

# Projeto 1 – Previsão de Geração Eólica e Fotovoltaica utilizando IA

Duração: Outubro/2025 – Julho/2027

## 1. Resumo e Justificativa

Desenvolver, implementar e validar modelos de predição de geração horária (e.g. 1h) para usinas eólicas e fotovoltaicas utilizando técnicas de Machine Learning (ML). O projeto inclui aquisição e tratamento de dados meteorológicos e operacionais, comparação de arquiteturas (tree-based, redes neurais recorrentes e modelos híbridos), avaliação de incerteza e integração de previsões em uma ferramenta de suporte à operação (visualização e API).

Previsões precisas de geração renovável são fundamentais para planejamento e operação de sistemas elétricos, despacho, ofertas em mercados real-time e leilões de capacidade. A integração de previsões probabilísticas reduz risco financeiro e melhora alocação de recursos (por exemplo, controle de BESS e estratégias de hedge).

## 2. Objetivo Geral

Desenvolver modelos de ML capazes de prever a geração horária de usinas eólicas e fotovoltaicas com acurácia operacional (erro e viés dentro de patamares definidos) e estimativa de incerteza.

## 3. Objetivos Específicos

- Coletar e organizar bases de dados meteorológicos (ERA5, estações locais, previsões do operador) e dados de geração histórica.
- Implementar pipeline de tratamento de dados e engenharia de atributos (feature engineering) orientada a séries temporais.
- Treinar e comparar diversos modelos: Random Forest, Gradient Boosting (XGBoost/LightGBM), LSTM/GRU e modelos híbridos (ex.: CNN+LSTM).
- Avaliar desempenho com métricas operacionais (MAE, RMSE, MAPE, CRPS para previsão probabilística) e testar generalização espacial/temporal.
- Fornecer versões determinísticas e probabilísticas (intervalos de confiança ou quantis) e um protótipo de API/visualização.

## 4. Metodologia

- 4.1. Revisão Bibliográfica e Coleta dos Dados
  - Dados históricos de geração (1h ou sub-horário) das usinas alvo.
  - Reanálises e previsões meteorológicas: ERA5, ECMWF/GEFS, GFS, dados de satélite, irradiância (GHI, DNI), velocidade do vento em diferentes alturas, temperatura, nuvens.
  - Medidas locais (anemômetros, piranômetros) quando disponíveis.
  - Metadados das plantas: curva de potência da turbina, orientação e inclinação dos módulos, perdas, capacidade nominal.
- 4.2. Engenharia de atributos
  - Atributos meteorológicos: vento a 10m/80m ajustado, GHI, DNI, temperatura, umidade, velocidade de vento e direção passada (lags), previsão numérica do tempo (forecast horizons).
  - Lags e janelas móveis, features cíclicas de tempo (hora do dia, dia do ano, dia da semana), indicadores astronômicos (ângulo zenital, hora solar).
  - Features específicas: curvatura da curva de potência, temperatura de célula estimada, sombreamento estimado.

#### - 4.3. Modelagem

- Baselines: persistência (produção atual = previsão futura) e regressão linear sazonal.
- Modelos determinísticos: Random Forest, LightGBM/XGBoost, redes LSTM/GRU, TCN, Transformer para séries temporais.
- Modelos probabilísticos: Quantile Regression Forest, Gradient Boosting com quantis, Deep Ensembles, Bayesian Neural Networks, etc.

#### - 4.4. Avaliação

- Métricas: MAE, RMSE, MAPE, Skill score relativo à persistência, Bias, e CRPS para previsões probabilísticas.
- Verificação de calibração (reliability diagrams), sharpness e PIT histograms.
- Testes de robustez: cenários extremos (tempestades, nuvens rápidas), dados faltantes e sazonalidade.

#### - 4.5. Implantação de protótipo

- Implementar um protótipo com: pipeline ETL em Python (pandas, xarray), treinamento (scikit-learn, lightgbm, pytorch/keras) e um serviço de inferência (FastAPI), com dashboard (Streamlit ou Dash) para visualização.

### 5. Resultados Esperados

- Base de dados tratada e documentada (conjunto replicável).
- Pipeline de pré-processamento em Python.
- Relatório técnico com comparação de modelos e métricas.
- Modelos treinados e scripts para inferência (repositório Git).
- Protótipo de API de previsão e dashboard interativo.
- Artigo técnico e apresentação para congresso.

### 6. Cronograma

Etapa	Período	Descrição
Revisão bibliográfica e coleta dos Dados	Out/2025 – Fev/2026	Levantamento de fontes, acesso a bases meteorológicas, ingestão de logs de geração.
Pré-processamento e Feature Engineering	Mar/2026 – Mai/2026	Limpeza, sincronização, análise exploratória, definição de features.
Modelagem inicial de Modelos Determinísticos (baselines + ML)	Jun/2026 – Set/2026	Treino de modelos preditivos “convencionais” (determinísticos) e os compara com modelos de referência simples (baseline)
Mdelagem de Modelos Probabilísticos	Out/2026 – Dez/2026	LSTM/Transformer, quantiles, ensembles.
Validação e testes de robustez	Jan/2027 – Mar/2027	Testes out-of-sample, testes de caso extremo, avaliação econômica.
Protótipo e integração	Abr/2027 – Jun/2027	API, dashboard, documentação.
Redação de relatório e artigos	Jun/2027 – Jul/2027	Finalização, submissão de artigo e entrega.