

Grupo de Estudo de Geração Eólica, Solar e Armazenamento-GES

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE REGRESSÃO LINEAR NA REDUÇÃO DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E DETECTIVA EM PLANTAS FOTOVOLTAICAS

**JOSÉ BIONE DE MELO FILHO(1); ANDREZA DE ALBUQUERQUE GOMES DE SANTANA(2); LUIZA THAYS DA SILVA OLIVEIRA(3);
CHESF(1); UPE - POLI(2); Estácio(3);**

RESUMO

Este trabalho tem como o seu principal objetivo apresentar uma metodologia que possa se integrar na manutenção preventiva e detectiva de uma planta fotovoltaica através de sua análise de desempenho, para tal, se foi aplicado a técnica de regressão linear simples (RLS). Ela se baseia em utilizar a linearidade entre variáveis do sistema como produção final (Y_f) versus produção de referência (Y_r), para identificar pontos de operação fora da tendência da reta de regressão. Esse padrão linear pode ser afetado por falhas na planta fotovoltaica e elas podem ser identificadas a partir da análise de gráficos de espalhamento, erro dos resíduos e coeficiente de determinação. Esse método deve ser considerado como um apoio à manutenção preventiva e detectiva da planta fotovoltaica, pois ao identificar características no erro residual e espalhamento fora do esperado, deve-se proceder com análises mais detalhadas aos dados do sistema supervisório, como também visitas técnicas para manutenção local, o que permite reduzir o tempo de parada da planta, consequentemente um aumento na disponibilidade da mesma.

PALAVRAS-CHAVE

Regressão Linear, Usina Fotovoltaica, Geração Solar

1.0 - INTRODUÇÃO

Até o ano de 2018, o Brasil possuía apenas 501MW de energia fotovoltaica instalada em seu território (1). Segundo a ABSOLAR, o País possui atualmente 49.177 sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede, que representam mais de R\$ 2,6 bilhões em investimentos acumulados. — O Brasil acaba de atingir a marca histórica de 500 megawatts (MW) de potência instalada em sistemas de microgeração e minigeração distribuída com solar fotovoltaica em residências, comércios, indústrias, produtores rurais e prédios públicos, além das usinas fotovoltaicas vencedoras nos leilões. No entanto, a maior parte do país possui regiões com altos índices de irradiação e por isso, os projetos fotovoltaicos vêm crescendo cada vez mais, atualmente já ultrapassa a escala de 10GW. Que demandarão uma supervisão nos seus processos de manutenção.

Acompanhamento do desempenho das plantas fotovoltaica, independente do tamanho é algo comum em todo Mundo, onde a tecnologia encontra-se consolidada (2). Esse acompanhamento da produção da planta é normatizado pela (3), e utilizando apenas algumas variáveis coletadas pelo sistema supervisório é possível proceder diagnósticos para identificação de possíveis falhas na planta.

Este trabalho propõe uma técnica de análise de desempenho utilizando regressão linear simples, visando identificação de desvios mais significativos na produção e possíveis problemas de operação na planta. As análises são baseadas em gráficos de espalhamento, erro residual e coeficiente de determinação.

2.0 - METODOLOGIA

O sistema de monitoramento de uma planta fotovoltaica tem por objetivo avaliar desempenho, confiabilidade e durabilidade da planta como um todo e dos seus componentes. Também, se pode avaliar a qualidade da disposição dos seus elementos, como tamanho da série dos módulos fotovoltaicos (*arrays*), sistemas de baterias e inversores escolhidos. Dessa forma é possível identificar quando o sistema não está apresentando um desempenho dentro do previsto, separadamente dos efeitos das perdas e eficiências de seus componentes. Os resultados devem ser apresentados de uma forma clara, para que possam ser facilmente entendidos pelo usuário e também comparados com plantas de diferentes tamanhos, aplicações e instaladas em condições climáticas diversas. Essa interação entre usuário da planta facilita a tomada de decisões na área de operação e manutenção das instalações e eventualmente, todos esses dados podem servir para avaliação geral do potencial da planta fotovoltaica, visando o melhoramento da tecnologia.

Aplicar os conceitos de monitoramento remoto na USF Noronha I visa atingir os resultados projetados, como também contribuir para as pesquisas voltadas no ramo de desempenho de plantas fotovoltaicas operando em países de clima tropical.

Tem-se como uma das mais importantes relações àquelas citadas no quadro “desempenho em nível de sistema”, cruzando a sua produção de energia final no dia (Y_f), versus a produção de energia de referência (Y_r). Essa taxa de desempenho é mais conhecida como *performance ratio* ou PR. Quando um gráfico de produção final versus produção de referência é gerado, a relação entre essas variáveis pode ser aproximada por uma linha reta através da origem. Esta linha pode ser determinada aplicando-se regressão linear a toda amostra de dados. A inclinação da reta reflete o desempenho médio da planta a partir das utilizadas amostras. A outra relação muito utilizada é a influência da temperatura para a geração de energia, ou seja, o cruzamento do PR versus temperatura do módulo.

2.1 Usina Fotovoltaica Estudada

Adotamos a USF – Usina Solar Fotovoltaica Noronha I que está localizada na ilha de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil, para o estudo de caso. Ela foi construída na área do Comando da Aeronáutica, a partir de um projeto de P&D - Pesquisa e Desenvolvimento da CELPE - Companhia Energética de Pernambuco, empresa do Grupo Neoenergia, responsável pela distribuição de energia elétrica no estado de Pernambuco. Possui capacidade instalada de 402,78 kWp, conectada a rede de baixa tensão do Comando da Aeronáutica, com uma área total ocupada de 4467 m² e uma área de módulos de 2685 m². São 1644 módulos de silício policristalino Yingli YL245P-29b distribuídos em 66 strings de 22 módulos e 8 strings de 24 módulos cada, todas conectadas em 13 inversores ABB TRIO-27.6. Os módulos estão montados em 49 mesas de aço inoxidável Schletter com azimute a 33° leste e inclinação de 15°. A Figura 1 apresenta uma foto aérea da usina e a Figura 2 um diagrama elétrico esquemático.



Figura 1 – Vista aérea da usina solar fotovoltaica Noronha I.

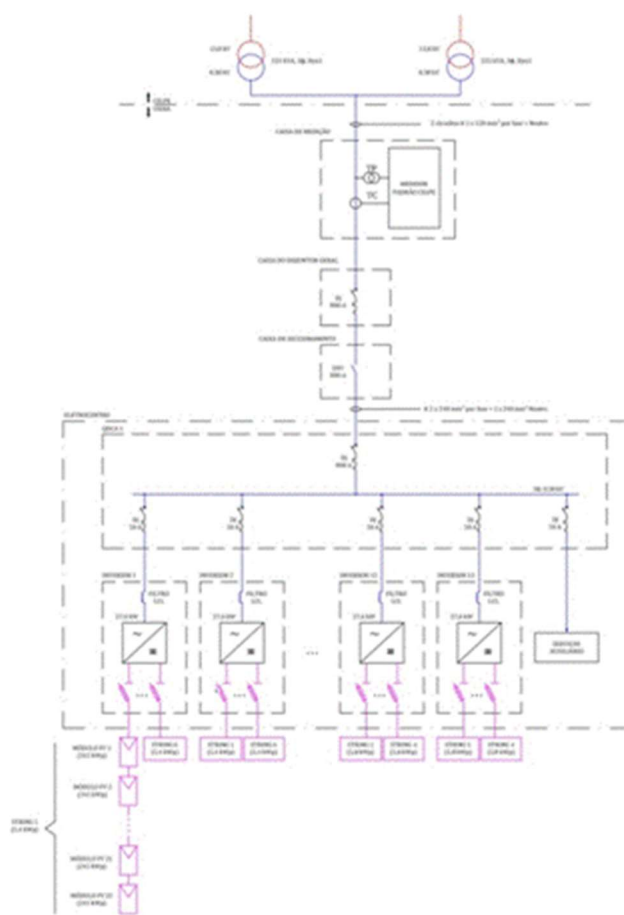


Figura 2 – Diagrama elétrico esquemático.

2.2 Análise de Desempenho do Sistema Fotovoltaico

A avaliação do desempenho de usina fotovoltaica é baseada nos dados adquiridos pelo seu sistema de monitoramento. Os principais parâmetros que devem ser monitorados estão listados [3]. Um bom sistema de monitoramento permite, além da avaliação da própria usina, também que ela seja comparada com outros empreendimentos de diferentes tamanhos de instalação e até mesmo, operando em condições climáticas diversas. Para a avaliação inicial de minigeração, pode-se considerar quatro parâmetros principais a serem calculados, o Y_f - produção final, o Y_r - produção de referência, a taxa de desempenho, mais conhecida como PR - performance ratio e o FC - fator de capacidade. Para a USF Noronha I, apenas serão considerados o Y_f e o Y_r . A produção final e produção de referência são definidas por:

$$Y_f = \frac{E [kW h_{ac}]}{P_r [kW_{dc}]} \quad (1)$$

$$Y_r = \frac{H_t [kWh/m^2]}{1 kW/m^2} \quad (2)$$

Onde:

E = Energia de saída do conjunto de módulos solares;

P_r = Potência instalada da usina;

H_t = Irradiação solar total no plano;

1 kW/m² – Irradiância de referência;

2.3 Método Regressão Linear

O método se baseia em utilizar a linearidade entre variáveis do sistema como Índice de Produtividade Final (Y_f) versus Índice de Produtividade de Referência (Y_r), Diferença entre a Temperatura do Módulo (T_{mod}) e a

Temperatura Ambiente (Tamb) versus Índice de Produtividade de Referência (Yr) e Temperatura do Módulo (Tmod) versus Desempenho Global do Sistema (performance ratio - PR) para identificar pontos de operação fora da tendência da reta de regressão, auxiliando na identificação de possíveis pontos críticos, o que expressa um maior confiabilidade a geração e uma menor taxa de indisponibilidade. Esse padrão linear pode ser afetado por falhas na planta fotovoltaica e elas podem ser identificadas a partir da análise de gráficos de dispersão, erro dos resíduos e coeficiente de determinação. Esse método deve ser considerado como um apoio à manutenção da planta fotovoltaica, pois ao identificar características no erro residual e dispersão fora do esperado, devem ser realizadas análises mais detalhadas nos dados do sistema supervisório, como também visitas técnicas para manutenção local. O estudo de caso referente a metodologia proposta é direcionado como estudo de caso os resultados obtidos na Usina Solar Fotovoltaica Noronha I, localizada em Fernando de Noronha-PE. Utilizando os dados obtidos da USF Noronha I, a aplicação da RLS é utilizada para análise de desempenho do sistema, visando encontrar nas amostras desvios significativos, ou seja, pontos que figurem, com destaque, fora do intervalo de previsão. Os intervalos são utilizados com nível de confiança de 95% e destacados como: intervalo de confiança inferior (ICI), intervalo de confiança superior (ICS), intervalo de previsão inferior (IPI) e intervalo de previsão superior (IPS).

A avaliação do desempenho de usina fotovoltaica é baseada nos dados adquiridos pelo seu sistema de monitoramento, onde destacamos a importância do sistema de aquisição e armazenamento, tendo o cuidado para não onerar a planta, tornando-a não competitiva. Os principais parâmetros que foram monitorados estão listados [3]. A utilização da técnica de regressão linear simples permite analisar o desempenho da planta, a partir da seleção das variáveis monitoradas pelo sistema supervisório. Produção de referência versus produção final é a relação mais global de comparação para retratar a eficiência de conversão da instalação fotovoltaica. Essa eficiência pode ser afetada, principalmente, por falhas na rede de distribuição, que não são relativas à planta, mas paralisam a produção, falhas em inversores e *strings*, e também por sombreamentos. Analisar conjuntamente o nível de espalhamento do gráfico em relação à reta de regressão e ao intervalo de confiança, o erro dos resíduos e o coeficiente de determinação, permite identificar falhas mais significativas no arranjo fotovoltaico, pois ao verificar o nível de diminuição do SSE (soma dos erros) e do aumento do R², obtendo uma redução do SSE em 15,07% e aumento do R² em 1,00%, após ajustamentos nos pontos divergentes da produção, pode-se concluir se o comportamento da produção da planta fotovoltaica encontra-se dentro do esperado, são valores inicialmente projetados. Essa técnica contribui com a manutenção preventiva e detectiva da planta, pois caso os gráficos, em conjunto com as análises, mostrem discrepâncias não conclusivas, é aconselhável proceder com análise local nas instalações. Assim, poderemos criar uma modelagem de previsibilidade em plantas fotovoltaicas, aumento seu fator de capacidade em 10% e reduzindo sua taxa de indisponibilidade para 98%.

2.4 Modelo Matemático

A RLS - regressão linear simples é um método estatístico que permite estudar a relação entre duas variáveis quantitativas, apresentando como resultado uma equação matemática, que para um dado valor de X (variável independente), pode-se prever o valor de Y (variável dependente) [4]. Supondo que cada observação da variável dependente Y possa ser descrita por

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (3)$$

Onde ε é o erro aleatório, com média 0 e variância σ^2 , β_0 é a interseção, encontrado quando $X = 0$ e β_1 é a inclinação da reta, que pode ser positiva, negativa ou nula. Considerando a existência de n pares de dados de (x_1, y_1) a (x_n, y_n), é possível estimar os parâmetros β_0 e β_1 através do método dos mínimos quadrados.

$$L = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \quad (4)$$

Os estimativas amostrais de β_0 e β_1 são $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ devem satisfazer

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_1} \Big|_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i) x_i \quad (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_0} \Big|_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i) \quad (6)$$

Procedendo com a simplificação temos

$$n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (7)$$

$$\hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_i + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad (8)$$

Para encontrar $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ temos

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (9)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i)}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}} \quad (10)$$

$$\bar{y} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n y_i \quad (11)$$

$$\bar{x} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n x_i \quad (12)$$

E $\hat{\beta}_1$ pode ser escrito em termos de S_{xy} – covariância de x,y e S_{xx} – desvio padrão de x

$$S_{XX} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \quad (13)$$

$$S_{Xy} = \sum_{i=1}^n y_i (x_i - \bar{x}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n} \quad (14)$$

Para cada de observação há um valor residual, descrito por $\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$, onde esse valor residual, também chamado de erro, é a diferença entre o valor encontrado e o valor previsto. Há também outro parâmetro desconhecido no modelo de regressão, σ^2 (variância do erro ε). A soma dos quadrados dos erros é

$$SS_E = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (15)$$

Pode ser mostrado que o valor esperado da soma é $E(SS_E) = (n-2) \sigma^2$. Portanto, o quadrado médio residual é

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{SS_E}{n-2} \quad (16)$$

Apresentando uma forma mais conveniente para o cálculo

$$SS_E = SS_T - \hat{\beta}_1 S_{xy} \quad (17)$$

$$SS_T = SS_E + SS_R \quad (18)$$

Onde a soma total dos quadrados é

$$SS_T = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - ny^{-2} \quad (19)$$

Para julgar a adequação do modelo de regressão utiliza-se o coeficiente de determinação

$$R^2 = \frac{SS_R}{SS_T} = 1 - \frac{SS_E}{SS_T} \quad (20)$$

3.0 - RESULTADOS

Para a análise em questão foram escolhidos 4 meses de produção da USF Noronha I: agosto, setembro, dezembro de 2017 e janeiro de 2018. Considerando que a relação entre a Y_r e Y_f pode ser aproximada por uma linha reta, utilizou-se a RLS, visando encontrar nas amostras analisadas desvios significativos, ou seja, pontos que ultrapassem o intervalo de confiança de dois desvios padrão (2σ). Esses pontos que divergem da reta de regressão, em geral, indicam algum tipo de falha na planta fotovoltaica, que deve ser estudada utilizando outros parâmetros da planta e até mesmo uma visita presencial nas instalações [5]. A retirada do ponto divergente da amostra tende a diminuir a SS_E e aumentar R^2 , após aplicação da RLS para a nova amostra com ajustamento.

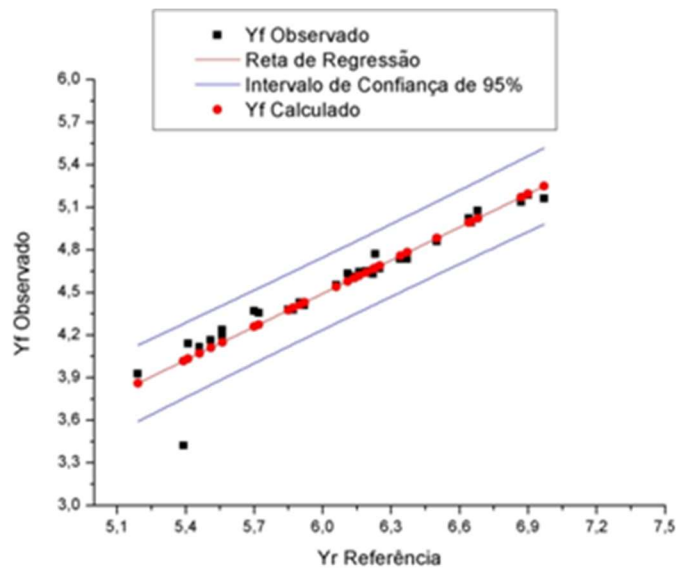


Figura 1 – Resultado $Y_r \times Y_f$ em agosto de 2017 sem ajustamento.

Tabela 1 – Resultado para o mês de agosto de 2017.

| | β_0 | β_1 | SS_R | SS_E | SS_T | R^2 |
|-----------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Sem ajustamento | -0,18885 | 0,78033 | 4,21236 | 0,43672 | 4,64908 | 0,90606 |
| Com ajustamento | 0,23541 | 0,71408 | 3,2759 | 0,04133 | 3,31724 | 0,98754 |

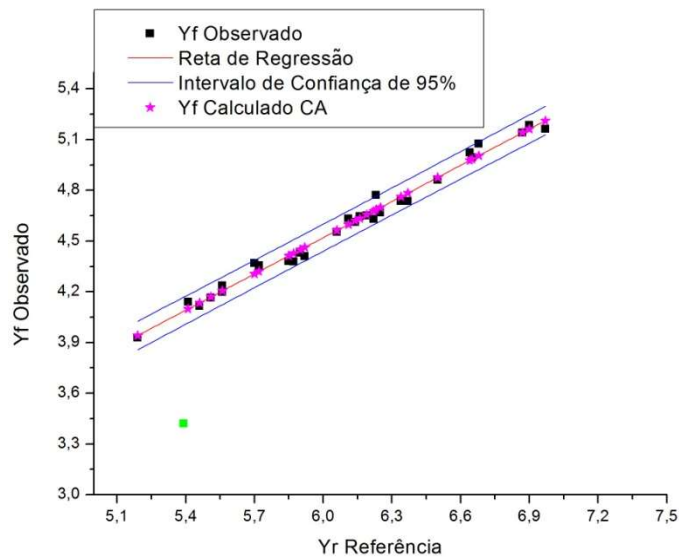


Figura 2 – Resultado $Y_r \times Y_f$ em agosto de 2017 com ajustamento (ponto retirado em verde).

Para o mês de agosto de 2017 foi analisado o ponto divergente, destacado em verde na Figura 4. Procedendo a uma busca no banco de dados do supervisor observou-se que no dia da amostra do ponto divergente ocorreu uma falha de rede de distribuição de energia elétrica da ilha, que se iniciou na madrugada até às 09:19 da manhã, interrompendo assim a geração no início do dia. Após a retirada do ponto divergente, a RLS foi aplicada novamente, encontrando os resultados com ajustamento na Tabela 1. Notou-se uma diminuição do SS_E de 90,53% e um aumento do R^2 de 8,99%, como também nenhum ponto figurou fora do intervalo de confiança, indicando que a planta não apresentou falhas graves em quaisquer outros dias do mês estudado.

Setembro

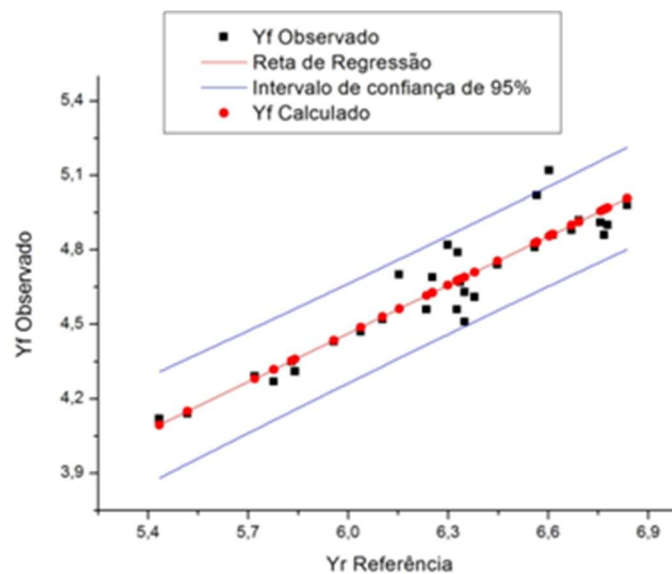


Figura 3 – Resultado $Y_r \times Y_f$ em setembro de 2017 sem ajustamento.

Tabela 2 – Resultados para o mês de setembro de 2017 com ajustamento

| | β_0 | β_1 | SS_R | SS_E | SS_T | R^2 |
|-----------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Sem ajustamento | 0,5591 | 0,65068 | 1,7983 | 0,25518 | 2,05348 | 0,87573 |
| Com ajustamento | 0,68213 | 0,62961 | 1,64202 | 0,18099 | 1,82301 | 0,90072 |

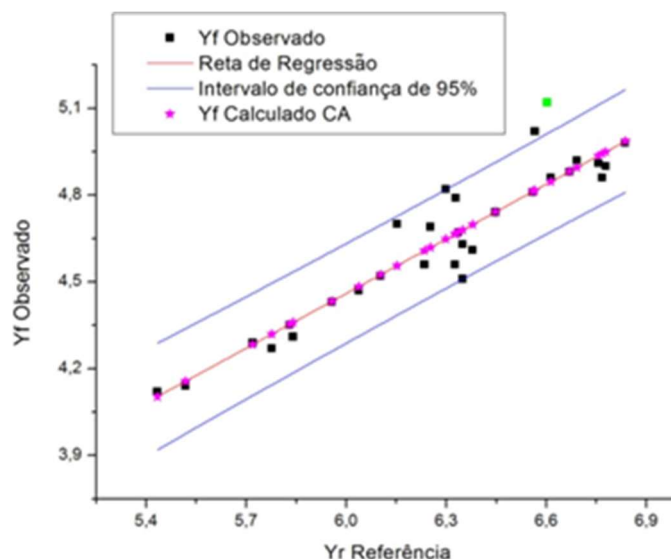


Figura 4 – Resultado $Y_r \times Y_f$ em setembro de 2017 com ajustamento.

Para o mês de setembro de 2017 foi analisado o ponto divergente, destacado em verde na Figura 6. Na Figura 5 foi verificado um grande espalhamento inicial no gráfico e vários pontos próximos ao intervalo de confiança, no entanto apenas um ponto estava efetivamente fora dele. Após a retirada do ponto divergente, verificou-se que vários pontos ainda estavam muito próximos ao intervalo e um novo ponto havia ultrapassado o intervalo de confiança. Também, a diminuição do SS_E foi de apenas 29,07% e aumento do R^2 de 2,85%, conforme Tabela 2, indicando problemas de geração na planta.

Procedendo a uma busca no banco de dados do supervisor observou-se que o inversor 13 estava iniciando a geração algumas horas atrasado em relação aos demais, justificando o grande espalhamento na Figura 5. Assim que foi procedida a manutenção corretiva no inversor com uma atualização de firmware, a geração normalizou e os pontos retornaram para o intervalo de confiança.

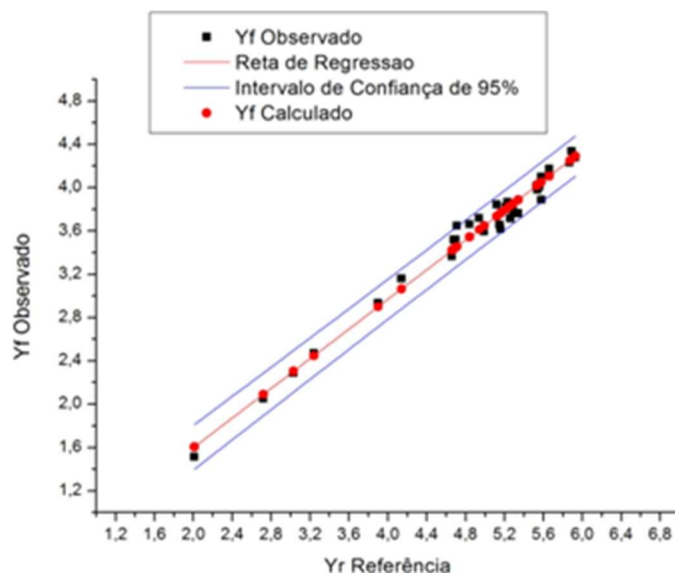


Figura 5 – Resultado $Y_r \times Y_f$ em dezembro de 2017 sem ajustamento.

Tabela 3 – Resultados para o mês de dezembro de 2017 sem ajustamento

| | β_0 | β_1 | SS_R | SS_E | SS_T | R^2 |
|-----------------|-----------|-----------|----------|---------|---------|---------|
| Sem ajustamento | 0,22716 | 0,68532 | 13,20325 | 0,22345 | 13,4267 | 0,98336 |

Não houve pontos fora do intervalo de confiança, não sendo necessário aplicar a técnica de ajustamento. A planta apresentou desempenho próximo ao esperado, confirmado pelo R^2 e o SS_E da Tabela 3..

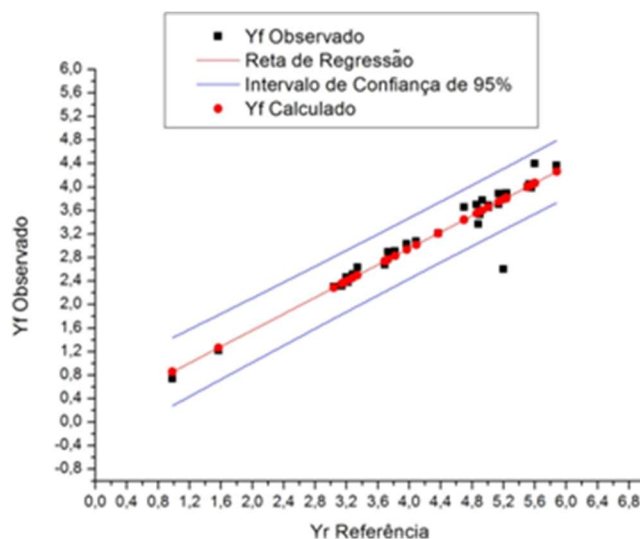


Figura 6 – Resultado $Y_r \times Y_f$ em janeiro de 2018 sem ajustamento.

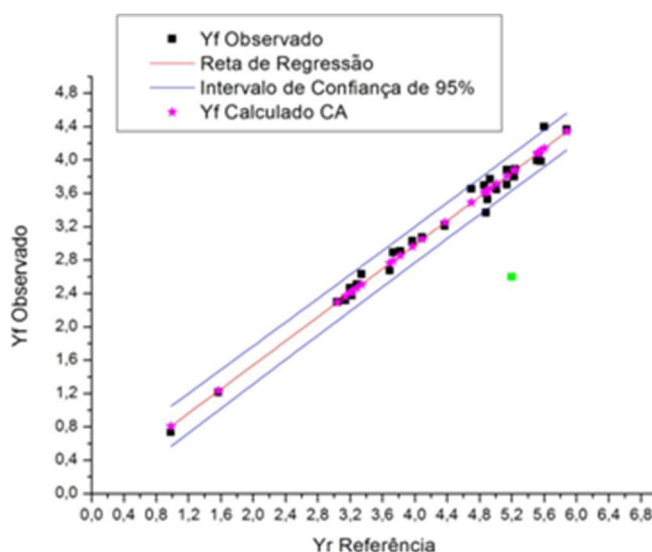


Figura 7 – Resultado $Y_r \times Y_f$ em janeiro de 2018 com ajustamento.

Tabela 4 – Resultados para o mês de janeiro de 2018 com ajustamento

| | β_0 | β_1 | SS_R | SS_E | SS_T | R^2 |
|-----------------|-----------|-----------|----------|---------|----------|---------|
| Sem ajustamento | 0,69533 | 20,36499 | 20,36499 | 1,78975 | 22,15473 | 0,91922 |
| Com ajustamento | 0,09958 | 0,72167 | 21,51525 | 0,29899 | 21,81424 | 0,98629 |

Para o mês de janeiro de 2018 foi analisado o ponto divergente, destacado em verde na Figura 9. Procedendo a uma busca no banco de dados do supervisor observou-se que no dia da amostra do ponto divergente ocorreu uma falha de rede de distribuição de energia elétrica da ilha das 10:05h às 11:57h, novamente das 12:04h até às 12:37h. Após a retirada do ponto divergente, a RLS foi aplicada novamente. Notou-se uma diminuição do SS_E de 83,29% e um aumento do R^2 de 7,29%, como também nenhum ponto figurou fora do intervalo de confiança, indicando que a planta não apresentou falhas graves em quaisquer outros dias do mês estudado.

Tabela 5 – Comparação de resultados.

| | Agosto/2017 | | Setembro/2017 | | Dezembro/2017 | | Janeiro/2018 | |
|-----------------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|
| | SS_E | R^2 | SS_E | R^2 | SS_E | R^2 | SS_E | R^2 |
| Sem ajustamento | 0,43672 | 0,90606 | 0,25518 | 0,87573 | 0,22345 | 0,98336 | 1,78975 | 0,91922 |
| Com ajustamento | 0,04133 | 0,98754 | 0,18099 | 0,90072 | *** | *** | 0,29899 | 0,98629 |
| Comentários | Diminuição do SS_E = 90,53% Aumento do R^2 = | | Diminuição do SS_E = 29,07% Aumento do R^2 = | | Não foi aplicada a técnica de ajustamento | | Diminuição do SS_E = 83,29% Aumento do R^2 = | |

| | | | | |
|--|-------|-------|--|-------|
| | 8,99% | 2,85% | | 7,29% |
|--|-------|-------|--|-------|

4.0 - CONCLUSÃO

A utilização da técnica de regressão linear simples permite analisar o desempenho da planta, a partir da seleção das variáveis monitoradas pelo sistema supervisor. Produção de referência versus produção final é a relação mais global de comparação para retratar a eficiência de conversão da instalação fotovoltaica. Essa eficiência pode ser afetada, principalmente, por falhas na rede de distribuição, que não são relativas à planta, mas paralisam a produção, falhas em inversores e *strings*, e também por sombreamentos. Analisar conjuntamente o nível de espalhamento do gráfico em relação à reta de regressão e ao intervalo de confiança, o erro dos resíduos e o coeficiente de determinação, permite identificar falhas mais significativas no arranjo fotovoltaico, pois ao verificar o nível de diminuição do SS_E e do aumento do R^2 , após ajustamentos nos pontos divergentes da produção, pode-se concluir se o comportamento da produção da planta fotovoltaica encontra-se dentro do esperado. Essa técnica contribui com a manutenção preventiva da planta, pois caso os gráficos, em conjunto com as análises, mostrem discrepâncias não conclusivas, é aconselhável proceder com análise local nas instalações.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) <https://www.solenerg.com.br/ABSOLAR>, consulta março/2019.
- (2) Decker B. e Jahn U. (1997). Performance of 170 Grid Connected PV Plants in northern Germany – Analysis of Yields and Optimization Potentials. Solar Energy, 59, 4-6, 127-133.
- (3) IEC 61724, Photovoltaic System Performance Monitoring – Guidelines for Measurement, Data Exchange and Analysis, IEC 1998.
- (4) Montgomery D. C. e Runger G. C. (2003). Applied Statistics and Probability for Engineers, 3ª edição, pp. 375-398. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- (5) Woyte A., Richter M., Moser D., Reich N., Green M., Mau S., Beyer H.G. (2014). Analytical monitoring of Grid-connected Photovoltaic Systems - Good Practices for Monitoring and Performance Analysis. Report IEA PVPS T13-03:2014, 14-15.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



José Bione de Melo Filho possui graduação em Engenharia Elétrica - Modalidade Eletrotécnica pela UPE (1990), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho na Universidade de Pernambuco (1993), mestrado em Engenharia Elétrica pela UFCG (1999), doutorado em Tecnologias Energéticas Nucleares pela UFPE (2006) e Pós-doutorado em Energia Renovável no Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales e Tecnológicas del Gobierno de España - CIEMAT (2011), MBA Executivo em Gestão Empresarial no CEDEPE (2016). Atualmente é professor do Mestrado em Tecnologia da Energia e do Curso de Especialização em Energia Renovável da Universidade de Pernambuco, professor do IFPE, relator do GES-Grupo de Estudo de Geração Eólica, Solar e Armazenamento de energia do SNPTEE-Seminário Nacional de Produção, Transmissão e Energia Elétrica do Cigré-Brasil, e Gerente da Assessoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D+I) da Chesf.

Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Fontes Renováveis de Energia e Eficiência Energética, com ênfase em sistemas de acionamento de máquinas, máquinas elétricas, eletrônica de potência, energia solar, eólica, biomassa e armazenamento de energia, atuando principalmente nos seguintes temas: geração de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos, térmicos (termosolar e convencional) e eólicos, além de desenvolver projetos em Eficiência Energética e Armazenamento de Energia.