

## **PREVISÃO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DE UMA USINA INSTALADA NO CAMPUS DAS AURORAS (UNILAB-CEARÁ) UTILIZANDO UMA REDE NEURAL LSTM**

**Antonio Gildo De Freitas Filho<sup>1</sup>**  
**Jairo Lima Do Nascimento<sup>2</sup>**  
**Janaina Barbosa Almada<sup>3</sup>**  
**Hermínio Miguel De Oliveira Filho<sup>4</sup>**

### **RESUMO**

O crescimento da geração solar fotovoltaica vem impactando o planejamento energético das concessionárias de energia elétrica, que precisam se adaptar em termos de operação do sistema, pois parte da energia gerada é injetada na rede elétrica. Nesse cenário, o conhecimento da geração auxiliaria no planejamento da oferta. Para prever a geração fotovoltaica existem diversos métodos probabilísticos capazes de solucionar esse problema e dentre esses, destaca-se a utilização de redes neurais artificiais, que apresentam a capacidade de lidar com a alta variabilidade das fontes renováveis. Este trabalho apresenta uma análise da rede neural recorrente Long Short Term Memory (LSTM) como método para previsão da minigeração solar fotovoltaica de uma usina instalada no campus das Auroras da UNILAB(Ceará) utilizando dados meteorológicos como entrada na rede LSTM.

**Palavras-chave:** Rede Neural Artificial Previsão Energia Solar Fotovoltaica .

---

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Discente, [gildofreitas@aluno.unilab.edu.br](mailto:gildofreitas@aluno.unilab.edu.br)<sup>1</sup>  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Discente, [jlnascimento@aluno.unilab.edu.br](mailto:jlnascimento@aluno.unilab.edu.br)<sup>2</sup>  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Docente, [janainaalmada@unilab.edu.br](mailto:janainaalmada@unilab.edu.br)<sup>3</sup>  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Discente, [herminio@unilab.edu.br](mailto:herminio@unilab.edu.br)<sup>4</sup>



## INTRODUÇÃO

O crescimento no aproveitamento da energia solar para produção de energia elétrica, por meio da geração fotovoltaica, tem causado preocupação nas concessionárias de energia por impactar no planejamento energético. De acordo com balanço energético nacional -BEN, (EPE, 2020), a geração solar fotovoltaica apresentou um crescimento de 92,2% quando comparado com ano de 2018. Nesse sentido, conhecer a produção de energia fotovoltaica no futuro próximo auxiliaria no aprimoramento do planejamento da oferta de energia elétrica.

É nesse contexto que as redes neurais artificiais (RNA) surgem como potencial ferramenta para realizar a previsão da geração solar fotovoltaica. Uma rede neural é um processador maciça e paralelamente distribuído constituído de unidades de processamento simples, capaz de aprender/generalizar, tornado possível a solução de problemas complexos (HAYKIN, 2001). Sua aplicação na solução de diversos problemas tem sido frequente, sendo utilizada em diversas áreas, como engenharia, economia, medicina, campo militar, campo marinho, entre outros (PINHEIRO; LOVATO; RUTHER, 2017).

Visto isso, uma rede neural recorrente Long Short Term Memory (LSTM) se diferencia entre as demais redes neurais, como a Perceptron multicamadas (MLP), por sua capacidade de aprender dependências de curto prazo. O princípio de funcionamento se baseia na conexão dos neurônios da camada anterior e sucessiva. Nesse processo, a rede opera em três etapas: adicionar ou remover informações ao estado da célula, identificar novas informações que serão armazenadas ao estado da célula e atualizar as informações que serão repassadas para o próximo neurônio. Na etapa 1, a camada sigmoide recebe a informação no neurônio anterior e o instante atual, processa e atribui um valor 0 para eliminar a informação ou 1 que mantém a informação. Na etapa 2, a camada sigmoide filtra as informações que serão atualizadas e a função tangente hiperbólica cria um vetor de possíveis valores, em seguida essas informações serão combinadas para atualizar o estado da célula. Por fim, a operação entre a camada sigmoide e a função tangente hiperbólica indica as informações que serão repassadas para o neurônio seguinte. A Figura 1 apresenta o diagrama de operação LSTM.

Figura 01 - Estrutura interna da rede LSTM .



Fonte: adaptado de (BASTOS *et al*, 2020)

O objetivo deste trabalho é implementar modelo de previsão da geração solar fotovoltaica de uma usina instalada no campus das Auroras na UNILAB.

## METODOLOGIA



O procedimento metodológico consistiu nas seguintes etapas: coleta de dados, pré-tratamento dos dados, treinamento e validação da LSTM.

Os dados de temperatura do ar (em °C), temperatura do módulo (em °C), umidade (em %UR), velocidade do ar (em m/s) e irradiação global (em W/m<sup>2</sup>), foram obtidos na plataforma Dux Analytics que armazena as variáveis meteorológicas monitoradas na usina estudada. Os dados de potência (em W) foram obtidos na plataforma SICES Solar que reúne as informações de geração monitoradas na usina. Foi considerado o período de janeiro a maio de 2020, totalizando 41.806 amostras de dados segmentados em intervalos de 5 minutos.

Para realizar o pré-tratamento dos dados utilizou-se a biblioteca pandas da linguagem Python 3.6, a fim de tratar os dados brutos obtidos nas plataformas de monitoramento: dados duplicados, dias sem registro de geração, valores de irradiação abaixo de zero, ajuste do intervalo de tempo para 5 minutos, atribuir valor zero ao horário sem geração. Tais problemas são comuns em plataformas de armazenamento de dados e se não forem tratados resultarão em erros no modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo LSTM foi implementado utilizando a linguagem de programação Python, de código aberto. As bibliotecas de código aberto, KERAS e scikit-learn, foram utilizadas para auxiliar na otimização da convergência da rede desenvolvida. Sua estrutura possui 30 neurônios na primeira camada, em que cada célula possui neurônios LSTM realimentados. As saídas são direcionadas como entrada para uma camada Densa, sendo utilizada a função Rectified Linear Unit (ReLU) como função de ativação. O critério de parada utilizado foi a melhora da função perda a cada 5 épocas e utilizado a função otimizador Adam.

Para realização do treinamento da rede LSTM, dividiu-se a base de dados em 75% para treinamento, 15% validação e 15% para teste (PINHEIRO; LOVATO; RUTHER, 2017, SANTANA; GUIMARÃES, 2020) . Na Figura 2 é possível analisar o comportamento do erro médio quadrático (EQM) no treinamento e validação do modelo.

Figura 02 - Erro de treinamento e validação em função do número de épocas.



Fonte: autor

É possível verificar o comportamento do erro médio quadrático em função do número de épocas, ou seja, em função da quantidade de vezes que o conjunto de amostras passa pela rede e atualiza os pesos. Observa-se a queda acentuada do EQM, comprovando a ocorrência da aprendizagem da rede LSTM. Constata-se ainda a atuação do critério de parada sendo que esta ocorre próximo à época 120 por não existir uma diminuição no EQM. Portanto, o resultado demonstra que a rede LSTM convergiu, logo sua utilização para realizar a previsão da geração solar fotovoltaica é viável.



## CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou estruturar a rede neural recorrente LSTM para previsão da geração solar fotovoltaica de uma usina instalada no campus das Auroras. Conforme apresentado, a rede convergiu, aparentando-se como ótima e viável alternativa para prever a potência produzida. Assim, o trabalho pode ser utilizado para contribuir no planejamento das concessionárias a atender toda demanda e mitigar os problemas causados pela geração solar fotovoltaica a rede elétrica.

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a Deus, por proporcionar diversas situações de que viabilizam o crescimento intelectual e pessoal. Aos meus orientadores, Prof. Dr. Hermínio Oliveira Filho, Profa. Ma. Janaína Almada e Eng. Me. Jairo Lima pela ajuda durante a pesquisa. Ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) da UNILAB pela bolsa concedida e ao Programa de Eficiência Energética e de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL-PEE-P&D) e ENEL Distribuição Ceará pelo fomento para realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BASTOS, Icaro Gabriel Paiva et al. PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA A PARTIR DE DADOS METEOROLÓGICOS UTILIZANDO REDE LSTM. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional (BEN) 2020: Ano base 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 13 maio 2021.

HAYKIN S. 2001. Redes Neurais: princípios e prática. Porto Alegre: Editora Bookman, 900 p.

PINHEIRO, Elisângela; LOVATO, Adalberto; RUTHER, Ricardo. Aplicabilidade de Redes Neurais Artificiais para Análise de Geração de Energia de um Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede Elétrica. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 6, n. 5, 2017.

SANTANA, Marília Facundo; GUIMARÃES, Antonio Alisson Pessoa. PREDIÇÃO DE DEMANDA DE ENERGIA PARA CURTO PRAZO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DE MINIGERAÇÃO INSTALADO NO CAMPUS DAS



AURORAS (UNILAB-CEARÁ). In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018. 2020.

