parte da AFA seria abastecida pela energia fotovoltaica e o restante pela empresa Neoenergia Elektro, atual prestadora do serviço. A produção de energia fotovoltaica anual estimada pela empresa é de 4.615.776 kWh. Considerando a média anual de 6.249.795 kWh, a produção por energia fotovoltaica equivale, nesta opção, a 73,85% de todo o consumo da AFA. O custo de implantação seria de R\$5.514.199,00 e, de acordo com estimativa da própria empresa, o investimento teria retorno em aproximadamente 18 meses.

Neste caso, por se tratar de um sistema híbrido, há um custo de disponibilidade de energia, que é uma tarifa cobrada pela conexão da rede às concessionárias de energia elétrica. A taxa é de cerca de R\$0,80 por kWh (Santos & Paese, 2019) e, considerando o consumo anteriormente mencionado, resultaria em um montante anual de R\$3.692.620,80, valor este que não está incluído na estimativa de retorno de investimento da empresa. Ao somar este valor, o novo gasto mensal resulta na soma entre o restante da energia paga à concessionária e a tarifa do custo de disponibilidade.

Outro ponto importante da implantação da energia fotovoltaica é que esta implica em outros gastos, que seriam principalmente com pessoal, para manutenção e limpeza das placas, cujo custo anual de manutenção é estimado em 1% do investimento inicial, que no caso da empresa Aldo Solar equivale a R\$55.141,99 anuais (Energon Brasil, 2018). Além disso, as células sofrem degradação, devido à exposição contínua a intempéries, resultando numa perda de eficiência média dos módulos solares de 0,65% ao ano (Santos & Paese, 2019), ou seja, em aproximadamente 28 anos os painéis solares terão perdido 20% de sua eficiência.

Segue abaixo uma tabela comparativa dos principais custos associados à utilização dos serviços de cada empresa mencionada e da energia de distribuição geral atualmente utilizada. Na tabela, o caracter “-” representa um custo não aplicável à proposta da empresa.

**Tabela 2** Comparação dos principais custos associados.

<b>Principais custos associados:</b>	<b>Atual (R\$)</b>	<b>NeoSolar (R\$)</b>	<b>Portal Solar (R\$)</b>	<b>Aldo Solar (R\$)</b>
Energia de distribuição geral (mensal)	393.075,59	-	-	106.130,41
Implantação (total)	-	38.899.058,78	34.636.849,93	5.514.199,00
Disponibilidade de energia (mensal)	-	-	-	307.718,4
Manutenção e pessoal (mensal)	-	32.415,88	28.864,04	4.595,17
Degradação (mensal)	-	21.070,32	18.761,63	2.986,86
<b>Total</b>	<b>393.075,59</b> mensal.	<b>38.899.058,78</b> + <b>53.486,20</b> mensal.	<b>34.636.849,93</b> + <b>47.625,67</b> mensal.	<b>5.514.199,00</b> + <b>421.430,84</b> mensal.

Fonte: Elaboração própria.

## 4.2 COMPARAÇÃO AMBIENTAL

A célula fotovoltaica, no processo de produção de energia propriamente dito, apresenta impactos ambientais extremamente baixos, podendo ser desconsiderados (Oliveira,2017). Porém, de acordo com Alsema & Phylipsen (1995), os principais contribuintes em emissões gasosas do módulo fotovoltaico são seus componentes de vidro e alumínio. A purificação do silício é o segundo processo que mais contribui para os impactos ambientais causados. O grau desse impacto depende do tipo de energia, de fonte não renovável, utilizado no processo de purificação que apresenta valores relativamente expressivos no impacto ambiental causado (Pautasso & Oliveira, 2008).

Conforme a pesquisa realizada por Oliveira (2017), o impacto da produção do silício é consideravelmente menor, do que o causado pela combinação de energias utilizada no Brasil, atingindo quatro vezes menos em aspectos, tais como, potencial de aquecimento global, utilização de água, potencial de eutrofização, potencial de acidificação e potencial de toxicidade humana.

Os principais impactos provocados pelas usinas hidrelétricas são químicos, físicos, biológicos, sociais e culturais (De Queiroz et. al, 2013) e dentre eles se enquadram:

- O comprometimento dos corpos de água, devido à emissão de efluentes líquidos; a redução da disponibilidade e da qualidade da água devido à captação para o sistema de resfriamento e geração e à elevação da acidez da água (Guerra e Carvalho, 1995);
- Impactos hidrológicos, como a alteração da vazão, do fluxo da corrente, o aumento da profundidade, o alargamento do leito, a elevação do nível do lençol freático e a geração de pântanos (Vecchia, 2012);
- Impactos climáticos, como a alteração da umidade, temperatura, evaporação, ventos e precipitação (Panzera, Gomes e Moura, 2010);
- Impactos no solo, como o assoreamento que provoca uma diminuição da vida útil do reservatório; a erosão, causando a perda do solo e das árvores (Sevá, 2005);
- Impactos na flora, provocando a perda da biodiversidade, por aumentar a matéria orgânica e conseqüentemente diminuir os teores de oxigênio (Vecchia, 2012);
- Impactos na fauna, como perda da biodiversidade, pois exigem o realocamento de muitas espécies nativas, causando a morte de muitas espécies, algumas delas em extinção (Inatomi e Udaeta, 2005);
- Impactos sociais derivados da realocação de famílias. Muitas vezes ocorre a inundação de cidades inteiras, perdendo parte da sua cultura e das suas origens. Estas famílias normalmente são indenizadas e transferidas para outros locais, sofrendo também com a readaptação a uma nova vida (Koifman, 2001);
- O rompimento de barragens é um problema pouco frequente, mas possível, e que causa grandes inundações e danos irreversíveis à biodiversidade e à sociedade local (Panzera, Gomes e Moura, 2010).

Além disso, na construção de barragens hidrelétricas o impacto ambiental causado, tanto na hidrografia quanto na sociedade local, é alto, pois a obra pode interferir em locais com elementos do patrimônio natural, cultural, histórico, arqueológico, paleontológico, paisagístico e espeleológico e

pode atingir diretamente cidades, vilas e distritos, afetando moradias, benfeitorias e equipamentos sociais (Silva; Shayani; De Oliveira, 2018).

Entretanto, de acordo com De Queiroz et. al (2013), a energia hidráulica é uma fonte de energia renovável, pois não modifica as propriedades físico-químicas das águas e permite o retorno da água ao leito original do curso d'água. Ademais, os impactos causados pelas centrais hidrelétricas são considerados toleráveis quando levado em consideração a importância da energia hidráulica para a matriz energética mundial.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

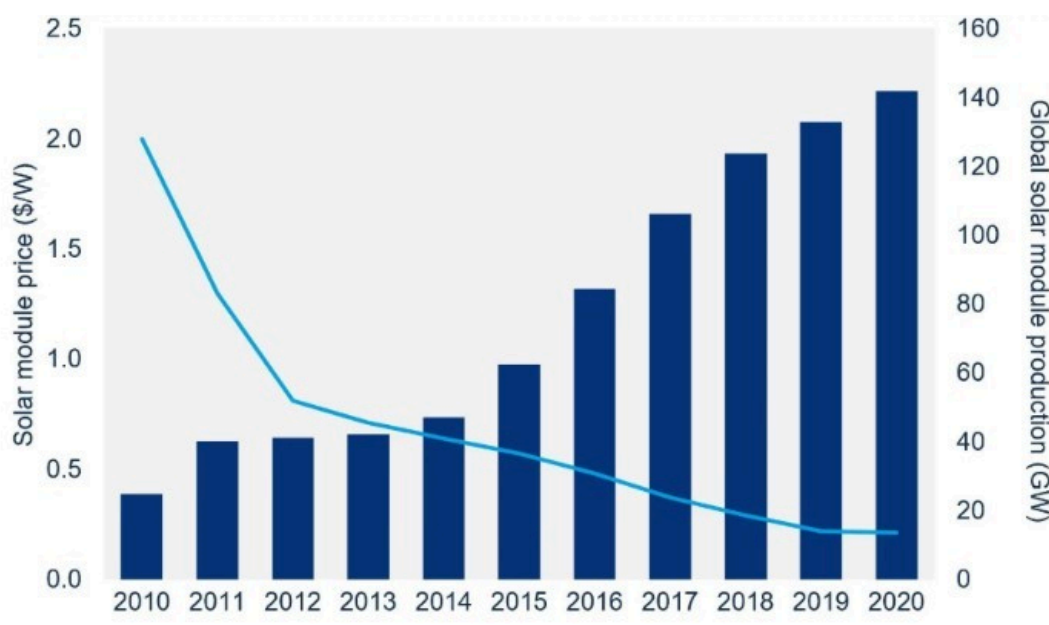
Conclui-se que, atualmente, a energia fotovoltaica não se apresenta como uma alternativa viável para a AFA visto que, apesar de o tempo de retorno do investimento ser estimado entre 7 e 8 anos e parecer aceitável para uma instituição pública de mais de 80 anos, os custos com manutenção e os futuros investimentos, necessários para a compra de novas placas devido à degradação, tornam o investimento arriscado e podem prolongar o tempo de retorno. Além disso, tendo em vista a proposta de fazer um sistema híbrido, os resultados se mostram ainda menos promissores, já que resultam em um aumento permanente nos gastos com energia elétrica da AFA.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a característica volátil da geração de energia fotovoltaica. Segundo Botezeli (2023), este aspecto tem sido uma das principais barreiras para o avanço da tecnologia, pois devido às alterações climáticas há sempre a possibilidade de não se atingir os volumes necessários previstos.

Por outro lado, levando-se em conta o viés ambiental, a mudança na forma de obtenção de energia é válida, devido às inúmeras vantagens citadas do uso da energia fotovoltaica em detrimento da energia hidrelétrica.

Além disso, uma tendência que pode ser explorada é o armazenamento de energia, podendo ocorrer de forma antecipada ou posterior ao medidor. Assim, torna-se possível armazenar energia durante os picos de geração e para utilizá-la posteriormente em momentos de pico de demanda. Esta estratégia, além de possibilitar uma maior eficiência na rede, ainda oferece a vantagem de servir como um backup. Este tipo de tecnologia vem se tornando cada vez mais competitiva no mercado, podendo já em alguns modelos, atingir taxas atrativas de viabilidade econômica (Garlet et al., 2019).

Vale ressaltar que a tecnologia fotovoltaica está em desenvolvimento e expansão no Brasil e no mundo. E, como pode ser visualizado no gráfico 3, no qual a linha mais clara representa o preço do módulo fotovoltaico e as barras a capacidade de produção dos mesmos, o preço dos módulos solares reduziram aproximadamente 90% de 2010 a 2020.



**Gráfico 3** Evolução da capacidade de fabricação e dos preços de módulos fotovoltaicos

Fonte: Portal Energia 2020.

Segundo Botezeli (2023), algo importante a se considerar também é o ambiente regulatório, envolvendo questões como tarifas e modelos tarifários, impostos e subsídios. No Brasil nota-se uma movimentação na legislação com a aprovação de novas leis como, por exemplo, a Lei 14.300/2022, o marco legal da geração distribuída e projetos de leis, como o 414/2021 que propõe uma alteração na regulação do mercado livre de energia. Esta dinâmica representa apenas um começo, se comparada à necessidade da redução dos impostos cobrados dos consumidores e das empresas responsáveis pela transmissão e distribuição de energia, bem como, uma melhora do sistema de compensação de energia (Faria, Trigoso e Cavalcanti, 2017).

Portanto, os resultados e análises apresentados sugerem que, embora a energia fotovoltaica ainda não seja uma solução viável para atender às necessidades energéticas da AFA, seu potencial não pode ser subestimado, sendo essencial o acompanhamento da evolução da tecnologia

fotovoltaica e o apoio para melhorias no ambiente regulatório de forma a promover sua adoção em larga escala. Com o contínuo declínio nos custos dos painéis solares e o crescente foco em fontes de energia cada vez mais renováveis, há um potencial significativo para que a energia solar desempenhe um papel mais proeminente no mix energético do Brasil e na operação da AFA no futuro. Embora os desafios permaneçam, a energia fotovoltaica continua a ser uma área de interesse e pesquisa promissora, com o potencial de oferecer benefícios econômicos e ambientais a longo prazo.

Recomenda-se, assim, que para trabalhos futuros seja realizada uma nova análise e comparação entre a energia fotovoltaica e a energia de distribuição geral para uso na AFA. Esta recomendação é motivada pela contínua evolução da energia fotovoltaica, tanto no que diz respeito ao surgimento de novas tecnologias, quanto à redução de preços e futuras alterações nas tarifas e regulamentações brasileiras. Com isso, é possível que em um futuro próximo a energia fotovoltaica se torne uma opção mais competitiva economicamente e, portanto, futuramente viável no âmbito da AFA.

## ANEXO A – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA AFA

<b>CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA AFA</b>			
<b>CONSUMO EM KWH</b>			
<b>MESES</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Jan	321.639	508.312	454.727
Fev	555.835	556.136	535.879
Mar	583.793	555.027	535.780
Abr	684.875	651.816	676.802
Maio	554.158	527.549	521.397
Jun	473.587	434.666	477.784
Jul	463.781	425.239	417.887
Ago	422.408	422.781	415.110
Set	482.767	440.452	491.148
Out	606.387	418.217	603.922
Nov	538.478	529.809	653.760
Dez	586.689	506.777	714.010
<b>TOTAL</b>	<b>6.274.397</b>	<b>5.976.781</b>	<b>6.498.206</b>

<b>CONSUMO EM REAIS</b>			
<b>MESES</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Jan	R\$ 268.658,93	R\$ 437.185,93	R\$ 362.084,21
Fev	R\$ 345.230,42	R\$ 467.244,79	R\$ 399.051,62
Mar	R\$ 358.701,14	R\$ 492.337,04	R\$ 401.166,32
Abr	R\$ 398.984,55	R\$ 519.925,49	R\$ 460.817,72
Maio	R\$ 351.049,15	R\$ 406.420,18	R\$ 389.688,34
Jun	R\$ 330.136,21	R\$ 314.172,71	R\$ 365.063,06
Jul	R\$ 338.700,96	R\$ 314.369,88	R\$ 342.541,51
Ago	R\$ 332.214,41	R\$ 315.793,03	R\$ 342.551,33
Set	R\$ 366.367,13	R\$ 330.354,48	R\$ 382.234,95
Out	R\$ 484.584,89	R\$ 345.211,52	R\$ 468.843,11
Nov	R\$ 443.050,92	R\$ 394.819,17	R\$ 483.985,48
Dez	R\$ 480.518,09	R\$ 387.587,62	R\$ 529.074,13
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 4.498.196,80</b>	<b>R\$ 4.725.421,84</b>	<b>R\$ 4.927.101,78</b>

## REFERÊNCIAS

ABBUD, Omar Alves; TANCREDI, Márcio. Transformações recentes da matriz brasileira de geração de energia elétrica—causas e impactos principais. **Brasília: Centro de Estudos da Consultoria do Senado**, 2010.

ABNT 11704, **A. Sistemas fotovoltaicos** — Classificação. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ALSEMA, E., PHYLIPSEN, G. J. Environmental life-cycle assessment of multicrystalline silicon solar cell modules. **Agency for Energy and the Environment**, NOVEM, 67. 1995

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil)-ANEEL. 1º Ed. Brasília-DF: Atlas de energia elétrica do Brasil: Energia Hidráulica. 2002 P.17-45 Disponível em: <  
[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf)>

ARANTEGUI, R. L., JÄGER-WALDAU, A. Photovoltaics and wind status in the European Union after the Paris Agreement. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, p. 12. 18 Jun 2017

BARATA, Martha Macedo de Lima; KLIGERMAN, Débora Cynamon; MINAYO-GOMEZ, Carlos. **A gestão ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica.** **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 165-170, 2007.

BRASIL. Presidência da República. Política de Defesa Nacional. Brasília, 1996. Disponível em:  
<http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/publicacoes-oficiais/catalogo/fhc/politica-de-defesa-nacional-1996.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2023.

BOTEZELI, Luydi Kunzler et al. **Análise de viabilidade para o investimento industrial em energia solar fotovoltaica em uma empresa de grande porte do setor metal mecânico.** 2023.

Calculadora Solar. ([s.d.]). Calculadora Solar - Aldo Solar. Disponível em:  
<https://calculadorasolar.aldo.com.br/>. Acesso em: 17 jun. 2023

Calculadora Solar. ([S.d.]). Disponível em:  
<https://www.neosolar.com.br/orcamento-energia-solar/orcamento-solar-residencial-empresas?no=1&tk=54a5db2177509d08ef36dcf6edeb32ab>. Acesso em: 17 jun. 2023

Calculadora Solar. ([s.d.]-b). Portal Solar. Disponível em:  
[https://www.portalsolar.com.br/calculadora-solar?postalcode=13643000&light\\_bill=408775&power\\_distributor\\_name=ELEKTRO&power\\_distributor\\_id=85&email=bernardolopesfrancelinosilva%40gmail.com](https://www.portalsolar.com.br/calculadora-solar?postalcode=13643000&light_bill=408775&power_distributor_name=ELEKTRO&power_distributor_id=85&email=bernardolopesfrancelinosilva%40gmail.com). Acesso em: 17 jun. 2023

CANTOR, G. A. **Influência dos fatores climáticos no desempenho de módulos fotovoltaicos em regiões de clima tropical.** **Dissertação** (Mestrado em Energias Renováveis), UFPB, João Pessoa, PB, 2017.

CARVALHO, P. S. de; MESQUITA, P. P; ROCIO, M. A. **A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira?. BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 40 , p. [205]-233, set. 2014.

Categoria: Dicas para Integrador Solar. ([s.d.]). Energeasy. Disponível em: <https://energeasysolar.com.br/category/dicas-integrador/>. Acesso em: 17 jun. 2023

CATAPAN, Anderson; BERNARDONI, Doralice Lopes; CRUZ, June Alisson Westarb. **Planejamento e Orçamento na Administração Pública**. 2. ed. Curitiba: Intersaberes, 2013. p 147.

CERQUEIRA, M. A. **Desenvolvimento de atividades experimentais e de um kit de experimentos sobre geração fotovoltaica. Trabalho de conclusão de curso** (Licenciado em Física), CEFET/RJ, Petrópolis, 2019

DE FARIA JR, Haroldo; TRIGOSO, Federico BM; CAVALCANTI, João AM. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p. 469-475, 2017.

DE QUEIROZ, Rosemar et al. **Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, p. 2774-2784, 2013.

DO NASCIMENTO, C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Diss. Universidade Federal de Lavras, 2004.

DOS REIS, L. B. **Geração de energia elétrica**. Editora Manole, 2000

Encontro Nacional ABSOLAR 2023. ([s.d.]). Org.br. Disponível em: <https://encontronacionalabsolar.org.br/>. Acesso em: 17 jul. 2023

Energon Brasil. Quanto custa a manutenção no sistema solar fotovoltaico? Disponível em: <http://energonbrasil.com.br/quanto-custa-amanutencao-no-sistema-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

FISCHER, D. R. **Desenvolvimento de uma Ferramenta para Previsão de Curto Prazo da Geração de Energia Fotovoltaica. 120 f. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2021.

FRANCISCO, A. C. C. et al. **Influência de parâmetros meteorológicos na geração de energia em painéis fotovoltaicos: um caso de estudo do Smart Campus Facens, SP, Brasil. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

GARLET, Taís Bisognin et al. **Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 157-169, 2019.

GOUVÊA, E. C. **Resposta espectral de células fotovoltaicas em condições reais de operação.** Repositório Institucional UNESP, 2017.

GUERRA, Sinclair Mallet-Guy; CARVALHO, Antomar Viegas de. **Um paralelo entre os impactos das usinas hidrelétricas e termoeletricas.** Revista de administração de empresas, v. 35, p. 83-90, 1995.

INATOMI, Tais Aya Hassan; UDAETA Miguel Edgar Morales. 2005. Disponível em: [http://www.espacosustentavel.com/pdf/INATOMI\\_TAHI\\_IMPACTOS\\_AMBIENTAIS.pdf](http://www.espacosustentavel.com/pdf/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf). Acesso em: 29 jun. 2023.

Jesus, F. (2020, janeiro 5). Preços dos painéis solares descem 90% desde 2010. Portal Energias Renováveis. <https://www.portal-energia.com/precos-paineis-solares-148225/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

KOIFMAN, S. 2001. Electric Power Generation and Transmission: The Impact on Indigenous Peoples in Brazil. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v17n2/4186.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023

KUMAR PANJWANI, M.; BUKSHSH NAREJO, G. **Effect of Humidity on the Efficiency of Solar Cell (photovoltaic).** International Journal of Engineering Research and General Science, [S. l.], 2014.

MEI, P. R.. **Obtenção de silício monocristalino de grau eletrônico.** Campinas. 2017.

MME. Resenha Energética Brasileira. Fonte: Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Ener%C3%A9tica+-+Brasil+2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2>. Acesso em: 29 jun. 2023.

NATT, E. D.; DE PÁDUA CARRIERI, A. **Energia hidrelétrica: a retórica da energia limpa.** Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2017.

OLIVEIRA, A. de S. **Avaliação de impactos ambientais do módulo fotovoltaico: produção e uso como fonte de energia elétrica.** 2017.

OLIVEIRA, R. D., JÚNIOR, J. C. **Análise Econômica Da Geração Fotovoltaica De Energia Elétrica No Município De São Carlos (SP).** Revista Brasileira de Energia, p. 18. 2011

PANZERA, Arjuna C., GOMES, Artur E.Q., MOURA, Dácio G.2010. **Moura. Impactos ambientais da produção de energia elétrica, Educação Ambiental Centro de Referência Virtual do Professor - SEE-MG / setembro 2010**

PAUTASSO D. E.; KERR L. A. **Segurança Energética da China e as Reações dos EUA.** Revista CONTEXTO INTERNACIONAL. Vol. 30. 2008, p.37. Rio de Janeiro. 2008

PEREIRA, E. B. et al. Atlas brasileiro de energia solar. 2. ed. Inpe, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/978-85-17-00030-0>. Acesso em: 29 jun. 2023.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Grupo de trabalho de energia solar–GTES**. CEPEL–DTE–CRESESB, 2014.

PROCI, P. Instituto Superior Técnico. **Universidade Federal de Lisboa**. Disponível em: <http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>. 24 Set 2016. Acesso em: 29 jun. 2023.

ROSA, C. A. **Estudo do Balanço Energético e do Passivo Ambiental Resultante da Fabricação do Módulo Fotovoltaico**. Itajubá, Minas Gerais-MG, Brasil. 2008.

SANTOS, E. E.; PAESE, F. E. **Comparação de viabilidade econômica entre instalações on-grid e off-grid residenciais**. Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

SERODIO, L. M. **Silício Grau Solar**. Rio de Janeiro. 2009.

SEVÁ, O. 2005. Usinas hidrelétricas e termelétricas Roteiro experimental sobre as concepções e o modo de funcionamento e sobre algumas das consequências. Disponível em: [http://www.ifch.unicamp.br/profseva/972\\_apost\\_SEVA\\_uhe\\_ute.pdf](http://www.ifch.unicamp.br/profseva/972_apost_SEVA_uhe_ute.pdf). Acesso em: 29 jun. 2023.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. de; CAMARGO, I. M. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais**. In: **Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE)**. Brasília. 2006. p. 60.

SILVA, L. R.; SHAYANI, R. A.; DE OLIVEIRA, M. A. **Análise comparativa das fontes de energia solar fotovoltaica, hidrelétrica e termelétrica, com levantamento de custos ambientais**. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

SKOPLAKI, E.; BOUDOUVIS, A. G.; PALYVOS, J. A. **A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting**. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2008.05.016>.

SOARES, D. dos S. **Impactos da dinâmica atmosférica na flutuação de potência em usinas fotovoltaicas**. 2014.

Sobre a empresa. ([s.d.]). Net.br. Disponível em: <https://suntech.net.br/sobre-a-empresa/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

TOLMASQUIM, M. T, 2016. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE), Rio de Janeiro

VECCHIA, R. 2012 Impactos provocados por usinas hidrelétricas. Disponível em: [http://www.obser-vadorpiraju.com.br/coluna\\_rodnei.asp?id=2763](http://www.obser-vadorpiraju.com.br/coluna_rodnei.asp?id=2763). Acesso em: 29 jun. 2023.