

## MODELO DE PREVISÃO UTILIZANDO REGRESSÃO MÚLTIPLA POLINOMIAL APLICADO A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

<sup>1</sup> LLAMAS, Ludimila Patrícia da Silva de, MOURA, Renan Souza<sup>2</sup>, COSTA, Luzia Aparecida<sup>3</sup>, ALVEZ, Cristian Adolfo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Formanda em Engenharia Elétrica no IFMG Campus Formiga

\*Professor (a) no IFMG Campus Formiga.

**Resumo:** Neste trabalho são utilizados dados de geração distribuída hidrelétrica, eólica, fotovoltaica e termelétrica com o intuito de estimar o aumento da capacidade instalada total da geração distribuída, com auxílio de métodos estatísticos de regressão múltipla polinomial. Os resultados obtidos demonstraram que em meados de 2047 a geração distribuída no âmbito nacional alcançará a geração hidrelétrica, e que o modelo desenvolvido pode dar suporte nas atividades planejamento de energia do país.

**Palavras-chave:** Geração distribuída; Regressão múltipla polinomial; Previsão de geração.

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande extensão territorial e alto potencial hídrico e por isso, tem o maior percentual de geração hidráulica. Na década de 1990 a geração hidrelétrica correspondia a 90% da geração de todo o país. Segundo (ANEELc, 2022) em junho de 2022, com a maior participação de outras formas de geração, a energia produzida pelas usinas hidrelétricas representa 59,65% da geração total.

É perceptível que nos últimos seis anos a matriz elétrica brasileira sofreu mudanças significativas. Novas tecnologias de geração foram incorporadas e a matriz passou a ter características diferentes por região e por tipo de geração. A Figura 1 mostra o acompanhamento das centrais geradoras de 1997 a 2021 por origem de combustível.

Fonte: imagem retirada de (ANEELA, 2022)

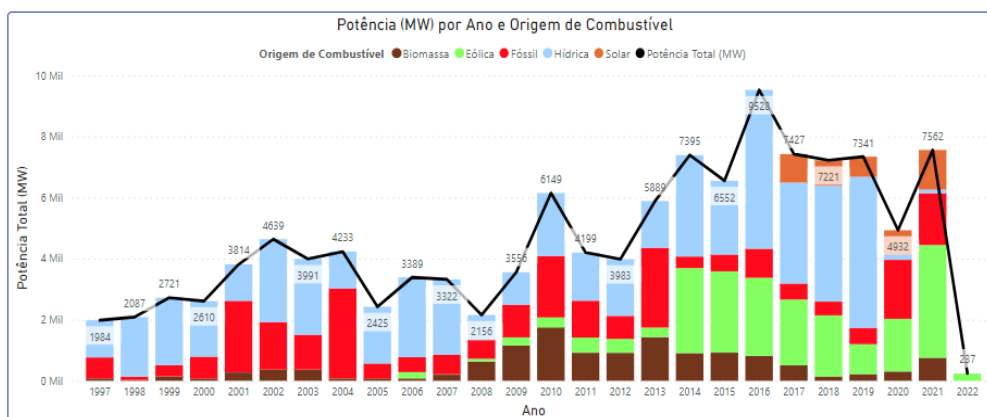


Figura 1 - Potência em MW por ano e combustível.

Fonte: imagem retirada de (ANEELA, 2022)

É notável o crescimento da geração eólica a partir de 2014 e da geração solar a partir do ano de 2017, sendo tipos de geração distribuída. É possível observar na Figura 2 a localização e distribuição das usinas de geração distribuída por modalidade.

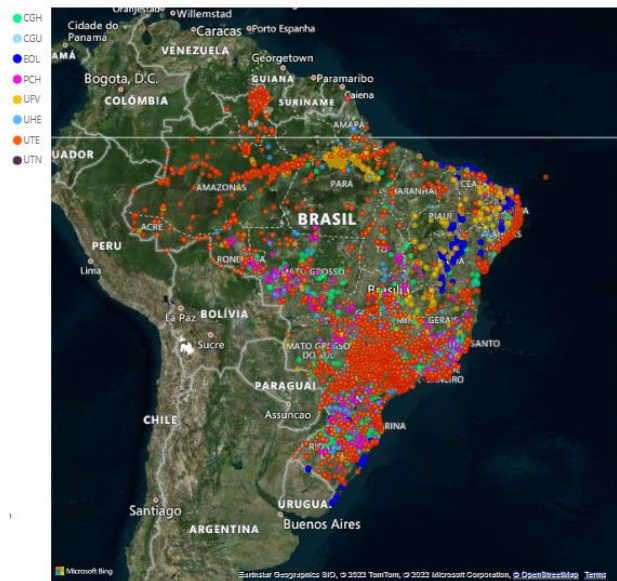


Figura 2 - Mapa do Brasil e usinas distribuídas, 2022  
Fonte: imagem retirada de (ANEELa, 2022)

A geração distribuída se refere ao uso de pequenos dispositivos modulares de geração de eletricidade autônomos ou conectados à rede, e localizados próximos ao ponto de consumo. A utilização do método estatístico de regressão linear múltipla é uma técnica fundamentada e eficaz para a análise de dados de crescimento. Dado o crescimento da geração distribuída no Brasil, com ênfase na geração eólica, fotovoltaica e termelétrica, é uma estratégia importante para a tomada de decisões com relação aos resultados a longo prazo de investimentos no setor de energia.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados mensais coletados em (ANEELa, 2022) para análise se referem ao período de 01/01/2015 até 20/03/2022. Estes dados estão dispostos em uma tabela com as seguintes informações por tipo de geração (CGH – Centrais geradoras hidrelétricas, Eólica – EOL, Fotovoltaica – UFV e Termelétrica – UTE): Período; Quantidade de unidades geradoras; Potência instalada (MW); Modalidade de geração; Classe de consumo.

A coleta de dados da geração nacional abrangeu as cinco regiões Centro oeste, Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. Além das quatro formas de geração distribuídas selecionadas prioritariamente neste trabalho (CGH, EOL, UFV e UTE), foram incluídas indiretamente as seguintes formas de geração menos significativas:

- a. Biomassa (agroindustriais, floresta, resíduos sólidos urbanos, biocombustíveis líquidos);
- b. Fóssil (carvão mineral, gás natural, petróleo, e outros fósseis);
- c. Undi-elétrica (cinética da água).

Finalizada a coleta, os dados foram organizados no software Microsoft Excel e agrupados em seis tabelas a saber: Nacional, Centro Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul. O software RStudio, e o software Microsoft Excel foram utilizados para análise dos dados. A análise dos modelos de geração foi utilizada a técnica de regressão múltipla polinomial, enquanto que a análise de previsão de potência instalada foi realizada pelo método de suavização exponencial tripla.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, os dados foram guardados e organizados através do software Microsoft Excel. Então, os dados nacionais estavam dispostos em duas colunas: quantidade de unidades geradoras e potência instalada. Foi calculado o coeficiente de correlação linear de Pearson para mensurar o grau da correlação linear entre as duas variáveis analisadas. O coeficiente de correlação linear de Pearson (p-valor) calculado para a amostra foi menor que  $2.2e^{-16}$ . Nessa condição, o sinal positivo desse coeficiente indica que a relação entre as variáveis é diretamente proporcional e sendo diferente de zero tem-se a correlação entre as variáveis em análise. A análise nacional leva em consideração todas as regiões do Brasil. Para observar melhor esse crescimento, um gráfico dimensionando as regiões foi plotado no software R Studio para quantificar o quanto cada região influencia no âmbito nacional. É possível observar o crescimento regional é importante pois assim é possível verificar qual região cresceu mais, qual região possui maiores índices de geração distribuída, entre outros aspectos no Gráfico 1.

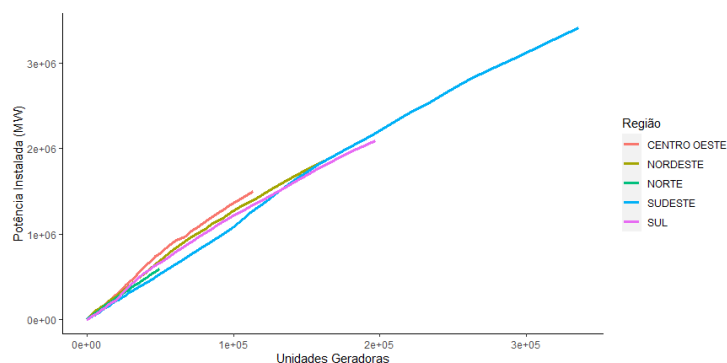


Gráfico 1 - Crescimento da geração distribuída fotovoltaica das regiões brasileiras de 2015 a 2022  
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Segundo o gráfico 2, a região em que a geração distribuída fotovoltaica mais cresceu entre 2015 e 2022 foi a região sudeste, seguida pelas regiões sul, nordeste, centro oeste e norte. Sobre a região norte, aproximadamente 80% de toda a região é floresta Amazônica, além disso a usina hidrelétrica Belo Monte no estado do Pará abastece a região. Outro detalhe importante é que a geração eólica representa hoje 11,90% da geração total do país (aproximadamente 20 GW) na região nordeste.

Através da quantidade de unidades geradoras e da potência instalada, foi possível plotar um gráfico, denotando o período em anos no eixo secundário, dos dados de crescimento nacional de 2015 a 2022. É possível observar que o crescimento se deu em meados de 2015 de forma relevante no país. Os dados são uniformes e bem distribuídos ao longo da curva. O gráfico do modelo polinomial dos dados nacionais, a equação polinomial e ajuste do modelo  $R^2$  podem ser observados.

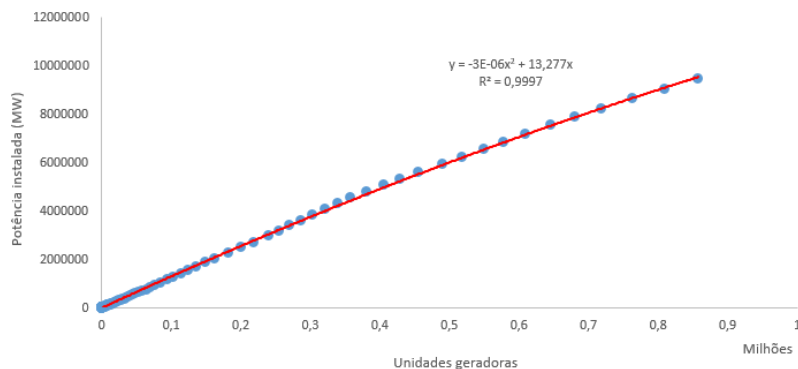


Gráfico 3 - Modelo da geração distribuída no Brasil de 2015 a 2022  
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Observando o modelo polinomial de grau 2, obteve-se um ajuste  $R^2$  de 0,9997 o que significa que o modelo de regressão é muito adequado, com uma precisão superior a 99%. Há um detalhe interessante nesse modelo: a curva toca todos os pontos, concluindo-se que todos os dados estão dentro do intervalo de confiança. Foi realizada outra previsão para o ano de 2042.

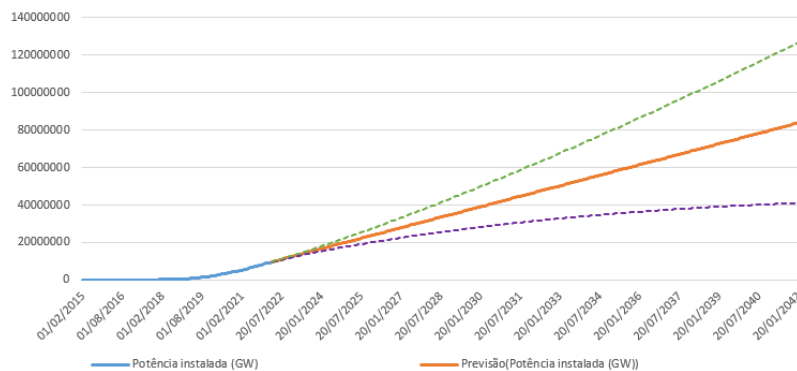


Gráfico 3 - Previsão da geração distribuída nacional para 2042  
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Segundo a previsão, até o ano de 2042 a geração distribuída nacional alcançará a marca de 80 GW, o que significa alcançar 72,7% da geração hidrelétrica atual.

O maior crescimento regional de geração eólica aconteceu no nordeste do Brasil. Segundo dados da ANEEL, a região sedia 90,3% da potência outorgada no país, somando 19,72 GW dos 21,84 GW totais de potência. O gráfico 4 mostra a previsão para 2032 da geração eólica na região nordeste.

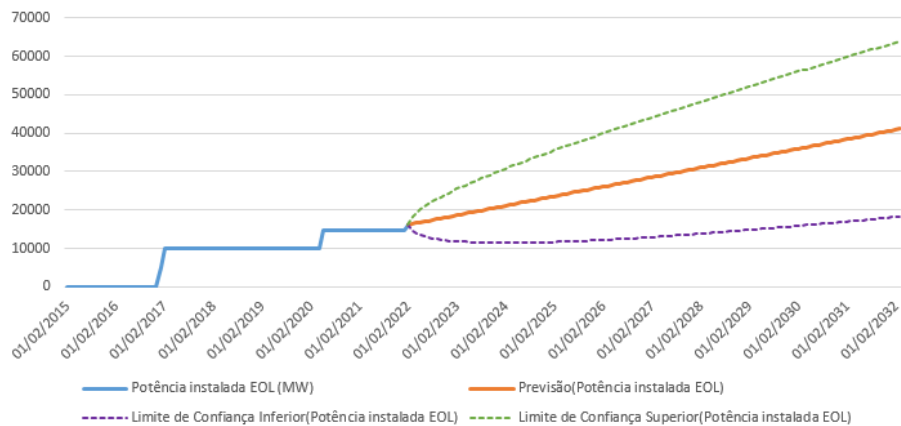


Gráfico 4 - Previsão do crescimento de geração EOL na região nordeste  
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Segundo o gráfico 4, a previsão é que em meados de 2032 a geração de energia eólica no Nordeste alcance o marco de 40 GW de potência instalada.

A previsão geração de distribuída UFV para os próximos 10 anos foi realizada para a região sudeste, e pode ser observada no gráfico 5.

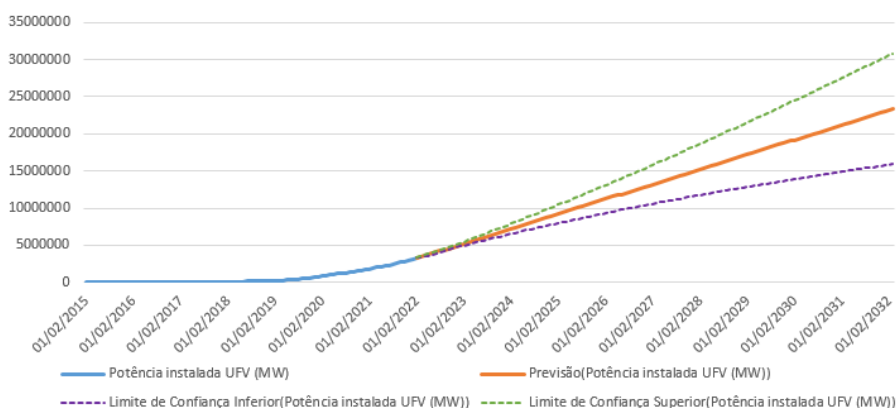


Gráfico 5 - Previsão do crescimento de geração UFV na região sudeste  
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Segundo a previsão do gráfico 5, a geração UFV da região sudeste passará a potência de 20 GW até 2032. A previsão para 2047 pode ser observada no gráfico 6.

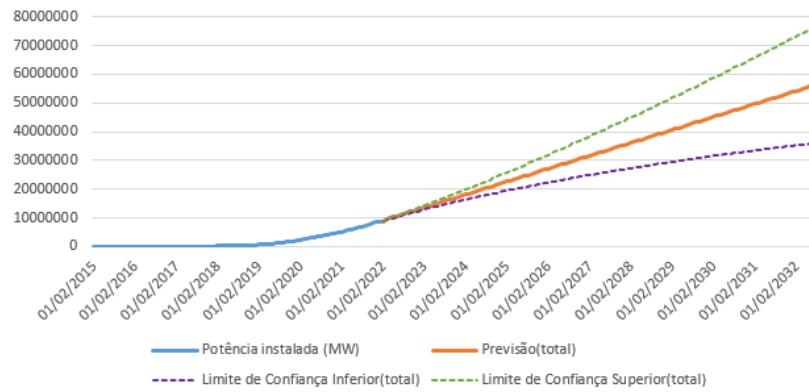


Gráfico 6 - Previsão da geração distribuída UFV nacional para 2032  
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Observando o gráfico de previsão nacional, a geração fotovoltaica alcançará em meados de 2032 entre 35 GW e 60 GW de potência instalada.

## 5 CONCLUSÕES

Em meados de 2047 a geração distribuída alcançará a geração hidrelétrica atualmente cerca de 110 GW de potência. Os maiores crescimentos de GD pertencem a EOL na região nordeste e a UFV na região sudeste. A matriz de geração brasileira terá características inéditas, com redundância de geração e abastecimento a demanda nacional predominantemente limpa.

## REFERÊNCIAS

LLAMAS, Ludimila Patrícia da Silva de. **Modelo de previsão utilizando regressão múltipla polinomial aplicado a geração distribuída de energia elétrica no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Formiga. Formiga : IFMG, 2022. 70p.

### Como citar este trabalho

LLAMAS, L. P. S.; MOURA, R. S.; COSTA, L. A.; ALVEZ, C. A. Modelo de previsão utilizando regressão múltipla polinomial aplicado a geração distribuída de energia elétrica no Brasil. *In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO (SemPI), V., 2022. Formiga. Anais eletrônicos [...]. Formiga: IFMG – Campus Formiga, 2022. Disponível em: <https://www.formiga.ifmg.edu.br/seminarios/>.*