

# Manual Técnico do Produto Tecnológico

## Framework Computacional de Apoio à Decisão para

## Planejamento Eólico

William Goulart

## 1 Apresentação do Produto

Este manual descreve o produto tecnológico desenvolvido no âmbito desta dissertação, cujo objetivo é apoiar a seleção de áreas aptas à implantação de parques eólicos por meio da integração entre análise multicritério espacial em SIG e modelagem preditiva da velocidade do vento por Redes Neurais Artificiais (RNAs).

O produto foi concebido como um framework computacional reprodutível, orientado à aplicação prática em planejamento energético e territorial, permitindo sua utilização por pesquisadores, gestores públicos e agentes do setor energético.

## 2 Objetivo e Escopo de Aplicação

O objetivo do produto é fornecer um procedimento sistematizado que permita:

- identificar áreas territorialmente viáveis para implantação de aerogeradores;
- avaliar gradientes de adequabilidade técnica considerando múltiplos critérios;
- incorporar a previsibilidade temporal do vento como elemento de apoio à decisão;
- priorizar áreas e pontos candidatos para estudos de viabilidade e campanhas anemométricas.

O framework é aplicável a diferentes regiões, desde que estejam disponíveis dados ambientais, territoriais e séries temporais climáticas compatíveis.

## 3 Visão Geral do Pipeline

O produto está organizado como um pipeline computacional composto por etapas sequenciais e interdependentes:

1. preparação e padronização dos dados ambientais e territoriais;
2. análise multicritério espacial por meio do método SIG–AHP;
3. seleção de pontos candidatos em áreas de maior aptidão;
4. extração de séries temporais climáticas;
5. previsão da velocidade do vento por RNAs;
6. integração dos resultados para apoio à decisão.

Essa organização garante coerência entre a análise espacial do território e a análise temporal do recurso eólico.

## 4 Arquitetura do Produto

A arquitetura do produto é modular e orientada a pipeline, permitindo execução independente dos módulos e facilitando sua adaptação a diferentes contextos territoriais. Cada módulo possui entradas e saídas bem definidas, assegurando transparência metodológica e reprodutibilidade.

O fluxo completo do produto é apresentado no fluxograma disponibilizado no repositório.

## 5 Descrição dos Módulos Funcionais

### 5.1 Módulo SIG–AHP

Este módulo realiza a análise multicritério espacial para avaliação da adequabilidade territorial à implantação de aerogeradores. São considerados critérios ambientais, topográficos e de uso e cobertura da terra, integrados por meio de uma combinação linear ponderada (WLC), com pesos definidos pelo método AHP.

As principais saídas incluem o mapa de exclusão, o índice contínuo de adequabilidade técnica e o mapa final de aptidão.

### 5.2 Módulo de Dados Ambientais

Responsável pela aquisição, organização e pré-processamento dos dados espaciais e climáticos. Inclui reprojeção, padronização cartográfica, geração de variáveis derivadas e extração de séries temporais meteorológicas nos pontos de interesse.

### **5.3 Módulo de Modelagem Preditiva**

Implementa a previsão da velocidade do vento em múltiplos horizontes temporais utilizando Redes Neurais Artificiais. São avaliadas arquiteturas representativas para séries temporais, comparadas a um modelo baseline de persistência.

O módulo gera métricas de desempenho, análises visuais e avaliações estatísticas da qualidade preditiva.

### **5.4 Módulo de Integração e Apoio à Decisão**

Integra os resultados espaciais do SIG–AHP com as saídas temporais da modelagem preditiva. Essa integração permite avaliar simultaneamente a adequabilidade territorial e a previsibilidade do vento, subsidiando decisões de priorização de áreas e seleção de pontos candidatos.

## **6 Fluxo Básico de Execução**

De forma resumida, a execução do produto segue os seguintes passos:

1. definição da área de estudo;
2. preparação dos dados ambientais e territoriais;
3. execução do módulo SIG–AHP;
4. seleção de pontos em áreas de maior aptidão;
5. extração de séries temporais climáticas;
6. execução dos modelos preditivos;
7. análise integrada dos resultados.

## **7 Reprodutibilidade e Adaptação**

O produto foi estruturado para permitir sua reprodução por usuários externos, a partir da documentação técnica e dos scripts disponibilizados no repositório. A adaptação para outras regiões requer apenas a substituição das camadas territoriais, séries temporais climáticas e, se necessário, a redefinição dos pesos AHP.

## **8 Requisitos Computacionais**

Os requisitos computacionais, dependências de software e instruções de execução estão descritos no arquivo `requisitos_computacionais.md`, disponível no repositório do produto.

## **9 Limitações e Possibilidades de Extensão**

O produto não substitui estudos de viabilidade econômica ou ambiental detalhados, mas fornece uma triagem técnica robusta para apoio à decisão. Como extensões futuras, destacam-se a incorporação de critérios econômicos, análise de sensibilidade dos pesos AHP e integração com modelos de geração de energia.

## **10 Considerações Finais**

Este manual apresenta de forma prática o funcionamento do produto tecnológico desenvolvido, fornecendo orientações suficientes para sua utilização, reprodução e adaptação. O framework constitui uma ferramenta aplicada de apoio à decisão em planejamento eólico, alinhada às exigências de produção tecnológica da CAPES.