



# 10º Encontro de Ensino Pesquisa e Extensão

*Patrocínio, MG, outubro de 2023*

## **EFEITOS DA LIMPEZA NA PRODUTIVIDADE DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO NA CIDADE DE GUAXUPÉ-MG**

Matheus Pedro da Costa Silva; Osmando Pereira Junior  
matheuspedro71@gmail.com; osmando@iftm.edu.br  
Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Patrocínio  
Formato: Artigo Completo  
Modalidade: Pesquisa

### **Resumo:**

O efeito da sujeira na geração de uma unidade de micro geração distribuída é um tema crucial no campo da energia renovável. Este estudo investiga como a acumulação de sujeira, como poeira e detritos, afeta a eficiência e a produção de energia de sistemas de micro geração distribuída com fonte solar fotovoltaica. A pesquisa examina os impactos da sujeira na produtividade de um sistema solar fotovoltaico na região do sul de Minas Gerais. Além disso, o trabalho explora estratégias de manutenção e limpeza que podem ser implementadas para minimizar os efeitos negativos da sujeira, incluindo a utilização de materiais repelentes de sujeira e sistemas de monitoramento remoto. Ao compreender os efeitos da sujeira na produção de energia, o trabalho contribui para a eficiência e sustentabilidade dos sistemas de geração distribuída.

**Palavras-chave:** sujeira, micro geração distribuída, eficiência.

### **1. Introdução**

A geração de energia distribuída tem se mostrado uma alternativa viável para suprir a demanda energética em diferentes regiões. Essa forma de geração de energia é caracterizada pela produção descentralizada, onde pequenas unidades geradoras são instaladas próximas aos pontos de consumo. A importância desse tipo de geração reside na redução das perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como na diversificação da matriz energética, contribuindo para a sustentabilidade e segurança do sistema elétrico. Além disso, a geração distribuída permite maior autonomia aos consumidores, que podem produzir sua própria energia e até mesmo vender o excedente para a rede elétrica (MORAES, MAGALHÃES, 2022).

No entanto, é necessário estudar o efeito da sujeira na geração de energia em sistemas de micro geração distribuída. A presença de sujeira nos painéis solares

pode afetar negativamente seu desempenho, comprometendo a eficiência da geração de energia. A sujidade pode causar obstrução dos painéis solares, reduzindo a quantidade de luz solar captada e convertida em eletricidade (CHAGAS, BOAVENTURA, 2021).

Diversos fatores contribuem para a sujidade nos sistemas de micro geração distribuída. A poluição atmosférica é um dos principais fatores, pois partículas presentes no ar podem se depositar nos equipamentos ao longo do tempo. Além disso, poeira, folhas e outros detritos também podem se acumular nos painéis solares, especialmente em regiões com maior incidência desses elementos. É importante ressaltar que a sujidade pode variar de acordo com a localização geográfica e as condições ambientais de cada região (CAMPOS, 2020).

A sujidade nos sistemas de micro geração distribuída pode ter diversas consequências na eficiência da geração de energia. A redução da capacidade de geração é uma das principais consequências, uma vez que a presença de sujeira nos equipamentos diminui a quantidade de energia produzida. Além disso, a sujidade também diminui o tempo necessário para limpeza e manutenção dos equipamentos, o que pode gerar custos adicionais para os proprietários dos sistemas (OLIVEIRA, 2018).

Para avaliar o impacto da sujidade na geração de energia em sistemas de micro geração distribuída, são utilizados diferentes métodos. Um dos métodos mais comuns é a medição direta do desempenho dos equipamentos em condições limpas e sujas. Essas medições permitem quantificar a perda de eficiência causada pela sujidade. Além disso, análises do acúmulo de sujeira ao longo do tempo também são realizadas para entender como os equipamentos são afetados pela sujidade ao longo do tempo. Simulações computacionais também são utilizadas para prever o impacto da sujidade na geração de energia (ROMANHOLO, 2019).

Estudos anteriores têm abordado o tema do efeito da sujidade na geração de energia em sistemas de micro geração distribuída. Esses estudos têm contribuído para o avanço do conhecimento nessa área, identificando os principais fatores que contribuem para a sujidade e suas consequências na eficiência dos sistemas. No entanto, ainda existem lacunas na literatura científica, especialmente no que diz respeito às medidas de mitigação para minimizar os efeitos negativos da sujidade. Portanto, é necessário realizar pesquisas adicionais para preencher essas lacunas e fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias eficazes de limpeza e manutenção dos equipamentos (LOPES, 2023).

Os objetivos específicos deste estudo são investigar o impacto da sujidade na eficiência dos sistemas de micro geração distribuída, identificar os principais fatores que contribuem para a sujidade nos equipamentos e propor medidas de mitigação para minimizar seus efeitos negativos. Para alcançar esses objetivos, serão realizados experimentos em uma UFV já instalada localizada em um centro urbano, realizando medições diretas do desempenho dos sistemas em condições limpas e sujas dos módulos, análise do acúmulo de sujeira ao longo do tempo e simulações computacionais. Os resultados obtidos permitirão uma melhor compreensão dos impactos da sujidade na geração de energia em sistemas de micro geração distribuída e contribuirão para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes de limpeza e manutenção desses equipamentos (WATANABE, JCS; JÚNIOR, VFE; FAESARELLA, A., 2021).

## **2. Metodologia**

A metodologia desta pesquisa começa com uma extensa revisão bibliográfica sobre os impactos da sujidade na eficiência e desempenho de sistemas de Micro Geração Distribuída (MGD). Nesse contexto, será realizada uma busca sistemática em bases de dados acadêmicas, periódicos científicos e literatura técnica para coletar estudos relevantes que abordem o efeito da sujidade nos sistemas de geração fotovoltaica.

Na sequência, a revisão bibliográfica será analisada, as principais formas de sujidade envolvidas (por exemplo, poeira, poluição, detritos) e os métodos de avaliação de desempenho. Serão identificados os diferentes parâmetros de desempenho afetados, como eficiência e a produtividade do sistema.

A análise da revisão bibliográfica também se concentrará na identificação de estratégias e tecnologias propostas na literatura para mitigar os efeitos negativos da sujidade na geração distribuída. Serão considerados métodos de limpeza manuais previamente definidos, sistemas de monitoramento remoto e análise dos dados coletados.

Finalmente, a metodologia contempla uma revisão na literatura e a proposição de direções para pesquisas futuras. Isso envolve o estudo experimentais para quantificar os efeitos da sujidade em condições ambientes, a investigação do impacto econômico da degradação do desempenho devido à sujidade e o desenvolvimento de estratégias de manutenção preditivas.

### **3. Fundamentação Teórica**

#### **A. Sistemas On-Grid**

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, são sistemas amplamente utilizados por proprietários residenciais. Esses sistemas não precisam de baterias e estão conectados à rede elétrica pública. Ao contrário de um sistema fotovoltaico isolado não conectado à rede, por motivos de segurança, não podem funcionar ou gerar eletricidade durante uma interrupção de energia. Como geralmente ocorrem quando a rede elétrica é desativada, se o inversor solar tivesse alimentado uma rede com algum sinistro, colocaria em risco a segurança das pessoas que consertam as falhas da rede (BRAGA et al., 2018).

A maioria dos sistemas fotovoltaicos isolados pode se separar da rede (conhecido como ilhamentos) e continuar a fornecer energia durante um Interrupção do fornecimento de energia elétrica. As vantagens são: os sistemas solares na rede são econômicos e fáceis de instalar; ao equilibrar contas de energia elétrica em apenas 3-8 anos, pode recuperar o custo de suas despesas e os usuários residenciais podem ganhar uma renda passiva pela energia excedente gerada pelo sistema. Os sistemas de energia solar são uma forma de energia limpa e renovável e apresentam muitos benefícios, dependendo do tipo de sistema escolhido (HICKEL et al, 2016).

#### **B. Geração Distribuída**

A geração distribuída (GD) se caracteriza por ser aquela que utiliza e gera energia no próprio local, o que faz dela um modelo alternativo ao modelo de geração centralizado. Esse tipo de geração se torna acessível para garantir a demanda de energia que com o desenvolvimento tecnológico vem aumentando (DIAS ,2005). Em 17 de abril de 2012 entrou em vigor a resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 que passava a permitir que o consumidor poderia gerar sua própria energia elétrica e fornecer o excedente a rede da distribuidora de sua localidade para que depois essa vire créditos. Em 7 de fevereiro de 2023 a resolução Normativa nº 1.059, promoveu a lei 14.300 que consolidou as disposições referentes à MMGD e as atualizações no fornecimento de energia.

Denomina-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW). Já minigeração distribuída é aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 3 MW. Ambas são conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL,2023).

### **C. Sujidade nos Módulos Fotovoltaicos**

A pesquisa de Braga e et al., (2018), ressalta que para aproveitar ao máximo a intensidade luminosa, é necessário acompanhar ou posicionar adequadamente os painéis fotovoltaicos. No entanto, devido ao alto custo dos equipamentos de rastreamento solar, os painéis são geralmente instalados em uma posição fixa. Portanto, é crucial determinar a melhor inclinação para cada região, levando em consideração a latitude local e as características climáticas, a fim de obter uma maior eficiência e evitar o acúmulo excessivo de sujeira, que resultaria em menor produção de energia (HICKEL et al, 2016).

O acúmulo de sujidade nos painéis pode levar à formação de sombras sobre as células fotovoltaicas, reduzindo o rendimento do sistema como um todo. Isso ocorre porque a célula com menor incidência de radiação determinará a corrente de geração do módulo e, conseqüentemente, a potência gerada pelo sistema. Quando uma célula é sombreada, ela pode agir como uma carga, resultando no aquecimento do módulo. É possível mitigar as perdas causadas pela sujidade por meio da limpeza regular dos painéis, evitando assim sombreamento indesejado das células fotovoltaicas. A manutenção adequada dos módulos solares ajuda a preservar a eficiência do sistema e garantir uma produção ótima de energia (HICKEL et al, 2016).

Barbosa, Faria e Gontijo (2018) realizaram um estudo sobre as diferenças de produção de eletricidade entre módulos fotovoltaicos limpos e sujos conectados à rede no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) em Patos de Minas, Minas Gerais. A usina fotovoltaica era composta por 240 módulos p-Si, divididos em três fileiras de 80 módulos, com capacidade total instalada de 12 kWp. No experimento, a fileira 3 foi limpa regularmente a cada 7 dias, enquanto as fileiras 1 e 2 foram mantidas sujas. O estudo mostrou que a Linha 3 limpa teve um aumento de 10,26% na produção de eletricidade em comparação com as linhas sujas. A pesquisa destacou a importância da limpeza do módulo na otimização da produção de energia.

Soares Júnior, Cruz e Amaral (2018) realizaram um estudo sobre o impacto da sujeira em uma usina fotovoltaica na Universidade Federal de Montes Claros, Montes Claros, Minas Gerais. A planta era composta por três arrays com 84 módulos p-Si, totalizando uma capacidade instalada de 12,6 kWp. A avaliação do impacto da sujeira foi baseada na comparação entre duas matrizes: uma servindo de referência, permanecendo suja durante todo o experimento, e outra com módulos limpos em intervalos de tempo diferentes. Os autores concluíram que não houve necessidade de

limpeza com frequência superior a 15 dias, e o acúmulo de sujeira no período de 18 de setembro de 2017 a 30 de setembro de 2017 resultou em uma perda média de 20% na geração de energia elétrica.

Fraga et al. (2018) avaliaram o impacto da sujeira em uma usina fotovoltaica instalada no estádio Governador Magalhães Pinto em Belo Horizonte, Minas Gerais. A usina compreendeu 5.910 módulos m-Si com capacidade total instalada de 1,42 MWp. Dois conjuntos, rotulados como A e B, foram selecionados para o estudo, com limpeza manual regular realizada a cada cinco dias em dois setores de cada conjunto, servindo como módulos de referência.

O estudo mostrou que a sujeira reduziu a potência de pico em aproximadamente 13,7% durante o período seco e 6,5% após a chuva. A produção diária de eletricidade foi reduzida em aproximadamente 16,5% durante o período seco e 8% após a chuva. A distribuição de tamanho de partícula nos conjuntos A e B foi de 35,3  $\mu\text{m}$  e 28,7  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Romanolo et al., (2018) analisaram as características físicas e químicas da sujeira depositada em módulos p-Si em uma usina fotovoltaica da Universidade Federal de Goiás, Goiânia. A planta consistia em 145 módulos p-Si com uma capacidade total instalada de 34 kWp. Amostras de sujeira foram coletadas de cinco módulos diferentes, e cada amostra exibiu diferentes componentes e tamanhos de partícula. O estudo encontrou variações na concentração de diferentes elementos, como silício, alumínio, magnésio, carbono, cálcio, enxofre, nitrogênio, entre outros. Os tamanhos das partículas variaram entre as amostras, algumas apresentando sujeira aglomerada e outras contendo partículas menores.

#### **4. Materiais e Métodos**

##### **A. Local do estudo**

Nesse artigo foi utilizado um sistema instalado no solo, localizado no Sul de Minas Gerais, a instalação está localizada na região central da cidade que tem um grande tráfego de veículos que causa a poluição do ar, essa contribui significativamente na perda de geração. Foi encontrada também excrementos de pássaros na superfície dos módulos que influencia na quantidade de irradiação que o módulo absorve.

A UFV conta com 2 inversores String da Fronius modelo ECO 25.0-3-S com potência ativa instalada total de 25 KW cada. Nesses inversores estão conectados 76 módulos de 335 Wp cada, totalizando 25,46 kWp de potência nominal. A figura 1 mostra os sistemas 1 e 2.



Figura 1 UFV

## **B. Limpeza**

Nas quatro primeiras limpezas foi utilizado o método de limpeza 1 que consiste no processo de limpeza dos módulos utilizando método de limpeza simples, na execução da tarefa é aplicada água e detergente neutro em pequenas quantidades sobre a superfície dos módulos e esfregando com uma vassoura de cerdas macia para retirar a sujeira acumulada, por fim enxaguou-se a placa para tirar a espuma com a sujeira. Esse processo foi repetido em todos os módulos nessa ordem visto que o enxague deve ser realizado depois de se esfregar pois o sabão neutro seca relativamente rápido e caso não retirado pode ocorrer que o mesmo fique empreguinado na superfície dos módulos podendo assim interferir no estudo. Na quinta limpeza utilizado o método de limpeza 2, nessa foi realizada a substituição do detergente neutro pelo limpador multitensoativo biodegradável, esse foi pulverizado de maneira uniforme, espalhado com fibra branca, com auxílio de um suporte articulado e cabo extensor, para limpeza da superfície dos módulos, após esse processo com um pano de microfibra limpo foram secos os módulos.

Na montagem do cronograma as datas programadas para limpeza visam deixar sempre um sistema sem limpeza com o intuito de identificar o impacto dessas visando que os sistemas tem as mesmas características construtivas e de equipamentos, com isso fica implícito as perdas por sujeira na produção de energia e na performance. Foi definido que o sistema 2 teria sua limpeza realizada a cada 4 semanas e o sistema 1 com a penas uma limpeza no período de estudo. Já na quinta limpeza foi utilizado o método de limpeza 2, sendo limpo apenas o sistema 2 para identificar o ganho e o comparar com o método de limpeza 1.

	SISTEMA 1	SISTEMA 2
QUANTIDADE DE MÓDULOS	76	76
LIMPEZA ABRIL 01/04	OK	OK
LIMPEZA MAIO 29/04		OK
LIMPEZA JUNHO 27/05		OK
LIMPEZA JULHO 24/06		OK
LIMPEZA AGOSTO 01/07		OK

Tabela 1: cronograma

### C. Índice de comparação

Para realização das comparações dos dados da usina foram usados alguns índices de performance para sistemas fotovoltaicos. Esses são os mais utilizados para aferição de desempenho em sistemas fotovoltaicos (Tonolo et al., 2018). As equações que para o cálculo desses são as seguintes:

$$Yf = \frac{\text{ENERGIA PRODUZIDA}}{\text{POTÊNCIA TOTAL DO SISTEMA}} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{kwp}} \right) \quad (1)$$

$$PR = \frac{Yf_{med.}}{\frac{Hf}{G_{ref}}} (\%) \quad (2)$$

- Yfmed. - Produtividade média.
- Yf - Produtividade.
- PR - Performance Ratio em %.
- Hf - Irradiação Plano inclinado módulos FVs kWh/m<sup>2</sup>.
- PR - Performance Ratio.
- Gref - Irradiação nas condições padrão 1 kWh/m<sup>2</sup>.
- Yfmed - Produtividade média.

### D. Clima

Na cidade de Guaxupé os períodos de precipitação são divididos em 2, o período seco que dura 6,4 meses e vai de 03/04 até 16/10 sendo que a média de precipitação chega a 2,4 dias com pelo menos 1 mm de chuva, já o período de chuva que dura 5,6 meses de 16/10 até 03/04, com uma média de 21,9 dias com pelo menos 1 mm de precipitação (SPARK, 2023).

### E. Coleta de dados

A coleta de geração de energia ao longo do tempo, foram extraídas do programa de monitoramento da Fronius (fronius.web). Os dados de radiação e precipitação foram retirados no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde os dados são coletados através de estações meteorológicas, que os armazena em



$\text{kJ/m}^2$  e milímetros (mm). Para aplicação dos dados de irradiação foi necessário a utilização de uma conversão simples a mudança de  $\text{kJ/m}^2$  para  $\text{Wh/m}^2$ .

Os dados fornecidos pelo INMET são apresentados com a Irradiação Global dado no plano horizontal, no entanto as placas da UFV estão instaladas a  $20^\circ$  de inclinação com azimute  $0^\circ$ . Faz então necessário a realização da correção desses dados, passando para o ângulo e azimute da instalação, pois em épocas do ano diferentes são coletados diferentes valores de irradiação dependendo diretamente da sua orientação e inclinação. Para o cálculo da intensidade de radiação solar em superfícies inclinadas foi utilizado o software RADIASOL2®, que foi desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar (LABSOL) da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Apenas inserindo os dados de entrada, coordenadas geográficas, inclinação, azimute e irradiação podemos obter como a saída a irradiação no plano inclinado.

## 5. Resultados

A análise do artigo compõe um período de 12 meses de coleta de dados do mês de setembro de 2022 a agosto de 2023, no 4 ano de operação da UFV. Esses dados tiveram sua compilação e plotagem em planilhas e gráficos através do programa Microsoft Excel®.

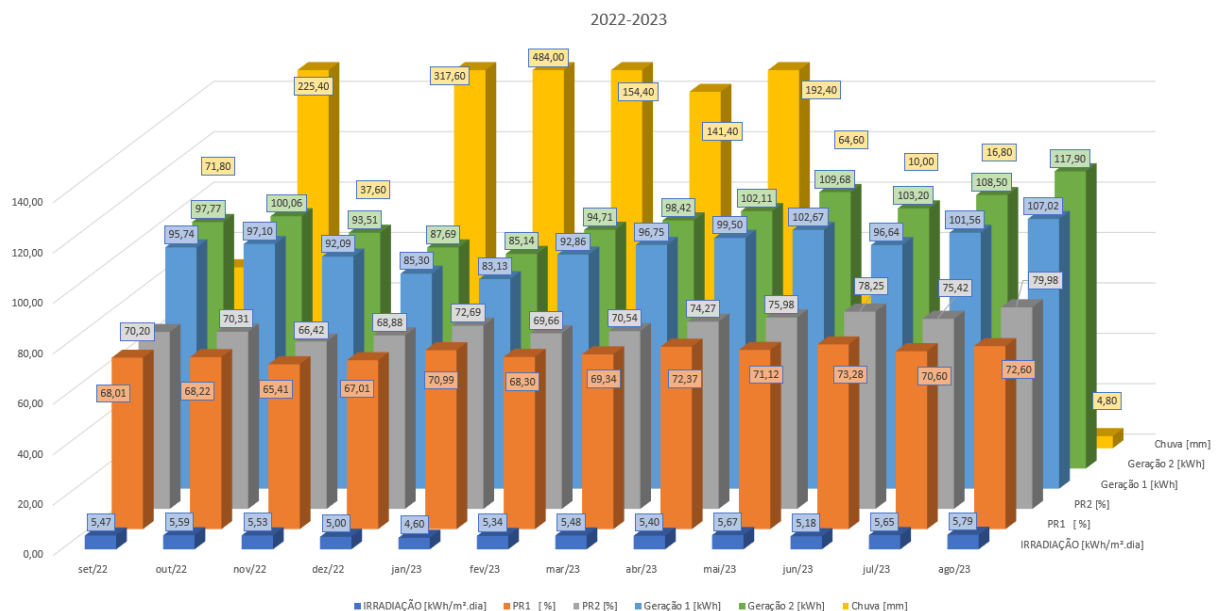


Figura 2 Dados dos 12 meses

Antes da realização da primeira limpeza no sistema não houve mudanças significativas em relação a performance do sistema ou geração elétrica. A primeira limpeza ocorreu no dia 01/04/2023 e nessa foram limpos todos os módulos dos sistemas

1 e 2 utilizando o método de limpeza 1, mesmo essa sendo realizada em um período chuvoso foram encontrados nas superfícies dos módulos muita poeira, excrementos de pássaros. A segunda limpeza foi realizada depois de quatro semanas da primeira no dia 29/04/2023, so que dessa vez apenas o sistema 2 foi limpo com o método de limpeza 1, esse método foi aplicado também para as limpezas do dia 27/05/2023 e 24/06/2023 que foram realizadas apenas no sistema 2 e o intervalo entre elas foi de quatro semanas. A quinta e última limpeza realizada no dia 01/08/23 ocorreu 6 semanas após a 4 limpeza e foi realizada apenas no sistema 2, nessa foi utilizado o método de limpeza 2.

A performance dos sistemas no mês de abril, no período chuvoso, quando comparado com o mês de março anterior a limpeza 1 teve um aumento de 3,03% no sistema 1 e 3,72% no sistema 2. A média de precipitação durante o mês de março e abril foram de 141,40 mm e 192,40 mm respectivamente, marcando o fim do período chuvoso. A irradiação no mesmo período se manteve sem grandes mudanças, sofrendo uma leve queda de 5,48 kWh/m<sup>2</sup> para 5,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Comparando o período seco nos meses de maio, junho e julho, onde apenas o sistema 2 foi limpo a diferença entre os sistemas 1 e 2 varia de 4,82% a 4,97%. Nesses meses as precipitações foram de 64,6 mm, 10 mm e 16,8 mm respectivamente, junto com o mês de agosto que choveu apenas 4,8 mm, são os meses com menores índice pluviométrico no período da pesquisa. A irradiação neste período se manteve estável variando de 5,18 kWh/m<sup>2</sup> a 5,67 kWh/m<sup>2</sup>.

Na quinta limpeza que aconteceu no dia 01/08/2023, onde foi realizada a substituição do detergente neutro pelo limpador multitensoativo biodegradável, esse foi pulverizado de maneira uniforme, espalhado com fibra branca, com auxílio de um suporte articulado e cabo extensor, para limpeza da superfície dos módulos, após esse processo com um pano de microfibra limpo foram secos os módulos. Esse método apresentou uma melhora de 7,38 % na geração comparando o sistema 2 onde foi realizada a limpeza, com o sistema 1 que se manteve sem alteração. O sistema 2 demonstrou nesse mês sua melhor performance no período dos 12 meses, chegando a 79,98 %. A irradiação nesse mês também chegou ao seu maior índice registrado até ali, alcançando 5,79 kWh/m<sup>2</sup>, estando próxima da média de irradiação meses anteriores do período seco que é 5,54 kWh/m<sup>2</sup>.

## 6. Conclusão

Os efeitos causados pela sujidade em uma unidade de micro geração distribuída tem grande importância no meio profissional e acadêmico que estão ligados à área. Além de causar significativa perda de performance do sistema, consequentemente por esse motivo essa diminui o potencial de produção de energia. Neste artigo foi demonstrado que com o método de limpeza 1, no período sem chuvas a performance pode chegar a um aumento de 4,97% em relação a um sistema que não recebeu limpeza, no período chuvoso a melhoria na PR chegou foi de 3,03% no sistema 1 e 3,72% no sistema 2. Com o método de limpeza 2 é possível obter uma melhora de 7,38 % no período seco. Se fez necessário assim um estudo voltado a uma visão mais econômica de forma a identificar se de cada método utilizado vale mais apenas de ser empregado em comparação com o ganho de produção de energia que esse vai adquirir.

## Referências

MORAES, JCS; MAGALHÃES, IL. **Análise comparativa dos efeitos da sujidade e do sombreamento em sistemas fotovoltaicos instalados em telhado**. In: IX Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2022. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1110>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

CHAGAS, JMN; BOAVENTURA, MA. **Desenvolvimento de um sistema de microgeração distribuída fotovoltaica para complemento de demanda energética de um condomínio em Foz do Iguaçu/PR**. 2021. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26191>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

CAMPOS, M. A. N. **Estudo técnico e econômico sobre a influência de transformador acoplado a micro geração distribuída fotovoltaica**. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/34905>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

OLIVEIRA, LFM. **Ampliação da unidade fotovoltaica do parque ambiental Encantos do Sul. Engenharia Elétrica-Tubarão**, 2018. Disponível em: <[https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4192/1/TCC%20-%20Amplia%C3%A7%C3%A3o%20da%20Unidade%20Fotovoltaica%20do%20PAES%20-%20V2\\_6.pdf](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4192/1/TCC%20-%20Amplia%C3%A7%C3%A3o%20da%20Unidade%20Fotovoltaica%20do%20PAES%20-%20V2_6.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2023.

ROMANHOLO, PVV. **Análise dos Efeitos da Sujidade no Sistema Fotovoltaico de 34 kWp da EMC/UFG**. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9446>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

LOPES, IQO. **Estudo de um sistema de geração distribuída a partir de uma usina fotovoltaica de 2.408 kWp conectado a um sistema elétrico de média tensão**. 2023. Disponível em: <<http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/46084>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

WATANABE, JCS; JÚNIOR, VFE; FAESARELLA, A. **Sistema de geração fotovoltaica, análise e projeto auxiliado pelo software PVSyst**. Disponível em: <<https://www.usf.edu.br/galeria/getImage/768/2585347102584190.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

BRAGA, Marília et al. **Avaliação de desempenho de diferentes tecnologias fotovoltaicas em Irecê, BA**. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR 2018, Gramado. Anais [...].

HICKEL, B. M. et al. **Análise da influência do acúmulo de sujeira sobre diferentes tecnologias de módulos FV: revisão e medições de campo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7. 2016, Belo Horizonte. Anais [...].

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Micro e Minigeração Distribuída. Disponível em: < <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

BARBOSA, E. R.; FARIA, M. dos S. F. de; GONTIJO, F. de B. **Influência da sujeira na geração fotovoltaica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7. 2018, Gramado. Anais [...].

COSTA, S. C. S.; DINIZ, A. S. A. C.; KAZMERSKI, L. L. Solar energy dust and soiling R&D progress: Literature review update for 2016. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 82, n. april, p. 2504–2536, 2018.

SOARES JÚNIOR, J. G.; CRUZ, S. R.; AMARAL, L. S. **Impacto da sujidade sobre o desempenho de sistemas fotovoltaicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7. 2018, Gramado. Anais [...].

FRAGA, M. M. et al. **Analysis of the soiling effect on the performance of photovoltaic modules on a soccer stadium in Minas Gerais, Brazil**. *Solar Energy*, [s. l.], v. 163, n. October 2017, p. 387-397, 2018.

ROMANHOLO, P. V. V. et al. **Sujidade depositada sobre módulos fotovoltaicos instalados em goiânia: morfologia e composição química**. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 7. 2018, Gramado. Anais [...].

SPARK, WEATHER. **Clima e condições meteorológicas médias em Guaxupé no ano todo**. Disponível em:< <https://pt.weatherspark.com/y/30342/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Guaxup%C3%A9-Brasil-durante-o-ano#Sections-Precipitation> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

BUGS, R. C. Radiasol 2 - Software para geração de dados horários de radiação solar .Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/labsol/download/>>. Acesso em: 28 Jun. 2023.

EXCEL, M. S. Microsoft Excel. Denver Co., USA, 2007.