ESG - ENVIRONMENTAL, SOCIAL AND GOVERNANCE
SINGEURB
IV Simpósio Nacional de Engenharia Urbana

Rio de Janeiro, 22 a 24 de novembro de 2023

Análise SWOT da Estratégia de Expansão da Energia Solar On-Grid para a Transição Energética no Brasil

SWOT Analysis of the On-Grid Solar Energy Expansion Strategy for Energy Transition in Brazil.

BUENO, Pietra Taize[1]; REBELATTO, Bianca Gasparetto[1]; SALVIA, Amanda Lange[1]; RODRIGUES, Gabriela[2]; BRANDLI, Luciana Londero[1].

[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Campus I-BR 285, São José, Passo Fundo, RS, 99052-900, Brasil. E-mail: pietrataize@hotmail.com; biancagrebelatto@gmail.com; amandasalvia@gmail.com; brandli@upf.br.

[2]Curso de Graduação em Biologia, Universidade de Passo Fundo, Campus I-BR 285, São José, Passo Fundo, RS, 99052-900, Brasil. 185889@upf.br

RESUMO

A energia solar é reconhecida por sua natureza limpa e renovável, e desempenha um papel crucial no desenvolvimento sustentável. O artigo oferece uma análise abrangente da expansão nacional da energia solar on-grid (conectada à rede), empregando a análise SWOT para avaliar fatores internos e externos que influenciam sua adesão. Possui nível de desenvolvimento de pesquisa de mestrado, sendo uma parte do trabalho que está em andamento. O estudo proporciona insights valiosos para formuladores de políticas, indústria e academia, fomentando o desenvolvimento sustentável. Destaca-se a importância da energia solar na mitigação climática, validada pelo IPCC, IRENA e outras instituições relevantes. Apesar dos desafios, como intermitência e armazenamento, a crescente competitividade é impulsionada por políticas e demandas. Nesse contexto, a análise SWOT emerge como ferramenta crucial, capacitando a identificação de soluções que maximizem oportunidades e superem desafios, embasando decisões informadas e promovendo progresso científico e político na área de energia limpa, para uma transição energética com matrizes renováveis e alternativas. A pesquisa apresenta uma contribuição relevante para diversos subtemas da área urbana, destacando a interconexão da energia solar com o meio ambiente e a infraestrutura urbana.

Palavras-chave: Energia Solar, Geração distribuída, Análise SWOT.

ABSTRACT

Solar energy is recognized for its clean and renewable nature, playing a pivotal role in sustainable development. The article provides a comprehensive analysis of the national expansion of on-grid solar energy (connected to the grid), employing the SWOT analysis to assess internal and external factors influencing its adoption. It holds a master's research level of development, constituting a part of ongoing work. The study offers valuable insights for policymakers, industry, and academia, fostering sustainable development. The significance of solar energy in climate mitigation, endorsed by the IPCC, IRENA, and other relevant institutions, is highlighted. Despite challenges like intermittency and storage, increasing competitiveness is driven by policies and demands. In this context, the SWOT analysis emerges as a crucial tool, empowering the identification of solutions that maximize opportunities and overcome challenges, underpinning informed decisions and promoting scientific and policy progress in the field of clean energy, towards a renewable and alternative energy matrix transition. The research delivers a meaningful contribution to various subthemes within the urban domain, emphasizing the interconnectedness of solar energy with the environment and urban infrastructure.

Keywords: *Solar Energy, Distributed Generation, SWOT Analysis.*

1 INTRODUÇÃO

Há uma pressão global para estabelecer um ambiente de negócios cada vez mais sustentável, com maior engajamento na descarbonização e na comunidade local, além da preservação dos recursos naturais e dos ecossistemas. Diferentes mecanismos estão sendo desenvolvidos para promover a sustentabilidade, reduzir as emissões de carbono e agregar valor socioambiental aos projetos de energia. A energia solar é amplamente reconhecida como uma fonte de energia limpa e renovável, contribuindo significativamente para a promoção do desenvolvimento sustentável no Brasil e no mundo (REN21, 2021). A energia solar é a fonte que tem um dos maiores aumentos na capacidade instalada anualmente em todo o mundo, devido principalmente à queda dos preços nos últimos anos, robustez tecnológica, vasto potencial técnico e inexistência de emissões de gases de efeito estufa durante a operação das usinas. A adoção da energia solar pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis e ajudar a mitigar as mudanças climáticas (IPCC, 2018).

De acordo com previsões da IRENA, a capacidade global de energia solar instalada pode alcançar 8.000 GW até 2050, evidenciando uma tendência constante de expansão global neste setor. No Brasil, o crescimento significativo da energia solar nos últimos anos é impulsionado por políticas públicas favoráveis e pela redução dos custos dos equipamentos fotovoltaicos (ABSOLAR, 2022). Devido à sua localização geográfica privilegiada, o país ostenta um vasto potencial para a geração de energia solar, com uma alta incidência solar de 5,5 kWh/m² por dia, cerca de 50 vezes o consumo atual de eletricidade (EPE, 2021).

A adoção da energia solar pode ajudar a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, bem como proporcionar acesso à energia limpa e sustentável em comunidades remotas e isoladas. O setor de energia solar experimentou um crescimento significativo nos últimos anos e espera-se que continue crescendo no futuro (IRENA, 2019).

O objetivo primordial deste estudo consistiu em analisar os impactos das regulamentações e planos preexistentes no âmbito da geração de energia solar

por meio do sistema de micro e minigeração distribuída no contexto brasileiro. Nessa investigação, foram considerados os aspectos de natureza econômica e ambiental. O propósito subjacente foi o fornecimento de informações de cunho pertinente, destinadas a fomentar o crescimento da energia solar fotovoltaica como uma fonte de energia sustentável, mediante uma análise comparativa com o panorama global. Uma lacuna foi identificada: a ausência de uma avaliação detalhada dos efeitos decorrentes das novas regulamentações, planos e diretrizes inseridas no contexto brasileiro de transição energética. O escopo da pesquisa abrangeu uma investigação da maneira pela qual essas modificações influenciam o desenvolvimento da geração distribuída no país, sua posição competitiva frente a outras modalidades de geração de energia e seu potencial para contribuir com a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Adicionalmente, foi examinado como tais mudanças impactam os consumidores e o panorama do mercado de eletricidade, bem como o papel exercido pelas políticas governamentais e incentivar na promoção da adoção da energia sustentável.

A análise SWOT, é uma ferramenta estratégica de avaliação, oferecendo uma estrutura sólida para examinar tanto os pontos fortes quanto os pontos fracos internos, bem como as oportunidades e ameaças provenientes do ambiente externo. Neste estudo, essa abordagem permitiu direcionar esforços para minimizar as fragilidades internas e maximizar o aproveitamento das oportunidades disponíveis no setor de energia fotovoltaica. A importância de considerar fatores internos e externos reside na clareza que proporcionam sobre o contexto em que o setor está operando, capacitando-os a obter uma visão mais precisa do futuro desejado (PAHL & RICHTER, 2009).

2 METODOLOGIA

A abordagem metodológica escolhida para este estudo é a de pesquisa descritiva-exploratória, que se insere no âmbito qualitativo. A análise documental foi empregada com o propósito de compreender os impactos das regulamentações e planos vigentes sobre a geração de energia solar no contexto da micro e minigeração distribuída no Brasil, com especial enfoque nos aspectos econômicos e ambientais (PRODANOV & FREITAS, 2013). Adicionalmente, uma comparação com o cenário global foi conduzida a fim de identificar tanto as oportunidades quanto os desafios que se delineiam para o avanço da energia sustentável no país. A metodologia foi realizada conforme Figura 1, a identificação dos documentos utilizados consistiu na busca de documentos que apresentassem os termos: "Transição Energética" e "Energia Solar" em sua base de dados de amplo conhecimento público e o resultado da triagem para análise SWOT podem ser observadas na Tabela 1.

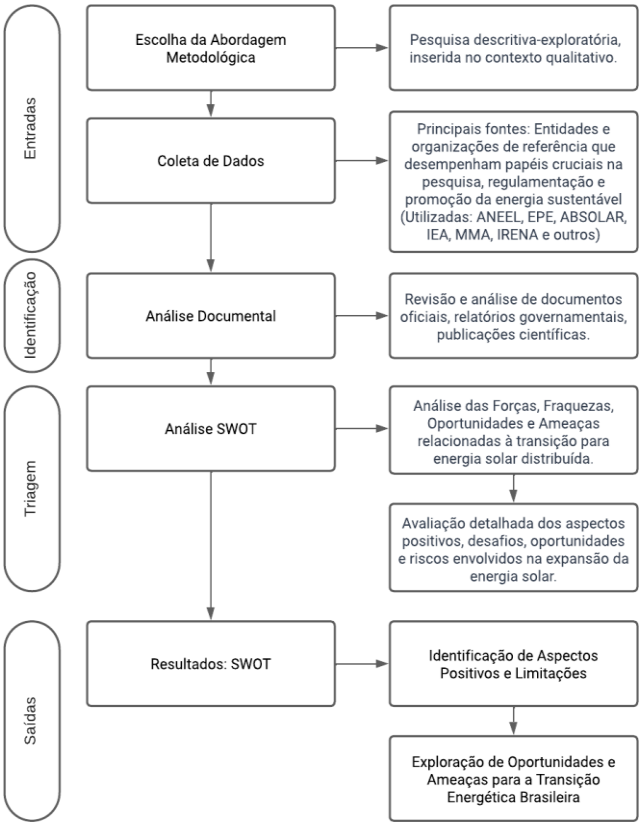


Figura 1 – Metodologia do Estudo

Fonte: Autores (2023)

Tabela 1 - Lista de Documentos Utilizados para Análise SWOT

Título do Documento	**Fonte dos Dados**
Atlas de energia elétrica do Brasil Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
Panorama da Solar Fotovoltaica no Brasil e no Mundo	Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR)
Plano Nacional de Energia 2050 Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 – Estudos complementares Demanda e Eficiência Energética: Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 Atlas Brasileiro de Energia Solar	Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
IV Relatório Luz da Agenda 2030	Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 (GT Agenda 2030)

Renewable Energy 2020, 2021 e 2022 Renewables 2021 - Analysis and Forecast to 2026. Renewable Capacity Statistics 2023 Tracking the sun: a global update on photovoltaic solar energy.	International Energy Agency (IEA)
Innovation landscape briefs: Digitalisation and renewable energy. Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030 Renewable Energy Statistics 2020 Renewable energy: a key climate solution Bracing for Climate Impact 2021 Smart Electrification with Renewables Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2022 Renewable Capacity Statistics 2023 Renewable Energy Policies and Measures Database.	International Renewable Energy Agency (IRENA)
Renewables 2022 Global Status Report	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21)

Fonte: Autores (2023)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As projeções de adesão à energia solar On-Grid por estado brasileiro até 2030 variam de acordo com as fontes e metodologias empregadas. Destaca-se que a análise SWOT foi o resultado direto da metodologia do estudo. A Figura 2 apresenta de forma clara e organizada os resultados dessa análise, onde os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças identificados podem ser observados.

A análise em questão demonstrou eficácia devido às etapas definidas. Inicialmente, por meio da avaliação dos documentos listados na Tabela 1, as forças e fraquezas intrínsecas ao setor de energia solar foram identificadas, proporcionando uma compreensão clara dos pontos que necessitam de aprimoramento. Em seguida, listamos oportunidades externas e ameaças, destacando fatores de crescimento e riscos potenciais para o setor. A organização sistemática dos dados na planilha, conforme expressa na Figura 2, facilitou a apresentação acessível das informações. Por fim, mediante a correlação desses fatores, foi possível identificar como as forças podem ser aproveitadas para potencializar as oportunidades no contexto do estudo, bem como direcionadas para mitigar as ameaças identificadas, além de entender como as fraquezas podem influenciar as oportunidades e agravar as ameaças. Essa análise resultou em percepções estratégicas fundamentais para orientar a transição energética brasileira e promover a expansão da tecnologia de energia solar fotovoltaica.

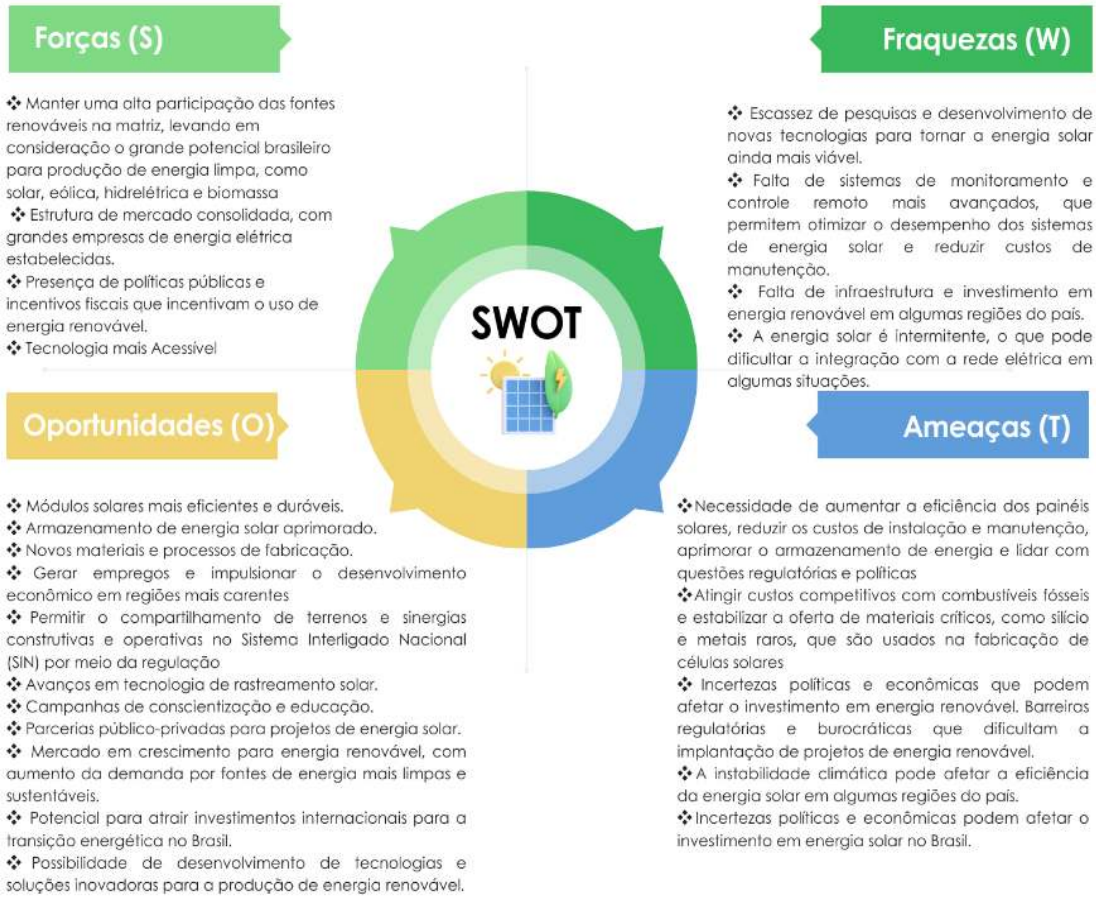


Figura 2 - SWOT: Transição Energética Brasileira com Fonte Solar Fotovoltaica

Fonte: Autores (2023)

No Brasil, desafios para expandir energia solar on-grid incluem conhecimento técnico limitado dos consumidores, incentivos financeiros escassos para sistemas fotovoltaicos e falta de infraestrutura de conexão. Globalmente, falta de políticas públicas consistentes, instabilidade regulatória e carência de investimentos em infraestrutura de rede são obstáculos, segundo ANEEL e International Energy Agency (IEA). Vencer tais obstáculos é crucial para ampliar a energia solar on-grid e a transição a um sistema mais limpo e sustentável. Melhorar tecnologias de armazenamento, adotar sistemas híbridos para estabilidade da rede e simplificar regulamentos são imperativos. Normas claras são essenciais para promover energia solar globalmente.

Para encarar os desafios da transição global para uma economia de energia renovável, é preciso colaboração internacional e compartilhamento de tecnologias. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados à energia solar, como o ODS 7 e 13, são vitais para acesso sustentável à energia e combate às mudanças climáticas. O ODS 7 busca energia acessível e confiável para todos, enquanto o ODS 13 visa ação climática urgente. Outros ODS incluem o

ODS 9, promovendo infraestrutura resiliente e inovação sustentável, e o ODS 11, para comunidades e cidades sustentáveis.

A transição global para energias renováveis exige colaboração e compartilhamento de tecnologias. A energia solar On-grid tem forte potencial no Brasil e no mundo, impulsionada por avanços e custos menores comparados a fontes convencionais. No Brasil, sobretudo Norte e Nordeste, onde há grande potencial solar, prevê-se que até 2050, o solar represente 30% da matriz energética brasileira, atendendo à demanda e reduzindo a dependência não renovável.

5. CONCLUSÃO

A expansão da energia solar on-grid, tanto no cenário brasileiro quanto global, emerge como um pilar essencial na transição para um sistema energético sustentável e robusto. No entanto, os desafios identificados, desde questões técnicas até lacunas nas políticas públicas, clamam por uma ação coesa e atenta.

A análise empreendida revelou que as disparidades nas projeções da adesão à energia solar on-grid até 2030 refletem não somente incertezas metodológicas, mas também as nuances locais de recursos solares, regulamentação e políticas regionais. A capacidade instalada atual no Brasil, aliada ao potencial de geração, oferece um alicerce sólido para estratégias que visam mitigar as mudanças climáticas e fomentar o progresso socioeconômico. O estudo da IRENA "Renewable energy: a key climate solution" reforça a relevância intrínseca das energias renováveis na atenuação das mudanças climáticas, especialmente no tocante à energia solar e sua significativa contribuição na redução global de emissões de gases do efeito estufa. A crescente adoção da energia solar e eólica delineia um panorama de reconfiguração da matriz energética global.

O escopo desta pesquisa englobou uma análise SWOT da transição energética no Brasil, focando na energia solar, com base em fontes renomadas como ANEEL, ABSOLAR, MME, EPE, INPE, IPCC, ONU e o IV Relatório Luz. Essa abordagem propiciou a identificação de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças ligadas à expansão da energia solar. Todavia, é crucial reconhecer que as forças identificadas, como a redução de emissões, podem ser potencializadas com políticas governamentais mais assertivas e investimentos em P&D.

Os desafios, tanto locais quanto globais, clamam por uma abordagem multidimensional, integrando fatores técnicos, regulatórios e de conscientização pública. A superação desses obstáculos, respaldada por uma cultura de inovação contínua, pode elevar a energia solar on-grid a um papel preponderante na matriz energética. As tendências delineadas nos âmbitos nacional e global projetam uma transformação substancial, caracterizada por preços competitivos, maior geração distribuída e adoção crescente de tecnologias de armazenamento. Tais tendências, embasadas por dados da ANEEL e IEA, corroboram a evolução vertiginosa da energia solar de uma promessa a uma solução concreta.

Este estudo evidenciou tanto os desafios urgentes quanto as oportunidades latentes entrelaçadas à expansão da energia solar on-grid. No cerne, a pesquisa sublinha a

necessidade de políticas coerentes, incentivos substanciais e esforços colaborativos para aproveitar plenamente o potencial solar na transição energética. À medida que embasa políticas informadas e catalisa investimentos estratégicos, a energia solar emerge como pilar na jornada rumo a um futuro energético mais resiliente e sustentável.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Brasil ultrapassa 10 GW de capacidade operacional de energia solar fotovoltaica.** Disponível em: <https://absolar.org.br/noticia/brasil-ultrapassa-10-gw-de-capacidade-operacional-de-energia-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 6 abr. 2022.

ABSOLAR Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Panorama da Energia Solar no Brasil.** Disponível em: <https://absolar.org.br/publicacoes/panorama-da-energia-solar-no-brasil/>. Acesso em: 8 abr. 2023.

ABSOLAR Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Projeção de Geração Distribuída Solar Fotovoltaica no Brasil 2020-2029.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-de-energia-solar-no-brasil-pode-quadruplicar-ate-2029/>. Acesso em: 5 maio 2023.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração distribuída.** 2021 Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 7 abr. 2023.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/atlas-de-energia-eletrica-do-brasil>. Acesso em: 9 abr. 2023.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD).** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/progd> Acesso em: 6 abr. 2023.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/estudos-e-planejamento/energias-renovaveis/atlas-solar-brasil>. Acesso em: 8 abr. 2023.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Demanda e Eficiência Energética:** Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Efici%C3%AAncia%20e%20Demanda%20-%20PDE%202032%20final_20230313.pdf> Acesso em: 10 mar. 2023.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Demanda de Energia 2050:** Estudos da Demanda de Energia Nota Técnica Dea 13/15. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-458/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>.Acesso em: 1 mar. 2023.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 – Estudos complementares:** Geração centralizada de energia elétrica sensibilidades what if. Nota Técnica. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/EstudosComplementaresPDE2031_Sensibilidadeswhatif.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2022.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050.** 2017.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030.** 2020.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 - Micro e Minigeração Distribuída & Baterias:** Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032. 2022. Disponível em: < https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno_MMGD_Baterias.pdf> Acesso em: 1 mar. 2023.

IEA Agência Internacional de Energia. **Energy Technology Perspectives 2020:** Special Report on Clean Energy Innovation. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/clean-energy-innovation>. Acesso em: 15 jun. 2022.

IEA Agência Internacional de Energia. **Renewable Capacity Statistics 2021.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewable-capacity-statistics-2021>. Acesso em: 8 abr. 2023.

IEA Agência Internacional de Energia. **Renewable Energy 2020.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-2020>. Acesso em: 8 maio 2023.

IEA Agência Internacional de Energia. **Renewables 2021 - Analysis and Forecast to 2026.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>. Acesso em: 8 abr. 2023.

IEA Agência Internacional de Energia. **Tracking the sun:** a global update on photovoltaic solar energy. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv#tracking>. Acesso em: 15 jun. 2022.

IEA; IRENA; UM DESA; THE WORLD BANK; WHO. **Tracking SDG7 The Energy Progress Report 2021.** Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Tracking-SDG-7-2021>. Acesso em: 9 maio 2022.

IPCC Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Climate Change 2021:** The Physical Science Basis. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - 7.** Energia acessível e limpa. 2019. Disponível em <https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html> Acesso em: 17 jun. 2022.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Renewable Capacity Statistics 2023.** Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>. Acesso em: 8 abr. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Electricity Storage and Renewables:** Costs and Markets to 2030. 2017. Disponível em: <https://www.projetouhr.com.br/atec/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Renewable Energy Statistics 2020.** International Renewable Energy Agency. Disponível em: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA_Renewable_Energy_Statistics_2020.pdf>. Acesso em: 3 de abr. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. "**Renewable energy:** a key climate solution" da International Renewable Energy Agency (IRENA). 2021 Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/Apr/Renewable-energy-a-key-climate-solution>. Acesso em: 3 abr. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Bracing for Climate Impact 2021.** Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/Aug/Bracing-for-climate-impact-2021>. Acesso em: 3 abr. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Smart Electrification with Renewables.** 2021. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/Aug/Smart-Electrification-with-Renewables>. Acesso em: 18 abr. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Renewable Energy Policies and Measures Database.** 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/policies>. Acesso em: 6 abr. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Innovation landscape briefs:** Digitalisation and renewable energy. International Renewable Energy Agency, 2019. Acesso em: 25 mar. 2023.

IRENA Agência Internacional de Energia Renovável. **Tracking SDG 7:** The Energy Progress Report 2022. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2022/Jun/Tracking-SDG-7-2022>. Acesso 8 abr. 2023.

ONU Organização das Nações Unidas Brasil. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 16 abr. 2023.

ONU Organização das Nações Unidas Brasil. **ONU apresenta novo relatório sobre progresso global na meta de energia acessível e limpa para todos.** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-apresenta-novo-relatorio-sobre-progresso-global-na-meta-de-energia-acessivel-e-limpa-para-todos/>. Acesso em: 8 abr. 2023.

PAHL, N. & RICHTER, A. **SWOT Analysis-Idea, Methodology and A Practical Approach**, Germany: Grin Verla, Germany. 92 p. 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C**. Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 277 p. 2013.

REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. **Renewables 2021 Global Status Report.** 2021. Disponível em: <https://www.ren21.net/gsr-2021/>. Acesso em: 8 abr. 2023.