

ENERGIA SOLAR E POLUIÇÃO DO AR: ABORDAGEM EXPERIMENTAL EDUCATIVA

Claudemiro de Lima Júnior¹

Tiago Luiz Santana de Souza²

Resumo: Este estudo investiga o impacto da sujeira na eficiência de painéis solares. Por meio de experimentos com diferentes tipos de sujeira, simulamos condições reais de poluição e medimos a redução na produção de energia. Além de contribuir para o avanço científico, esta pesquisa oferece uma excelente oportunidade para abordar temas como energia renovável, poluição ambiental e sustentabilidade em sala de aula. Ao relacionar a sujeira com a diminuição da produção de energia solar, os estudantes podem compreender a importância de cuidar do meio ambiente e adotar práticas mais sustentáveis. A atividade experimental proposta estimula o interesse pela ciência e promove a formação de cidadãos conscientes e engajados com os desafios atuais.

Palavras-chave: Impacto ambiental; Conservação de energia; Poluição atmosférica.

Abstract: This study investigates the impact of dirt on the efficiency of solar panels. Through experiments with different types of soiling, we simulated real pollution conditions and measured the reduction in energy production. In addition to contributing to scientific advancement, this research offers an excellent opportunity to address topics such as renewable energy, environmental pollution, and sustainability in the classroom. By relating dirt to the decrease in solar energy production, students can understand the importance of caring for the environment and adopting more sustainable practices. The proposed experimental activity stimulates interest in science and promotes the formation of conscious citizens engaged with current challenges

Keywords: Environmental impact; Energy conservation; Air pollution.

¹Universidade de Pernambuco. E-mail: claudemiro.lima@upe.br,

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8114711170508132>

²Instituto Federal do Sertão Pernambucano. E-mail: tiagoluiz@oi.com.br.

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6121738463687028>

Introdução

Em virtude da crescente preocupação com o meio ambiente, a sociedade tem dado mais atenção ao avanço e estudo tecnológico dos recursos naturais, principalmente, às fontes renováveis de energia. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) (2015), sugerem a utilização de fontes não poluidoras do meio ambiente, tais como eólica, geotérmica, solar, dentre outras. Entre as fontes não poluidoras citadas, o aproveitamento da energia solar é atualmente uma das alternativas mais promissoras para prover energia necessária ao desenvolvimento da sociedade (CRESESB, 2014), sendo a geração de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos uma das formas mais ecologicamente sustentáveis e menos agressiva ao meio ambiente. Além disso, destaca-se por ser uma fonte silenciosa, modular, que necessita de pouca manutenção, possui prazos de instalação e operação relativamente curtos, provoca impacto ambiental quase nulo e pode ser facilmente integrada às edificações.

A demanda por energia e os impactos ambientais associados ao uso de fontes fósseis têm impulsionado a busca por alternativas mais sustentáveis. A energia solar, nesse contexto, destaca-se como uma fonte limpa e renovável. No entanto, a produção e o uso de sistemas fotovoltaicos envolvem questões complexas relacionadas à gestão de recursos naturais, geração de resíduos e impactos socioambientais. A Educação Ambiental, nesse cenário, desempenha um papel crucial ao promover a compreensão dos processos envolvidos na geração de energia solar, os desafios e as oportunidades associados a essa tecnologia, além de fomentar a adoção de práticas sustentáveis em todos os níveis da sociedade.

Vários fatores podem influenciar no rendimento de um sistema fotovoltaico, sejam eles fatores relacionados às configurações do sistema utilizado, ou sejam eles fatores ambientais. Entre os fatores ambientais que mais influenciam na eficiência do sistema, pode-se destacar a irradiação solar, a temperatura, o sombreamento e a poluição atmosférica depositada na superfície dos painéis fotovoltaicos, denominado de “sujeidade” (Morgan et. al, 2017). Uma atenção especial deve ser dada a sujeidade, que é o acúmulo de resíduos na superfície do vidro que protege as células de um módulo fotovoltaico, pois, segundo Paudyal e Shakya (2016), apesar de pouco estudo, esse fator pode apresentar impacto significativo em regiões com pouca precipitação, como é o caso do Semiárido brasileiro, e/ou em áreas poluídas. O acúmulo de partículas de poeira sobre a superfície do módulo fotovoltaico reduz o rendimento do sistema (Souza; Lima; Lima Júnior, 2022).

Alguns estudos realizados relacionam a Educação Ambiental com práticas pedagógicas que se utilizam das fontes de energias renováveis como temática: Lima Júnior et al. (2018) apresentaram um estudo sobre a localização otimizada de um sistema fotovoltaico realizado por um grupo de alunos, abordando os conceitos de energia solar e sustentabilidade; Lima Júnior et al. (2019) correlacionaram o funcionamento das turbinas eólicas com assuntos

da física, abordando a importância da utilização de fontes renováveis de energia; Santos et al. (2021) apresentaram estratégias de ensino da matemática com temáticas de Educação Ambiental, a partir da construção e exploração de atividades didáticas com aplicação de modelagem matemática para avaliação de fontes energéticas sustentáveis para o Semiárido; e Colatusso et al. (2021) apresentaram aspectos do aproveitamento da energia e suas relações com a Educação Ambiental utilizando a abordagem da percepção socioambiental de moradores de algumas localidades da área urbana de Curitiba, Paraná, Brasil.

Neste trabalho, é proposta uma experiência prática que demonstra como a poluição do ar afeta diretamente a produção de energia solar. Por meio de testes com diferentes tipos de sujeira em painéis fotovoltaicos, pode-se explorar como a presença de poluentes diminui a geração de eletricidade. Essa atividade, além de conectar conceitos de eletricidade do ensino médio, permite uma discussão sobre a importância da energia solar como fonte limpa e renovável e os desafios que a poluição representa para o meio ambiente e para a produção de energia sustentável. Os estudos analisados destacam a interseção crítica entre educação e sustentabilidade, enfatizando a necessidade de abordagens interdisciplinares que envolvam os alunos em questões do mundo real e, ao mesmo tempo, promovam uma compreensão mais profunda da gestão ambiental. Essa perspectiva holística não apenas enriquece a experiência educacional, mas também capacita os alunos a se tornarem participantes ativos em suas comunidades, promovendo um senso de responsabilidade em relação à gestão ambiental e às práticas sustentáveis.

Metodologia

O experimento foi realizado no Laboratório de Física e Energias Renováveis da Universidade de Pernambuco – Campus Petrolina (LFER-UPE), na cidade de Petrolina, Pernambuco – PE. Para a realização do estudo, foi realizado um experimento para se obter o impacto da sujeira do gesso, cimento e areia, fabricados na região, sobre a corrente de curto-circuito de um módulo fotovoltaico de silício policristalino.

A montagem do experimento pode ser feita com dois painéis fotovoltaicos iguais, de qualquer tamanho e um multímetro que tenha capacidade de medir temperatura, além das grandezas elétricas. No exemplo apresentado nesse estudo, utilizou-se dois módulos de silício policristalino, com potência elétrica de 54W, com o mesmo tempo de fabricação e uso, do fabricante KYOCERA, modelo KC50T, com as características e especificações técnicas apresentadas na Tabela 1. Para determinação do valor de redução da corrente, comparou-se a corrente de curto-circuito do módulo com os poluentes depositados com um módulo de referência, sempre limpo.

Tabela 1: Especificações técnicas do módulo KC50T para as condições de

irradiância 1.000 W.m⁻², temperatura de célula 25 °C e espectro AM 1,5.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Potência Nominal	54 Wp
Tensão de Máxima Potência	17,4 V
Corrente de Máxima Potência	3,11 A
Tensão de Circuito Aberto	21,7 V
Corrente de Curto-Circuito	3,31 A
Coeficiente de Temperatura de corrente de curto-circuito (α)	1,33x10 ⁻³ A.°C ⁻¹
Coeficiente de Temperatura de Tensão de circuito aberto (β)	-8,21x10 ⁻² V.°C ⁻¹
Peso	5 kg
Comprimento	639 mm
Largura	652 mm

Fonte: Autoria própria

A Equação 1 foi utilizada para calcular a irradiância solar no momento do experimento utilizando a corrente de curto-circuito do módulo de referência, com o intuito de verificar as condições de irradiação solar estabelecidas pela Norma IEC 60904-1.

$$G = \frac{1000 \cdot I_{sc_{ref}}}{I_{sc_{ref,STC}} \cdot [1 + \alpha_{ref}(T_{C_{ref}} - 25)]} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde G é a irradiância total, $I_{sc_{ref,STC}}$ é a corrente de curto-circuito nas condições padrões de teste, $I_{sc_{ref}}$ é a corrente de curto circuito do módulo, α_{ref} é o coeficiente de temperatura da corrente de curto-circuito do módulo e $T_{C_{ref}}$ é a temperatura do módulo fotovoltaico.

Os resultados obtidos foram então comparados com os valores esperados para avaliar o desempenho e a eficiência do módulo fotovoltaico sob diferentes condições ambientais. Os módulos foram colocados no nível do solo, com a mesma inclinação e adjacentes, em um dia de céu claro, sem sombreamento, de modo que a irradiação incidente na superfície de ambos fossem iguais e a maior possível, com o intuito de se obter a maior corrente de curto-circuito. O procedimento experimental e as medições de corrente foram realizados entre às 10:45h e às 13:00h, com o intuito de se obter valores de irradiância na superfície dos módulos maiores que 800 W.m⁻², conforme estabelece a norma IEC 60904-1. A Figura 1 apresenta o arranjo experimental inicial para o plano inclinado.

Revbea, São Paulo, São Paulo, V. 20, Nº 3: 69-68, 2025.



Figura 1: Arranjo experimental dos módulos fotovoltaicos

Fonte: Autoria própria

Antes do início do procedimento de deposição das partículas, os dois módulos foram limpos com um pano umedecido para retirar a sujeira que pudesse influenciar no resultado do experimento, e as correntes de curto-circuito dos dois módulos foram medidas através de dois multímetros da ICEL-Manaus, referência MD-5770, conectados aos terminais dos módulos na função de amperímetro, curto-circuitando os terminais dos painéis fotovoltaicos. A temperatura da superfície do módulo também foi verificada, antes de cada procedimento, com um termopar tipo k interligado ao multímetro.

Durante o experimento, 3 (três) poluentes: gesso, cimento e areia, foram depositados manualmente e gradativamente sobre a superfície de vidro do módulo para determinar o impacto de cada um deles sobre a corrente de curto-circuito em duas situações distintas: em um plano inclinado e no plano horizontal. O gesso e o cimento foram escolhidos porque, nos últimos anos, existe na cidade de Petrolina-PE uma grande quantidade de obras civis que propiciam a emissão dessas partículas no ar. Consequentemente, uma parcela dessas partículas é depositada nas superfícies dos sistemas fotovoltaicos distribuídos, o que pode ser relevante no rendimento da geração de energia fotovoltaica. A areia, recolhida no terreno do experimento, foi utilizada porque as usinas fotovoltaicas podem ser instaladas a nível do solo e segundo Guan et al. (2017) o vento pode contribuir e transportá-las para a superfície dos módulos. A deposição de sujeira no módulo foi realizada primeiro para o gesso, em seguida para o cimento, e por último para a areia.

O pó de cada substância, foi cuidadosamente pesado com balança de precisão e assentado sobre a superfície do módulo, de forma mais homogênea possível. O experimento iniciado com 2g de cada substância, o equivalente a aproximadamente 5 g.m^{-2} , que foram gradativamente sendo depositados na

superfície do módulo em 12 repetições cumulativas, até a quantidade de 24g ou o equivalente a 60 g.m^{-2} fosse atingido, já que painéis fotovoltaicos utilizados no experimento possuem área útil de geração de energia de $0,3906 \text{ m}^2$. O primeiro experimento foi feito com os painéis inclinados a 25° e em seguida, foi realizado com os painéis no plano horizontal, a 0° .

A Figura 2 mostra o arranjo experimental com deposição de gesso, cimento e areia, respectivamente, no primeiro e no último procedimento realizado.



Figura 2: Arranjo experimental com a primeira e a última deposição do gesso, do cimento e da areia com os módulos inclinados a 25° .

Fonte: Autoria própria

Para cada substância testada, após cada deposição gradativa artificial do material, mediu-se a corrente de curto-circuito do módulo sujo e do módulo limpo de referência, para realização da análise dos resultados.

Além dos impactos físicos do acúmulo de sujeira na eficiência fotovoltaica, considerou-se as implicações mais amplas da Educação Ambiental na promoção de práticas sustentáveis na comunidade. Ao integrar experimentos práticos, como aqueles conduzidos com sujeira artificial, nos currículos educacionais, os alunos podem desenvolver uma compreensão mais profunda das tecnologias de energia renovável e de seus contextos ambientais. Essas

Revbea, São Paulo, São Paulo, V. 20, Nº 3: 69-68, 2025.

abordagens pedagógicas não apenas aumentam a compreensão, mas também, incentivam atitudes proativas em relação à sustentabilidade, alinhando-se às metas descritas na Agenda 2030 para aumentar o engajamento público em questões ambientais.

Além disso, promover o pensamento crítico sobre a relação entre poluição e geração de energia pode inspirar futuras inovações em soluções de energia mais limpa, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e mitigando os efeitos das mudanças climáticas. Assim, ao vincular o conhecimento teórico às aplicações práticas, os educadores podem cultivar uma geração que priorize a responsabilidade ecológica ao lado do avanço tecnológico.

Resultados e discussão

A temperatura medida na superfície dos dois módulos durante o experimento do plano inclinado foi de 50 °C para o gesso e de 60 °C para o cimento e a areia. A Tabela 2 apresenta os valores de irradiância encontrados a partir do módulo de referência, instalado com inclinação de 25° e 0°, baseando-se na Equação 1.

Tabela 2: Valores de irradiação durante o experimento.

Medida	Instalação do módulo a 25°			Instalação do módulo a 0°		
	50°C	60 °C		48°C	57°C	54°C
	Gesso	Cimento	Areia	Gesso	Cimento	Areia
	G (W.m ⁻²)	G (W.m ⁻²)	G (W.m ⁻²)	G (W.m ⁻²)	G (W.m ⁻²)	G (W.m ⁻²)
1ª	988,2875	981,5014	975,7279	1023,0845	985,2578	983,2250
2ª	988,2875	984,3882	975,7279	990,8383	988,1556	983,2250
3ª	991,2114	984,3882	975,7279	993,7698	988,1556	983,2250
4ª	994,1353	981,5014	978,6147	996,7012	985,2578	986,1340
5ª	991,2114	981,5014	975,7279	993,7698	985,2578	983,2250
6ª	994,1353	981,5014	978,6147	996,7012	985,2578	986,1340
7ª	997,0593	981,5014	975,7279	999,6327	985,2578	983,2250
8ª	994,1353	984,3882	975,7279	996,7012	988,1556	983,2250
9ª	997,0593	987,2750	975,7279	999,6327	991,0534	983,2250
10ª	997,0593	984,3882	975,7279	999,6327	988,1556	983,2250
11ª	997,0593	984,3882	975,7279	999,6327	988,1556	983,2250
12ª	997,0593	984,3882	972,8411	999,6327	988,1556	980,3161

Fonte: Autoria própria

Os valores apresentados na Tabela 2 indicam que todos os valores de irradiância superam 975 W.m⁻², mostrando que o procedimento experimental atendeu os requisitos da Norma IEC.

A Figura 3 apresenta o gráfico do percentual de redução da corrente de curto-circuito em função da densidade de deposição de sujeira com os painéis

inclinados a 25°. Na primeira deposição, de 5 g.m⁻², verificou-se que a corrente de curto-circuito foi reduzida, em relação ao módulo de referência, em aproximadamente 4,44% para o gesso, 9,41% para o cimento, e apenas 0,89% para a areia. Ao final do experimento, observou-se uma tendência de redução da corrente de curto-circuito proporcionalmente linear à densidade de deposição de sujidade.

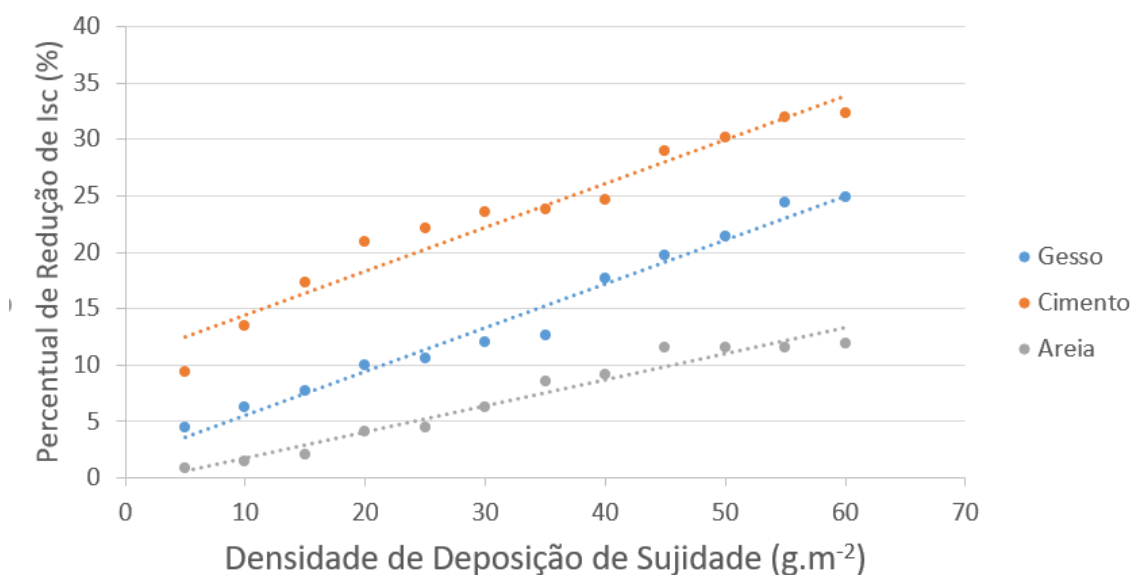


Figura 3: Percentual de redução da corrente de curto-circuito com os módulos inclinados a 25°.

Fonte: Autoria própria

O gráfico da Figura 3 mostra que quanto maior a densidade de deposição de sujidade, maior a redução da corrente de curto-circuito e apesar da corrente de curto-circuito reduzir linearmente em função da densidade de deposição as substâncias depositadas, elas afetam a redução da corrente de forma diferente. A deposição de cimento foi a substância que apresentou maior redução na corrente de curto-circuito, seguido pelo gesso e pela areia. De acordo com Radonjic et al. (2017), isso pode ser explicado devido a transmitância do vidro ser mais afetada por partículas de menor dimensão e menor distância entre elas, diminuindo a passagem da irradiação solar incidente na superfície do módulo com mais facilidade, afetando a transmitância do vidro.

A Figura 4 apresenta o gráfico do percentual de redução da corrente de curto-circuito em função da densidade de deposição de sujidade com os painéis na horizontal, a 0°. Na primeira deposição de sujidade artificial, verificou-se que a corrente de curto-circuito foi reduzida em aproximadamente 6,59% para o gesso, 14,37% para o cimento e 1,47% para a areia. Portanto, a influência da sujidade para o módulo instalado na horizontal foi maior que o módulo instalado a 25°. Isso mostra que o ângulo de instalação dos módulos afeta a sujidade sobre a superfície do vidro e consequentemente sua transmitância.

Revbea, São Paulo, São Paulo, V. 20, Nº 3: 69-68, 2025.

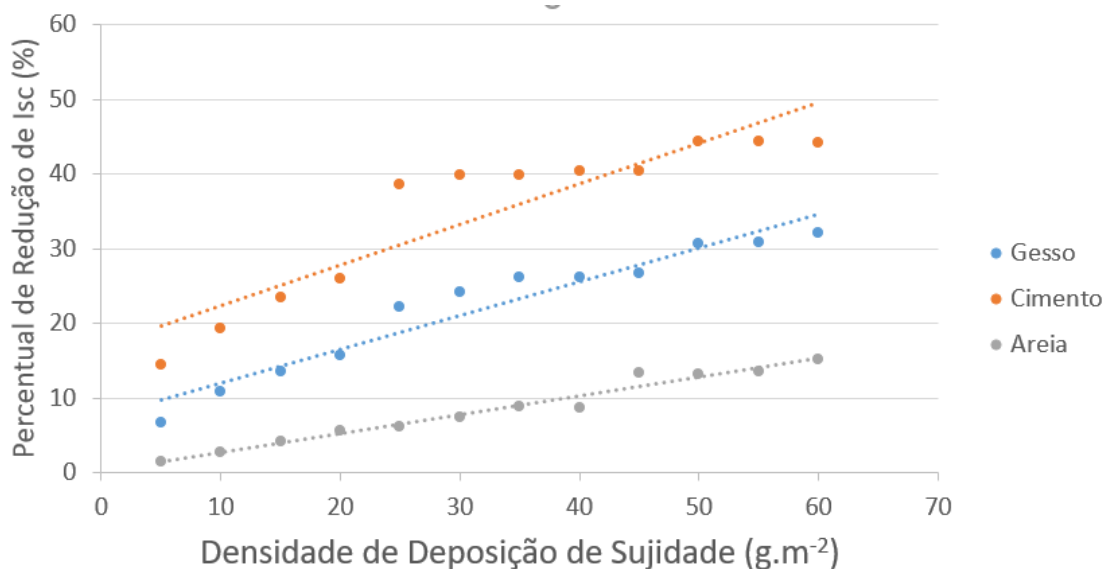


Figura 4: Percentual de redução da corrente de curto-circuito com os módulos no plano horizontal.

Fonte: Autoria própria

A partir do gráfico apresentado na Figura 4, percebeu-se que o comportamento da corrente de curto-circuito é similar ao arranjo experimental com inclinação de 25°. Entretanto, ao comparar os experimentos no plano horizontal e no inclinado, percebe-se que a redução da corrente de curto-circuito foi mais afetada no arranjo horizontal, sugerindo que a força gravitacional resultante da inclinação contribui para o escoamento do material depositado e, consequentemente, para a redução da sujidade na superfície das painéis fotovoltaicos. O cimento permaneceu sendo a substância que apresentou maior redução na corrente de curto-circuito, seguido pelo gesso e pela areia respectivamente, como apresentado com os painéis inclinados.

Conclusões

O experimento realizado neste trabalho não utiliza equipamentos sofisticados, que muitas vezes são dispendiosos, porém o procedimento é de muita relevância para entendimento mais abrangente do comportamento dos módulos fotovoltaicos submetidos à poluição. A crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental tem impulsionado a busca por fontes de energia renováveis, com a energia solar se destacando como uma alternativa promissora e ecologicamente sustentável. Este estudo investiga a influência da poluição atmosférica, especificamente a deposição de sujidade, na eficiência da geração de energia por módulos fotovoltaicos.

A pesquisa se concentra na análise do impacto de diferentes substâncias — gesso, cimento e areia — na corrente de curto-circuito de um módulo fotovoltaico de silício policristalino, instalado em duas inclinações distintas. Os resultados demonstram que a presença de sujeira na superfície do módulo reduz significativamente a eficiência da geração de energia, evidenciando a necessidade de considerar fatores ambientais na implementação de sistemas fotovoltaicos. Além disso, a Educação Ambiental é ressaltada como um componente essencial para promover a conscientização sobre os desafios e as oportunidades associados à energia solar, contribuindo para práticas sustentáveis em diversos contextos sociais.

Este trabalho não apenas fornece insights sobre a relação entre poluição e eficiência energética, mas também propõe uma abordagem prática para integrar conceitos de energia solar em ambientes educacionais, promovendo uma compreensão mais profunda das interações entre tecnologia, meio ambiente e sociedade.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade de Pernambuco.

Referências

ANEEL. Geração Distribuída: Unidades consumidoras com geração distribuída na unidade da Federação – PE. **ANEEL**, 2019. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_estadual_detalhe.asp?uf=PE >. Acesso em: 21 Set 2019.

COLATUSSO, Ricardo; ARAÚJO, Carlos; GOBBI, Eduardo Felga; ANDREOLI, Fabiana. O aproveitamento da energia solar e as relações com a Educação Ambiental em dois estudos de caso no Paraná. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, 16(2), 293–315, 2021. <https://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.10519> .

CRESESB – CEPEL. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**; Rio de Janeiro-RJ, 2014.

FRANÇA, Manoel Vieira; MEDEIROS, Raimundo Mainar; HOLANDA, Romildo Morant; NETO, Fernando Cartaxo Rolim; CORREA, Marcus Metri; SILVA, Vicente de Paula. Climatologia da precipitação em Petrolina - PE, Brasil. **Revista Workshop Internacional sobre Água no semiárido Brasileiro**. v. 1. 2017.

Revbea, São Paulo, São Paulo, V. 20, Nº 3: 69-68, 2025.

Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/38997>>. Acesso em: 20/10/2024.

GUAN, Yanling; ZHANG, Hao; XIAO, Bin; ZHOU, Zhi; YAN, Xuzhou. 2017. In-situ investigation of the effect of dust deposition on the performance of polycrystalline silicon photovoltaic modules. **Renewable Energy**. v. 101, p. 1273-1284. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.009>

IEC, **International Electrotechnical Commission**. “IEC-60891 – Procedures for temperature and irradiance correction to measured I-V characteristics”. 2009.

LIMA JÚNIOR, Claudemiro, SILVA, Fabricyo Villa Verde, LOUREIRO, Eduardo César de Miranda. Prática Experimental: Educação Ambiental, Energia Eólica e o Ensino de Física. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, 14(3), 31–40, 2019. <https://doi.org/10.34024/revbea.2019.v14.2680>

LIMA JÚNIOR, Claudemiro, RODRIGUES, Bruno Basílio, SILVA, Fabricyo Villa Verde, LUZ, Leudiane Rodrigues; LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar. Energia solar: metodologia para avaliação do local de instalação de sistema fotovoltaico fomentando a Educação Ambiental. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, 13(3), 233–244, 2018. <https://doi.org/10.34024/revbea.2018.v13.2501>

MELO, Ewerton Cleudson de Sousa; ARAGÃO, Maria Regina da Silva; CORREIA, Magaly de Fatima. Regimes Do Vento à Superfície na Área de Petrolina, Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 28, n. 03, p. 229-241, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200007>

ONU. Organização das Nações Unidas – ONU. A/RES/70/1. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**, 2015.

PAUDYAL, Basant Raj; SHAKYA, Shree Raj.. Dust accumulation effects on efficiency of solar PV modules for off grid purpose: A case study of Kathmandu. **Solar Energy**. v. 135, p. 103-110, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.05.046>

RANDONJIC, Ivana; PAVLOVIC, Tomislav; MIRJANIC, Dragoljub.; RADOVIC, Miodrag; MILOSAVLJEVIC, Dragana; PANTIC, Lana. Investigation of the impact of atmospheric pollutants on solar module energy efficiency. **Thermal Science**. v. 21, n. 5, p. 2021-2030, 2017. <https://doi.org/10.2298/TSCI160408176R>

SANTOS, Fabio Sandro dos; NASCIMENTO, Kerolly Kedma Felix do; JESUS, Elielma Santana de; JALE, Jader da Silva; STOSIC, Tatijana; FERREIRA, Tiago Alessandro Espínola. Análise estatística da velocidade do vento em Petrolina-PE utilizando as distribuições Weibull e a Burr. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 057–064, 2019. DOI:

10.24221/jeap.4.1.2019.2057.057-064. Disponível em:
<https://www.ead.codai.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/2057>. Acesso em: 18 out. 2024.

SANTOS, Vanessa Danielle Ferreira Lima dos; ALMEIDA, Hevelyn Kelly Samara Leite de; CARVALHO, Erick Macêdo; SOUZA, Tiago Luiz Santana de; LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar; LIMA JÚNIOR, Claudemiro. Ensino de matemática e Educação Ambiental: modelagem com energias renováveis no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 148–162, 2021. DOI: 10.34024/revbea.2021.v16.10460. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/10460>. Acesso em: 18 out. 2024.

SOUZA, Tiago Luiz; LIMA, Regina Lúcia; LIMA JÚNIOR, Claudemiro De. Sujidade em módulos fotovoltaicos e eficiência na geração de energia no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 26, 321-326, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n5p321-326>