

## MANUTENÇÃO PREDITIVA A PARTIR DE ANÁLISE DA EFICIÊNCIA NA USINA FOTOVOLTAICA DO IFMG CAMPUS CONGONHAS

Darllan Hygor de Paiva Souza, darllanh@hotmail.com<sup>1</sup>  
Victor Abdo Neubern Olivieri Hallack, v.maa@hotmail.com<sup>1</sup>  
Gabriel Ferreira Trindade, gabriel.ferreira@scoupe.com.br<sup>1</sup>  
Fabrício Carvalho Soares, fabricio.soares@ifmg.edu.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas, Av. Michael Pereira de Souza, 3007 - Campinho, Congonhas - MG, 36415-000

**Resumo:** *Esse estudo tem como objetivo apresentar uma análise da eficiência de uma usina fotovoltaica antes e após uma manutenção, conseguindo uma melhoria na produção de energia elétrica. Neste trabalho será efetuado o cálculo da eficiência entre os meses de fevereiro e setembro de 2017, utilizando os valores de geração de eletricidade e a radiação total incidente, observando assim o desempenho antes e depois de uma manutenção. De acordo com esse estudo, percebe-se que a queda da eficiência pode estar ligada ao acúmulo de sujeira nos painéis, podendo assim constatar os períodos de limpeza das placas. Outro ponto de destaque é que esta usina fotovoltaica está localizada no Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas, situado em uma região extrativista de minério de ferro, com grande acúmulo de poeira na zona urbana, contribuindo para uma maior frequência de manutenção.*

**Palavras-chave:** *Eficiência, Manutenção, Usina fotovoltaica, Painéis solares, Radiação.*

### 1. INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão da radiação solar em energia elétrica através de um fenômeno denominado efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico, primeiramente descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz (CRESESB, 2006). Essa energia proveniente do sol, é de grande importância socioambiental, pois caracteriza-se como uma fonte renovável e não poluente de eletricidade.

Este estudo tem como objetivo principal fazer um estudo preliminar para determinar a necessidade de limpeza de um painel fotovoltaico a partir da variação de sua eficiência energética. Tem como objetivo secundário verificar sobre a viabilidade de se utilizar uma estação meteorológica localizada a 17 km da usina fotovoltaica para calcular a eficiência de geração elétrica.

No caso deste estudo, tal produção, foi feita na Usina Fotovoltaica localizada no IFMG Campus Congonhas (UFV-Campus Congonhas), composta por 110 painéis solares do modelo YL260P-29b da fabricante Yingli Green Energy, produzido a partir de células fotovoltaicas de silício policristalino e tendo eficiência de conversão de energia de 15,9%. As células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo (CRESESB, 2006).

Congonhas, cidade na qual a UFMG está instalada, possui como principal base econômica a indústria extrativista, em especial a extração de minério de ferro. Possui diversas empresas, entre elas a CSN, a Ferrous e a Vale, estando ambas próximas ao campus Congonhas, conforme pode ser observado na Figura 1. O campus está localizado ao lado da BR-040, em trecho com alto tráfego de veículos, incluindo caminhões que transportam minério de ferro. Portanto, o campus encontra-se em região com grande incidência de poeira devido a sua localização e este fator contribui de forma significativa com a queda da eficiência da geração de energia em painéis fotovoltaicos, precisando assim de maior frequência de manutenção.

De acordo com HICKEL (2017), a presença de particulados na atmosfera terrestre dá-se nas mais diferentes formas, como por exemplo através de poluição, poeira, grãos de areia suspensos em tempestades e materiais orgânicos. A deposição destes materiais sobre os módulos FV representa um obstáculo para que a irradiação solar realize o efeito fotovoltaico.

Segundo HICKEL (2017) apud Gostein et al., (2014) e Dunn et al., (2013), o acúmulo de sujeira (soiling) é o terceiro principal fator ambiental que tem influência direta sobre os valores de geração do sistema FV (no sentido da atenuação da irradiação incidente sobre o módulo FV), após irradiação (no sentido da atuação direta de geração de

energia elétrica) e temperatura. Se o sistema estiver localizado em áreas com muito acúmulo de poeira, uma limpeza regular vai aumentar significativamente o desempenho do sistema (DGS 2013).



**Figura 1: Localização do IFMG - Campus Congonhas (estrela), estação meteorológica Inmet – Ouro Branco (círculo) barragem de rejeitos (quadrado) e áreas de extração de minério de ferro (setas). Fonte: Google Maps, com marcações do próprio autor.**

Para determinar os parâmetros indicadores da necessidade de manutenção, realizou-se um levantamento dos dados de geração e da incidência solar na região entre os meses de fevereiro e setembro de 2017, de modo a determinar a eficiência de geração da UFV – Campus Congonhas. Durante este período e devido a baixa produção de energia pelo sistema, foi solicitada uma visita técnica à empresa alsol energias renováveis para efetuar a devida manutenção. Esta manutenção foi realizada pela empresa alsol energia renováveis no dia 13/09/2017. Após inspeção visual das placas realizaram uma limpeza das mesmas, conforme pode ser observado nas fotos antes de após a limpeza, Figuras 2 e 3 respectivamente. Após esta limpeza, houve incremento considerável na geração de eletricidade pela UFV-Campus Congonhas.



**Figura 2: Módulos antes da manutenção. Fonte: alsol energias renováveis**



**Figura 3: Módulos após a manutenção. Fonte: alsol energias renováveis**

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para tentar determinar parâmetros que indiquem a necessidade de manutenção na UFV-Campus Congonhas, foram monitorados dois parâmetros: a incidência de radiação solar na região e a geração de eletricidade.

Para a incidência de radiação solar foram utilizados os dados disponíveis no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), em especial os dados da estação automática situada na cidade de Ouro Branco. A definição pelos dados desta estação foi pela inexistência de dados públicos para a cidade de Congonhas e pela proximidade entre estas duas cidades, pois encontram-se a uma distância de 17 KM.

Para a geração de eletricidade pela UFV-Campus Congonhas, utilizou-se os dados armazenados em seu portal de monitoramento ([www.sunnyportal.com](http://www.sunnyportal.com)). Os dados disponíveis neste portal encontram-se na unidade kWh e utiliza a área total da UFV-Campus Congonhas. Para estes dados, foi feita a conversão para KJ e, posteriormente, a divisão pela área de geração da UFV-Campus Congonhas, mantendo a mesma unidade disponível para a incidência de radiação solar disponíveis no site do Inmet, ou seja, foi padronizada a unidade KJ/m<sup>2</sup> para este trabalho.

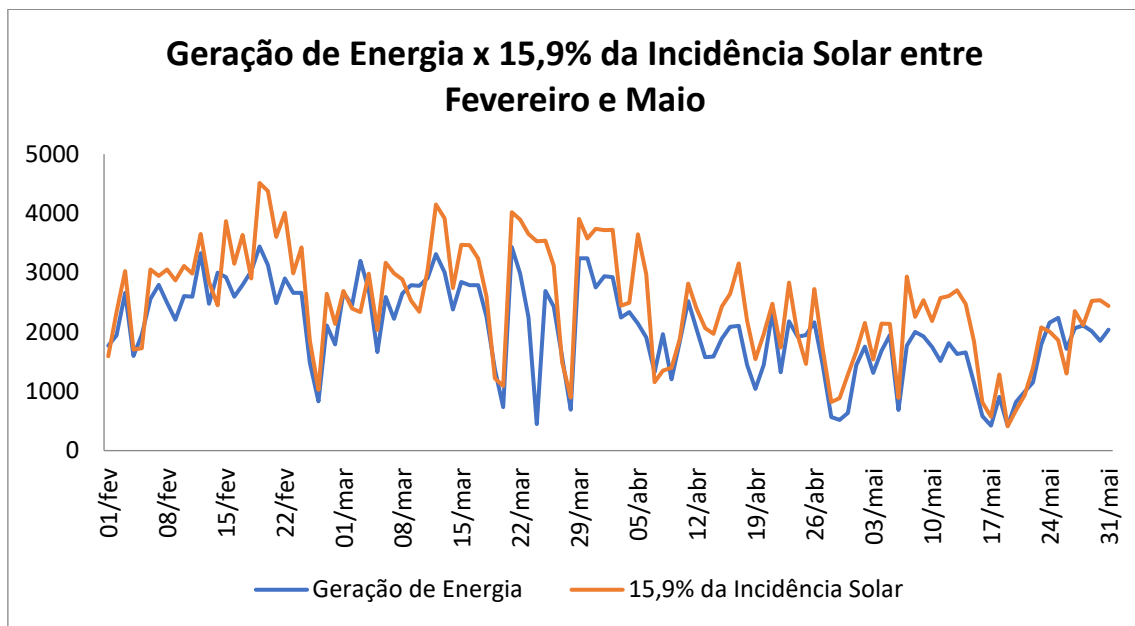
Também foi calculada a eficiência real de geração de eletricidade a partir da equação 1.

$$\eta = \frac{E_{gerada}}{E_{incidente}} \quad (1)$$

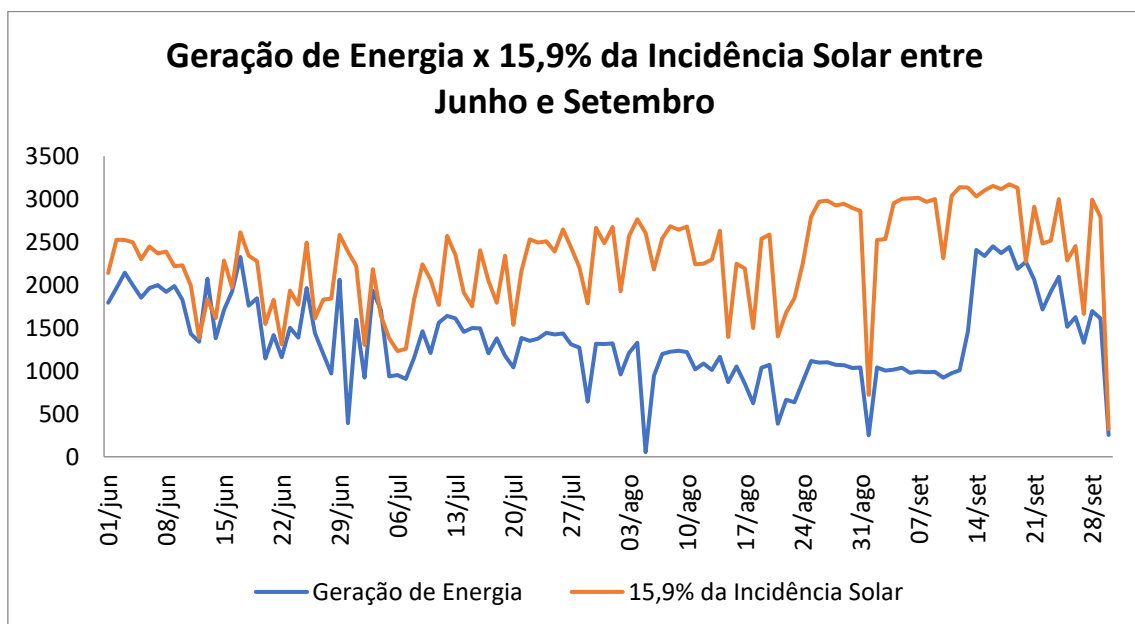
Para os dados de eficiência, foram calculadas a média e o desvio padrão da eficiência de geração para cada mês, entre fevereiro e agosto. Para o mês de setembro, foram calculados os mesmos parâmetros, mas sendo dividido em duas partes: antes (até 12/09) e após (a partir de 14/09) da manutenção / limpeza dos painéis fotovoltaicos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os dados de geração e de 15,9% da radiação solar incidente para os meses de fevereiro até maio. A Figura 5 apresenta os mesmos dados para os meses de junho até setembro. Foi utilizado o fator de 15,9% para manter os valores entre geração de eletricidade e incidência de radiação solar na mesma ordem de grandeza, ressaltando que este valor de 15,9% é a eficiência nominal das placas fotovoltaicas desta usina.



**Figura 4: Dados de geração de energia e de 15,9% da incidência de radiação solar entre os meses de fevereiro e maio de 2017. Fonte: Autor**



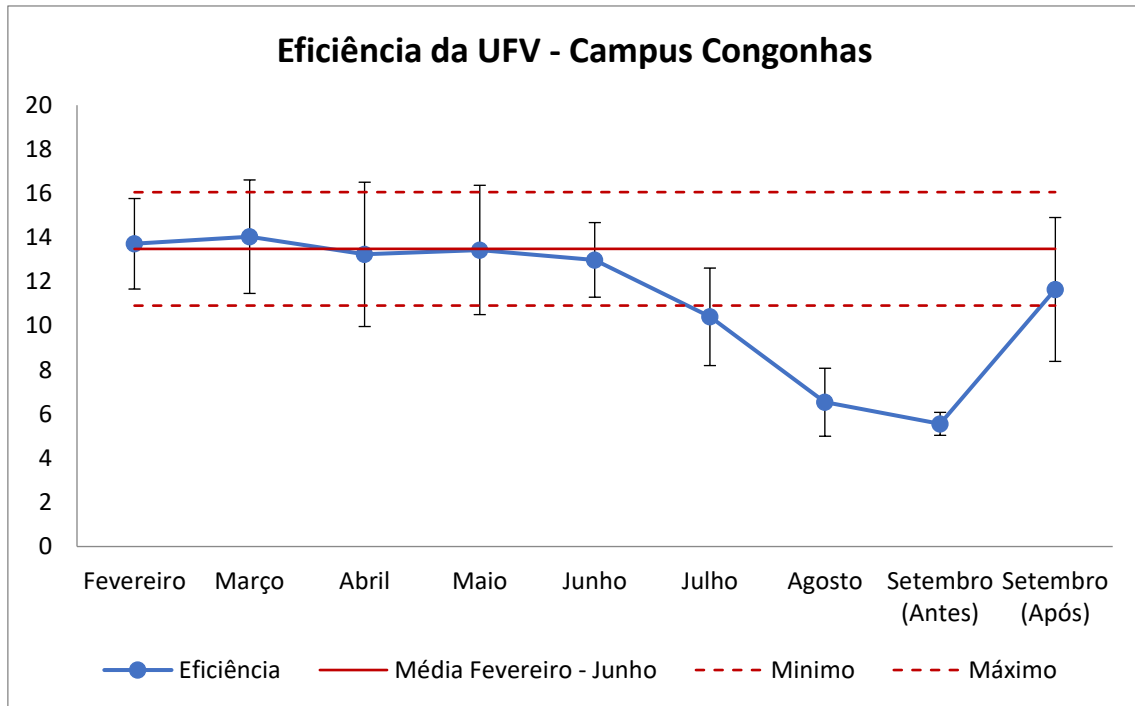
**Figura 5: Dados de geração de energia e de 15,9% da incidência de radiação solar entre os meses de junho e setembro de 2017. Fonte: Autor**

Devido a distância entre o local de instalação da UFV-Campus Congonhas e da estação meteorológica automática localizada na cidade de Ouro Branco-MG, pode haver valores divergentes entre a geração e a incidência solar proveniente de diferença de nebulosidade entre estas duas localidades. Outro fator que pode causar divergência entre a geração de eletricidade e incidência solar são eventuais interrupções no fornecimento de energia elétrica no IFMG-Campus Congonhas, pois o inversor da usina fotovoltaica instalada neste local necessita de alimentação elétrica para sincronizar as fases e, em quedas de energia, o inversor é desligado automaticamente.

Pode-se observar um afastamento entre as linhas de geração e de incidência solar a partir de julho de 2017 (Figura 5), o que indica uma menor eficiência de geração a partir desta data. De forma análoga, houve uma aproximação entre as curvas após 13 de setembro, dia em que foi realizada a limpeza dos painéis fotovoltaicos, indicando um aumento da eficiência de geração a partir desta data.

A Figura 6 apresenta a média mensal e o desvio padrão (linha com marcadores circulares) para os meses de Fevereiro a Agosto e para Setembro dividido em dois períodos: antes e após a manutenção. Nesta figura, também são

apresentadas três linhas horizontais: uma linha cheia ao centro, sendo o valor (constante) desta linha a média de eficiência no período compreendido entre primeiro de fevereiro e 30 de junho de 2017; duas linhas tracejadas que representam o desvio padrão desta média.



**Figura 6: Média e desvio padrão (linha com marcador circular) da eficiência de geração mensal entre Fevereiro e Setembro de 2017. As linhas horizontais indicam a média (linha cheia) e o desvio padrão (linhas tracejadas) para o período de Fevereiro a Junho, adotado neste trabalho como referência para a eficiência da UFV-Campus Congonhas. Fonte: Autor**

A partir da Figura 6, pode-se observar uma queda na eficiência de geração a partir de julho de 2017, ficando com valor inferior a um desvio padrão. Nos meses subsequentes, manteve-se a mesma queda de eficiência, mas com valores ainda inferiores, ressaltando a necessidade de manutenção na usina fotovoltaica. Após a manutenção realizada, o valor da média de eficiência de geração ultrapassa a linha inferior do desvio padrão de referência, indicando a normalidade de geração na UFV-Campus Congonhas.

#### 4. CONCLUSÃO

Conforme demonstrado nas figuras 5 e 6, a relação entre a incidência de radiação solar e a geração de energia elétrica em uma usina fotovoltaica pode ser utilizado como parâmetro preditivo para a manutenção nesta usina.

Apesar da distância de 17 km entre a usina fotovoltaica do IFMG - Campus Congonhas e a estação meteorológica automática do Inmet localizada na cidade de Ouro Branco, este trabalho demonstra a viabilidade, com fins de manutenção, de se utilizar equipamentos instalados a esta distância para monitorar a eficiência de geração de energia elétrica, desde que se utilize uma média entre vários dias, ou seja, que não sejam trabalhados com dados instantâneos, que pode apresentar divergências devido a diferença de nebulosidade em um determinado instante.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o auxílio da Scoupe Consultoria Junior, e também o apoio do Instituto Federal de Minas Gerais Campus Congonhas.

#### 6. REFERÊNCIAS

- CRESESB. Energia Solar: princípios e aplicações. Rio de Janeiro, 2006.  
 BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. Indexação: orientações técnicas. Brasília, DF, 2017.  
 ALSOL ENERGIAS REVOVÁVEIS. Relatório de vistoria técnica. Uberlândia, 2017.  
 GOOGLE MAPS. <https://www.google.com.br/maps>. Consulta realizada em 24/11/2017.

- HICKEL, B. M. O impacto no desempenho de sistemas fotovoltaicos causado pelo acúmulo de sujeira sobre os módulos FV – metodologia e avaliação através de curvas IxV em campo. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Gostein, M.; Caron, J. R.; Littmann, B. Measuring soiling losses at utility-scale PV power plants. In: 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), Denver, CO, 2014.
- Dunn, L., et al. PV module soiling measurement uncertainty analysis. In: Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2013 IEEE 39th , 658663, 16-21 Junho 2013.
- DGS - German Solar Energy Society. Planning and Installing Photovoltaic Systems. 2013.

## 7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

# PREDITIVE MAINTENANCE STARTING OF ANALYSIS OF THE EFFICIENCY IN THE PHOTOVOLTAIC POWER PLANT AT IFMG CAMPUS CONGONHAS

Darllan Hygor de Paiva Souza, darllanh@hotmail.com<sup>1</sup>  
Victor Abdo Neubern Olivieri Hallack, v.maa@hotmail.com<sup>1</sup>  
Gabriel Ferreira Trindade, gabriel.ferreira@scoupe.com.br<sup>1</sup>  
Fabrício Carvalho Soares, fabricio.soares@ifmg.edu.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Institute of Minas Gerais – Congonhas Campus, Av. Michael Pereira de Souza, 3007 - Campinho, Congonhas - MG, 36415-000

**Abstract.** *The objective of this study is analyse the photovoltaic power plant efficiency before and after a maintenance, correlating this with the increased electricity generation. The photovoltaic plant's localization is a important factor that may be considerate, it is located on Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas, in an iron ore extractive region, so, naturally, there is a large accumulation of dust in the city, requiring a higher frequency of maintenance of the photovoltaic plant. The methodology consisted in calculating the energy efficiency of the photovoltaic power plant between February and September 2017, based on the electricity generation data correlated with incident solar radiation. After the analysis, was possible to associate the plant's efficiency reducing with the accumulated dirty on the solar painel.*

**Keywords:** *Efficiency, Maintenance, Photovoltaic power plant, Solar panels, Radiation.*