

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a) o texto completo desta Tese será disponibilizado somente a partir de 08/08/2024.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia de Bauru

ELOÁ CAROLINA NAVA CARDOSO PALMA

Metodologia de Inteligência de Negócios para
Recomendação de Alocação de Fontes Renováveis de
Energia

Bauru
2022

ELOÁ CAROLINA NAVA CARDOSO PALMA

Metodologia de Inteligência de Negócios para
Recomendação de Alocação de Fontes Renováveis de
Energia

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Automação

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Paciência Godoy

Coorientador : Prof. Dr. Jomil Costa Abreu Sales

Bauru

2022

P171m Palma, Eloá Carolina Nava Cardoso
Metodologia de Inteligência de Negócios para
Recomendação de Alocação de Fontes Renováveis de Energia /
Eloá Carolina Nava Cardoso Palma. -- Bauru, 2022
126 p. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Engenharia, Bauru
Orientador: Eduardo Paciência Godoy
Coorientador: Jomil Costa Abreu Sales

1. Energias renováveis. 2. Lógica fuzzy. 3. AHP. 4.
Sistemas de Apoio a decisão. 5. Business Intelligence. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Engenharia, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ELOA CAROLINA NAVA CARDOSO PALMA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 08 dias do mês de agosto do ano de 2022, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de ELOA CAROLINA NAVA CARDOSO PALMA, intitulada **METODOLOGIA DE INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. EDUARDO PACIÊNCIA GODOY (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Engenharia de Controle e Automação / Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP - Câmpus de Sorocaba, Prof. Dr. FERNANDO PINHABEL MARAFÃO (Participação Presencial) do(a) Departamento de Engenharia de Controle e Automação / Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP - Câmpus de Sorocaba, Prof. Dr. JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA (Participação Presencial) do(a) Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP - Câmpus de Sorocaba, Prof^a. Dr^a. VANESSA CEZAR SIMONETTI (Participação Presencial) do(a) Departamento de Engenharia / Universidade de Sorocaba (UNISO), Prof. Dr. HÉLIO RUBENS JACINTHO PEREIRA JUNIOR (Participação Presencial) do(a) Departamento de Engenharia / Athon Ensino Superior. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. EDUARDO PACIÊNCIA GODOY

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

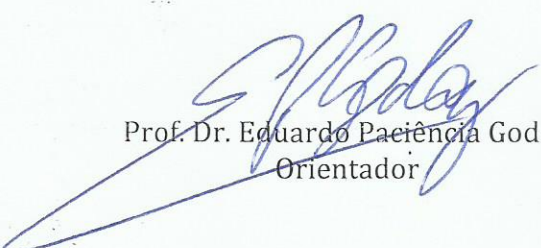
A COMISSÃO EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DA ALUNA:
ELOÁ CAROLINA NAVA CARDOSO PALMA

DE: "METODOLOGIA DE INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO
DE ENERGIAS RENOVÁVEIS"

PARA:

METODOLOGIA DE INTELIGENCIA DE NEGÓCIOS PARA
RECOMENDAÇÃO DA ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE
ENERGIA

Bauru, 08 de Agosto de 2022.


Prof. Dr. Eduardo Paçiência Godoy
Orientador

*Dedico este trabalho a Deus a todas
as pessoas que de alguma forma
me ajudaram ao longo do caminho.
Ninguém consegue nada sozinho.
Precisamos uns dos outros, sempre!
"Assim, permanecem agora estes três:
a fé, a esperança e o amor.
O maior deles, porém, é o amor."
(1 Coríntios 13:13)*

Agradecimentos

Primeiramente agradeço à Deus, o grande orientador da minha vida. À minha querida mãe Rita e aos meus amados avós Helena e Ângelo (*in memoriam*), tia Isabel, tia Laudiceia, tio João e meu primo João Vitor que tanto me amaram desde pequena, sempre me incentivando com palavras e atitudes sábias, de carinho, respeito e serenidade, cuidando de mim em todos os momentos da minha vida e estando sempre prontos para me acolher independente das circunstâncias. Ao meu marido Luís e aos meus amados filhos Luís Gabriel e Maria Clara pelo incentivo, apoio, respeito, compreensão, confiança e amor. Deus foi muito generoso comigo quando me ofereceu pessoas tão lindas com quem posso contar sempre! Embora seja uma família pequena, é muito unida e repleta de valores e princípios abençoados. Eu os amo infinitamente.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Paciência Godoy, e ao meu coorientador Prof. Dr. Jomil Costa Abreu Sales, pela infinita paciência, assistência, confiança e respeito. Vocês foram primordiais nesta jornada e eu não conseguiria concluir este trabalho sem o apoio incondicional que me deram. Vocês me ensinaram muito além do técnico, mostrando a real importância de um professor como agente social na formação integral de alguém. Em todos os momentos que pensei que não seria capaz, vocês me deram suporte técnico e emocional, com brandura e empatia. Mesmo diante de todas minhas limitações enquanto cientista, vocês me acolheram e pacientemente me orientaram, mostrando um estilo de liderança que todo aluno gostaria de vivenciar em sua jornada acadêmica. Saibam que possuem meu eterno respeito, carinho, admiração e gratidão.

Aos professores Dr. Fernando Pinhabel Marafão, Dra. Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda, Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda, Dr Roberto Wagner Lourenço pela atenção, apoio e disposição em me auxiliar em diversos momentos. Vocês são muito especiais e competentes. Foi um grande privilégio poder aprender e conviver com vocês. Agradeço ainda à banca avaliadora, muito solícita, que se dispôs a colaborar com este trabalho de forma tão eficiente.

Aos amigos Karina Lucas, Welington Alves (Tom), Risomar Santos, Rodrigo Rolle, Nelson Almeida, Marcelão, Alexandre Marcelo, Wesley Angelino, Geninho, Felipe Almeida, Danilo Caldas, Leo Victorino, Camille Vasconcelos, a todos do Grupo de Automação e Sistemas Integráveis -GASI- da Unesp de Sorocaba (foram momentos maravilhosos vividos ali), e também a todos do laboratório de Geoprocessamento da Unesp de Sorocaba. Não posso deixar de mencionar todas as pessoas que trabalharam comigo ao longo desse período, que me ajudaram e deram apoio ao longo de todos esses anos (foram muitas pessoas).

Agradeço a todos os profissionais de saúde física e mental que me ajudaram neste

período. O doutorado, em toda a sua intensidade me proporcionou reflexões importantes, grandes lições de vida, de superação e aprendizado técnico imersivo.

Resumo

O presente trabalho propõe uma metodologia de Inteligência de Negócios (BI - *Business Intelligence*) a fim de auxiliar no processo de tomada de decisão e recomendação para a implantação de energias renováveis (eólica e solar) em determinada localização do território brasileiro. Essa metodologia é sistematizada num modelo hierárquico de quatro camadas, que considera a influência de múltiplas variáveis (técnica, econômica, geológica, climatológica e ambiental) para aprimorar a indicação de regiões favoráveis para a implantação de energia renovável. A primeira camada é a de Mineração de Dados, responsável pela captação de dados brutos dessas variáveis e transformação em informação. Esses dados brutos têm origem em diferentes fontes de dados oficiais (Global Solar Atlas, Global Wind Atlas, IBGE, Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, Operador Nacional do Sistema e EMBRAPA), sendo transformados em mapas das variáveis com pontos georreferenciados (grid de 10 km x 10 km) em todo o território brasileiro. A segunda camada é a de Análise Fuzzy, baseada em um sistema de inferência com regras estabelecidas a fim de gerar a variável Potencial Eólico. A terceira camada é a de Análise AHP (*Analytic Hierarchy Process*), responsável pela análise multicritério das variáveis Potencial Solar, Potencial Eólico, Investimento Solar, Investimento Eólico, Declividade do solo, Geotecnia, Distância física das Linhas de Transmissão de energia elétrica e Consumo de Energia Elétrica. Essa camada reclassifica os valores dessas variáveis, através de uma hierarquia de pesos, padronizando suas saídas em índices Muito Baixo, Baixo, Moderado, Alto e Muito Alto. A quarta camada é a da Indicação, responsável pela álgebra de mapas das variáveis da análise AHP em conjunto com as áreas de unidades de conservação ambiental nacional. O resultado dessa camada é um mapa georreferenciado destacando as regiões do território brasileiro de acordo com seu potencial de implantação de energia solar e/ou eólica. A análise geral e em regiões específicas desses mapas, em confronto com suas indicações, comprovam a coerência dos resultados e validam a metodologia desenvolvida. Finalmente, a recomendação de implantação de energia solar e/ou eólica pode ser realizada com base no índice de favorabilidade ou indicação da fonte naquela localidade no território brasileiro.

Palavras-chave: Energias renováveis, Lógica fuzzy, AHP, Sistemas de Apoio a decisão, *Business Intelligence*, Energia eólica, Energia solar.

Abstract

The present work proposes a methodology of Business Intelligence (BI - Business Intelligence) in order to assist in the decision-making and recommendation process for the implementation of renewable energies (wind and solar) in a certain location of the Brazilian territory. This methodology is systematized in a four-layer hierarchical model, which considers the influence of multiple variables (technical, economic, geological, climatological and environmental) to improve the indication of favorable regions for the implementation of renewable energy. The first layer is Data Mining, responsible for capturing raw data from these variables and transforming them into information. These raw data originate from different official data sources (Global Solar Atlas, Global Wind Atlas, IBGE, National Registry of Conservation Units, National System Operator and EMBRAPA), being transformed into maps of the variables with georeferenced points (grid of 10 km x 10 km) throughout the Brazilian territory. The second layer is Fuzzy Analysis, based on an inference system with established rules in order to generate the Wind Potential variable. The third layer is the AHP Analysis (Analytic Hierarchy Process), responsible for the multicriteria analysis of the variables Solar Potential, Wind Potential, Solar Investment, Wind Investment, Soil Slope, Geotechnics, Physical Distance from Power Transmission Lines Electricity and Electricity Consumption. This layer reclassifies the values of these variables, through a hierarchy of weights, standardizing their outputs in Very Low, Low, Moderate, High and Very High indices. The fourth layer is the Indication layer, responsible for the algebra of maps of the variables of the AHP analysis together with the areas of national environmental conservation units. The result of this layer is a georeferenced map highlighting the regions of the Brazilian territory according to their potential for deploying solar and/or wind energy. The general analysis and in specific regions of these maps, in comparison with their indications, prove the coherence of the results and validate the developed methodology. Finally, the recommendation to implement solar and/or wind energy can be made based on the favorability index or indication of the source in that location in Brazilian territory.

Keywords: Renewable energies, Fuzzy logic, AHP, Decision support systems, Business Intelligence, Wind energy, Solar energy.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Geração de Eletricidade Mundial (2017).	14
Figura 2 – Variação média anual global da produção de energia por combustível (1971-2017).	15
Figura 3 – Maiores produtores de energia por combustível.	16
Figura 4 – Irradiação Global - Panorama mundial.	17
Figura 5 – Irradiação Global Horizontal - Brasil.	18
Figura 6 – Curvas características de painel fotovoltaico.	19
Figura 7 – Velocidade do vento: Panorama mundial.	21
Figura 8 – Atlas eólico do Brasil: Velocidade do vento.	22
Figura 9 – Função de densidade de probabilidade Weibull para diferentes valores de k e c	23
Figura 10 – Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas.	25
Figura 11 – Pirâmide de abstração.	27
Figura 12 – Pilares do <i>Business Intelligence</i>	29
Figura 13 – Processo de descoberta de conhecimento (KDD).	32
Figura 14 – Estrutura geral.	39
Figura 15 – Arquitetura proposta.	41
Figura 16 – Esquema de fatores para gerar a variável de Produção de eletricidade fotovoltaica (PVOUT) utilizada neste trabalho.	45
Figura 17 – Fator de capacidade.	49
Figura 18 – Camada de Mineração de Dados (em vermelho).	54
Figura 19 – Seleção das fontes de dados utilizadas neste trabalho.	57
Figura 20 – Imagem raster representando elevação (a) e área (b) do pixel.	58
Figura 21 – Dados brutos de PVOUT no formato .tiff.	59
Figura 22 – Propriedade de referência espacial.	60
Figura 23 – Camada de Análise Fuzzy (em vermelho).	61
Figura 24 – Mapa de Função de Densidade de Probabilidade Weibull - Brasil.	62
Figura 25 – Mapa de Potencial de produção anual de energia - Brasil.	62
Figura 26 – Álgebra de Mapas - Ferramenta Raster Calculator	63
Figura 27 – Mapa com dados externos ao Brasil - Potencial Eólico.	64
Figura 28 – Álgebra de Mapas - Mapa com dados externos ao Brasil já eliminados Potencial Eólico.	64
Figura 29 – Álgebra de Mapas- (a) - Raster extraído para pontos, (b)-Tabela de atributos resultante com os valores da álgebra.	65
Figura 30 – Álgebra de Mapas: Potencial Eólico - Brasil.	66
Figura 31 – Exemplo de uma área interpolada.	67
Figura 32 – Sistema de Inferência Fuzzy - Potencial Eólico	69

Figura 33 – Camada de Análise AHP (em vermelho).	71
Figura 34 – Mapa resultante da interpolação - Potencial Solar.	72
Figura 35 – Mosaicos de imagem do relevo brasileiro.	76
Figura 36 – Mapa do relevo brasileiro.	77
Figura 37 – Mapa de Geotecnia do Brasil.	78
Figura 38 – Mapa resultante da interpolação - Potencial Eólico.	81
Figura 39 – a) Potencial Eólico b) Álgebra de Mapas (Weibull x Potencial de Produção de Energia)	82
Figura 40 – Mapa reclassificado - Potencial Solar.	84
Figura 41 – Mapa reclassificado - Potencial Eólico.	85
Figura 42 – Mapa reclassificado - (b) Investimento Eólico e (c) Investimento Solar. . . .	86
Figura 43 – Mapa reclassificado - Geotecnia.	87
Figura 44 – Mapa reclassificado - Linhas de Transmissão.	90
Figura 45 – Mapa reclassificado - Declividade.	91
Figura 46 – Mapa reclassificado - Consumo de Energia Elétrica.	93
Figura 47 – Mapa de recomendação Energia Solar.	96
Figura 48 – Mapa de recomendação Energia Solar com Unidades de Conservação e corpos hídricos.	97
Figura 49 – Mapa de recomendação Energia Eólica.	99
Figura 50 – Mapa de recomendação Energia Eólica com Unidades de Conservação e corpos hídricos.	100

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Escala Absoluta, Definição e Justificativa para o processo decisório com a AHP.	31
Tabela 2 – Classes de turbinas eólicas (IEC).	48
Tabela 3 – Nomenclatura das classes de solo.	51
Tabela 4 – Análise da média do consumo anual em MWh, por estado - Novembro/2021.	52
Tabela 5 – Regras relacionando variáveis de entrada e Potencial Eólico	70
Tabela 6 – Matriz de comparação e Pesos - Subcritério Potencial Solar	73
Tabela 7 – Matriz de comparação e Pesos - Subcritério Potencial Eólico	73
Tabela 8 – Matriz de comparação e Pesos - Subcritério Investimento Solar	74
Tabela 9 – Matriz de comparação e Pesos - Subcritério Investimento Eólico	74
Tabela 10 – Matriz de comparação e Pesos - Subcritério Declividade	76
Tabela 11 – Subcritérios e Tipos de solos	79
Tabela 12 – Matriz de comparação e Pesos - Subcritério Geotecnia	79
Tabela 13 – Matriz de comparação e Pesos - Subcritério Distância da linha de transmissão	80
Tabela 14 – Matriz de comparação e Pesos - Critérios	80
Tabela 15 – Ranking dos estados mais ricos do Brasil na produção do agronegócio .	89
Tabela 16 – Consumo de energia elétrica na rede (MWh) por estado - Novembro/2021	94

Lista de Abreviaturas e Siglas

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
CCEE	<i>Câmara de Comercialização de Energia Elétrica</i>
CCST	<i>Centro de Ciência do Sistema Terrestre</i>
CEM	<i>Clean Energy Ministerial</i>
CEPEL	<i>Centro de Pesquisas de Energia Elétrica</i>
CGTS	<i>Coordenação de Tecnologias Setoriais</i>
CMSE	<i>Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico</i>
CNPE	<i>Conselho Nacional de Política Energética</i>
CNUC	<i>Cadastro Nacional de unidades de Conservação</i>
CPRM	<i>Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais</i>
CRESESB	<i>Centro de Referência para Energia Solar e Eólica</i>
CRM	<i>Customer relationship management</i>
DIF	<i>Diffuse Horizontal Irradiation</i>
DNI	<i>Direct Normal Irradiation</i>
DTU	<i>Technical University of Denmark</i>
ECMWF	<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts</i>
EIS	<i>Executive Information System</i>
ELE	<i>Elevation</i>
EMBRAPA	<i>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária</i>
EPE	<i>Empresa de Pesquisa Energética</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>

ESMAP	<i>Energy Sector Management Assistance Program</i>
ETL	<i>Extract, Transform, Load</i>
GDSS	<i>Group Decision Support Systems</i>
GHI	<i>Global Horizontal Irradiation</i>
GIS	<i>Sistemas de Informação Geográficas</i>
GSA	<i>Global Solar Atlas</i>
GTI	<i>Global Tilted Irradiation</i>
GWA	<i>Global Wind Atlas</i>
IA	<i>Inteligência Artificial</i>
IDW	<i>Inverse Distance Weighted</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IFC	<i>International Finance Corporation</i>
INMET	<i>Instituto Nacional de Meteorologia</i>
INPE	<i>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais</i>
KDD	<i>Knowledge Discovery in Databases</i>
LABREN	<i>Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia</i>
MCDA	<i>Multi-Criteria Decision Analysis</i>
MCDM	<i>Método de decisão multi-critério</i>
MCTIC	<i>Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação</i>
MDS	<i>Management Decision System</i>
MEE	<i>Método da Energia Equivalente</i>
MIS	<i>Management Information Systems</i>
MMA	<i>Ministério do Meio Ambiente</i>
MME	<i>Ministério de Minas e Energia</i>

NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
OCDE	<i>Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico</i>
OLAP	<i>On-line Analytical Processing</i>
ONS	<i>Operador Nacional do Sistema Elétrico</i>
OPTA	<i>Optimum inclination [°] for inclined and fixed equator facing PV modules</i>
PDF	<i>Probability Density Function</i>
PVOUT	<i>PV Electricity Output</i>
RNA	<i>Redes Neurais Artificiais</i>
SAD	<i>Sistema de Apoio à Decisão</i>
SETEC	<i>Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação</i>
SGB	<i>Sistema Geodésico Brasileiro</i>
SGBD	<i>Sistema Gerenciador de Banco de dados</i>
SIGEL	<i>Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico</i>
SIGRAS	<i>Sistema de Referência Geocêntrico para as América</i>
SIN	<i>Sistema Interligado Nacional</i>
SNUC	<i>Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza</i>
SONDA	<i>Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais</i>
SWERA	<i>Solar and Wind Energy Resource Assessment</i>
TEMP	<i>Temperatura do ar na altura de 2m.</i>
WASP	<i>Wind energy industry-standard software</i>
WLC	<i>Combinação Linear Ponderada</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos Gerais	12
1.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Estrutura e Conteúdo	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Setor Elétrico Global	14
2.2	Energia Solar Fotovoltaica	16
2.3	Energia Eólica	20
2.4	Sistemas de Informações Geográficas	24
2.5	Sistemas de Apoio à Decisão	25
2.6	Inteligência de Negócios (BI)	26
2.7	Lógica Fuzzy	28
2.8	Processo de Hierarquia Analítica (AHP)	30
2.9	Mineração de Dados	32
2.10	Trabalhos Relacionados	33
3	INTELIGÊNCIA DE NEGÓCIOS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS	39
3.1	Descrição das Variáveis	42
3.1.1	Variáveis de Pré-Requisito	43
3.1.2	Potencial Solar	43
3.1.2.1	Potencial de Energia Fotovoltaica (PVOUT)	43
3.1.3	Potencial Eólico	44
3.1.3.1	Função de Densidade de Probabilidade da Velocidade do Vento de Weibull	45
3.1.3.2	Potencial de Produção Anual de Energia	47
3.1.4	Declividade	49
3.1.5	Distância da Linha de Transmissão	50
3.1.6	Geotecnia	50
3.1.7	Consumo de Energia Elétrica	51
3.1.8	Investimento Solar e Investimento Eólico	52
3.1.8.1	Valor da Terra Nua	53
3.1.9	Custo da Mão de Obra	53
4	DESENVOLVIMENTO	54
4.1	Camada de Mineração de Dados	54
4.1.1	Seleção de Dados: Fontes de Dados	55

4.1.2	Preparação de Dados: Georreferenciamento e Organização dos Dados . . .	57
4.1.3	Transformação de Dados: Tratamento de dados	60
4.2	Camada de Análise Fuzzy	61
4.2.1	Álgebra de Mapas	61
4.2.2	Lógica Fuzzy	65
4.2.2.1	Potencial Eólico	68
4.3	Camada de Análise AHP	68
4.3.1	Desenvolvimento do AHP	69
4.3.1.1	Potencial Solar	70
4.3.1.2	Potencial Eólico	71
4.3.1.3	Investimento Solar e Investimento Eólico	71
4.3.1.4	Declividade	74
4.3.1.5	Geotecnia	75
4.3.1.6	Consumo de Energia Elétrica	77
4.3.1.7	Distância da Linha de Transmissão	79
4.3.2	Álgebra de Mapas	80
5	DISCUSSÃO E RESULTADOS	81
5.1	Saída da Camada de Análise Fuzzy - Mapa de Potencial Eólico . . .	81
5.2	Saída das Reclassificações do AHP	83
5.2.1	Mapa de Reclassificação Potencial Solar e Potencial Eólico	83
5.2.2	Mapa de Reclassificação Investimento solar e Investimento eólico	85
5.2.3	Mapa de Reclassificação - Geotecnia	87
5.2.4	Mapa de Reclassificação Distância das Linhas de Transmissão	88
5.2.5	Mapa de Reclassificação Declividade	90
5.2.6	Mapa de Reclassificação Consumo de Energia Elétrica	92
5.3	Fonte preferencial	94
5.3.1	Mapa de Recomendação - Energia Solar	95
5.3.2	Mapa de Recomendação - Energia Eólica	98
6	CONCLUSÕES	101
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

1 INTRODUÇÃO

Segundo o *World Bank Group* (WBC, 2020), o acesso à energia é essencial para reduzir inclusive a pobreza. Globalmente, 1 bilhão de pessoas ainda vivem sem eletricidade e 3 bilhões de pessoas usam combustíveis poluentes por exemplo para cozinhar, prejudicando sua saúde, perspectivas de desenvolvimento e qualidade de vida.

A captação da radiação solar, através de painéis fotovoltaicos, ou a captação dos ventos, através de turbinas eólicas para produção de energia elétrica apresentam-se como mercados promissores na área de energias renováveis. O uso de energias renováveis como solar e eólica por exemplo, segundo o Greenpeace (GREENPEACE, 2020) é considerado a principal solução para a mitigação de gases de efeito estufa no mundo e, em inúmeras situações, capazes de reduzir impactos socioambientais provenientes da implantação de usinas e sistemas convencionais – como no caso de grandes empreendimentos hidrelétricos e termoeletrônicos. Aliado à isso, a análise espacial de localização de instalações é crucial para a realização de uma boa gestão, seja para o setor privado ou público, sendo a localização ótima aquela que traz o maior benefício social, maximizando o nível de serviço prestado (DASKIN, 2011).

O elevado crescimento da demanda energética, associado a uma possível diminuição da oferta de combustíveis convencionais não renováveis e ao aumento da conscientização sobre a necessidade de se preservar o meio ambiente, está estimulando os cientistas e o meio industrial a empreenderem e inovar na pesquisa e desenvolvimento de outras fontes de energia que sejam renováveis, bem como menos poluentes e que sejam viáveis economicamente.

A evolução dos estudos de energias renováveis, especificamente nas fontes, aplicação em regiões, uso futuro, efeito ambiental, métodos de produção, armazenamento, gerenciamento, distribuição, políticas aliadas e limitações técnicas limitadas, etc. são detalhados em vários trabalhos disponíveis na literatura (PANWAR N. L.; KAUSHIK, 2011), (TURNER, 1999), (DINCER, 2000), (ELLIOTT, 2000), (EVANS ANNETTE; STREZOV, 2009), (ENERDATA., 2015), (MITCHELL CATHERINE; CONNOR, 2004). Algumas pesquisas incluem avaliação do ciclo de vida (ACV) (BHAT, 2009), (GÓRALCZYK, 2003), (PEHNT, 2006), efeitos sociais, econômicos e ambientais (ZOULIAS; LYMBEROPOULOS, 2007), (SHEIKH; KOCAOGLU; LUTZENHISER, 2016), (ERSHADI; KARIMIPOUR, 2018), sistema eficaz de armazenamento e realocação (KALDELLIS; ZAFIRAKIS, 2007), (CORONEL; BUZARQUIS; BLANCO, 2017), (STERNER; THEMA, 2019), planejamento e projeto de sistemas de integração e fornecimento de rede (ISLAM, 2018), (ABDULKARIM et al., 2018), (MA et al., 2018), aquisição de dados e sistemas de monitoramento (REZK

et al., 2017), (DOŠEN; ŽNIDAREC; ŠLJIVAC, 2019).

Ainda existem trabalhos referentes a sistemas de apoio à decisão, que em geral foram desenvolvidos para vários aspectos de energias renováveis, como na avaliação de possibilidades de locais de instalação, usando o banco de dados de sistema de informação geográfica (SIG) (SARMIENTO et al., 2019), (KONSTANTINOS; GEORGIOS; GARYFALOS, 2019), (NOOROLLAHI; YOUSEFI; MOHAMMADI, 2016), (SAH; WIJAYATUNGA, 2017).

A inteligência artificial (IA) por sua vez também é bastante utilizada em estudos relacionados a energias renováveis. Ela visa entender o pensamento humano, a fim de construir entidades inteligentes que tenham desempenho eficiente para alguns problemas complicados (HU et al., 2019), (LIEBOWITZ, 2019), (ALI; HACIMAHMUD, 2020), mesmo que a compreensão do pensamento complexo de um cérebro humano seja uma questão difícil para ser resolvida. A IA é baseada em várias teorias de aprendizado, como aprendizado estatístico, aprendizado neural, aprendizado evolutivo etc. (HU et al., 2019), (LIEBOWITZ, 2019), (ALI; HACIMAHMUD, 2020), (POOLE; MACKWORTH, 2017), (RUSSELL; NORVIG, 2016).

Nos últimos anos, métodos híbridos de IA também estão sendo usados em muitas aplicações com o objetivo de obter a melhor precisão do que o que poderia ser alcançado usando um único método. Alguns dos métodos híbridos de IA são (i) Neuro-fuzzy (combinação de RNA e sistema de inferência fuzzy); (ii) Neuro-genético (combinação de RNA e algoritmo genético, este último é usado para a otimização da conexão dos anteriores); (iii) Fuzzy-genetic (combinação de sistema de inferência fuzzy e algoritmo genético, este último é usado na otimização do limite de decisão do anterior) e muitos outros tipos poderão estar disponíveis no futuro. A utilização destas técnicas aplicadas à energias renováveis são diversas. Dentre elas temos aplicações de construção de energia, previsão de energia solar/eólica em um sistema híbrido de energia renovável usando, obtenção de redução do consumo de energia e melhoria sistema de gestão e distribuição (GEORGIU; CHRISTODOULIDES; KALOGIROU, 2018), (MELLIT; KALOGIROU, 2018), (JHA et al., 2017), (KHOSRAVI, 2018).

No aspecto de potencial energético disponível tanto eólico quanto solar, é importante basear-se em variáveis ambientais, em termos de legislação, disponibilidade de ligação à rede elétrica para distribuição, além de avaliar questões geográficas locais. Em relação ao aspecto econômico, o investimento para implantação da energia tanto eólica quanto solar deve ser avaliado para gerar a viabilidade econômica do local (JACOBSEM et al., 2022), (SILVA; FERRARINI; ALVES, 2021), (PEREIRA; ESCOLANO; PASTORE, 2020), (COSTA, 2022).

O sistema de apoio à decisão estabelecido em (YUE; YANG, 2007), integra avaliações potenciais, análises de custos, incentivos legais e análises de retornos sobre investi-

mentos com o auxílio de um sistema de informações geográficas (SIG). Esse sistema pode fornecer informações para os formuladores de políticas sobre locais de implantação, para os legisladores se os atuais incentivos legais são suficientes para incentivar o investimento privado e para os investidores se os investimentos na exploração de fontes de energia renováveis são economicamente viáveis. Técnicas de computação, como lógica fuzzy, redes neurais, algoritmos genéticos estão sendo adotadas na modelagem de energia para mapear com precisão os sistemas de energia (SUGANTHI; INIYAN; SAMUEL, 2015). Com várias opções de energia concorrentes, modelos de energia baseados na lógica difusa permitem aos pesquisadores selecionar realisticamente o mix certo de recursos energéticos – considerando os vários critérios conflitantes como custos, disponibilidade, emissão etc. Os modelos fuzzy também tem sido bastante utilizados nos últimos anos, fornecendo estimativas realistas para avaliação de locais, instalação de parques fotovoltaicos / eólicos, rastreamento de pontos de energia em energia solar fotovoltaica / eólica, otimização entre critérios conflitantes (CANEPPELE; SERAPHIM, 2010).

Metodologias de tomada de decisão multicritério difusas são sugeridas para a seleção entre alternativas de energia renovável, através de três grupos de critérios: (i) tecnológicos, (ii) energéticos e ambientais, (iii) social e econômico (KAHRAMAN; KAYA; CEBI, 2009). Variáveis fuzzy como tecnologia, mercado, economia, meio ambiente e políticas também são usados (HEO; KIM; BOO, 2010). Para seleção entre alternativas de energia renovável com base em um processo de hierarquia analítica difusa na Indonésia (TASRI; SUSILAWATI, 2014) foram usados 53 critérios de avaliação como qualidade da energia, sócio-político, econômico, tecnológico e ambiental, além de dubabilidade, distância da rede elétrica, sustentabilidade, política governamental, impacto no trabalho.

Entretanto, é importante entender que deve existir um equilíbrio com a questão de geração de energia possível de acordo com cada região, bem como com o retorno do investimento. Tais valores podem ser expressos em regras linguísticas compreensíveis, em que estas variáveis são os antecedentes e a fonte energética indicada para dada localidade é o consequente das regras. Com isto, pode-se recomendar mais de uma fonte energética com o respectivo grau de viabilidade para diversas localizações no território brasileiro, indicando as áreas mais aptas para a localização e realizar o dimensionamento de uma usina solar fotovoltaica ou eólica bem como seu possível percentual de viabilidade. Em função da complexidade da manipulação do grande número de variáveis bem como o tempo restrito, reduziu-se o escopo de análise de variáveis às mais utilizadas na literatura, que serão apresentadas neste trabalho.

No entanto, essa análise para indicação de determinada fonte energética em função de sua localidade necessita considerar uma série de variáveis técnicas, econômicas, geológicas, climatológicas e ambientais. Segundo (NETO et al., 2022), a geração de energia próxima ao local de consumo gera economia nos investimentos em transmissão e melhor

eficiência (menos perdas). Quanto maior a densidade demográfica, maior a carga ligada ao sistema e mais propício o investimento de geração renovável em suas proximidades. Em contrapartida, áreas de topografia acidentada e áreas de proteção ambiental não são viáveis para a implantação. Assim, fatores como a proximidade de centros consumidores, de linhas de transmissão de energia, de disponibilidade de infraestrutura econômica e tecnológica, aspectos geográficos e topográficos devem ser considerados para indicação de geração solar e/ou eólica, da mesma forma que a presença ou não de irradiação solar e velocidade do vento. Nesse sentido, a presente pesquisa descreve o desenvolvimento de uma Metodologia de Inteligência de Negócios para Recomendação de Implantação de Energias Renováveis (solar e eólica) para cada região do território nacional. Para isso foi usado Lógica Fuzzy, aliado a AHP (*Analytical Process Hierarchy*), permitindo dar suporte a tomada de decisão com base em atributos (critérios) que podem ser qualitativos ou quantitativos, aliada a técnicas de geoprocessamento para inteligência de negócios. Vale ressaltar que nem todos os critérios encontrados na literatura foram utilizados, sendo necessária a limitação das variáveis apresentadas no decorrer deste trabalho em função da complexidade tanto para utilização destes dados (por ser um volume demasiadamente grande, por exemplo 11 milhões de linhas em um arquivo), quanto para sua obtenção, preparação e modelagem.

1.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem por objetivo geral criar uma Metodologia de Inteligência de Negócios para Recomendação de Alocação de Fontes Renováveis de Energias, para combinar diversas variáveis tais como Potencial Solar, Potencial Eólico, Declividade, Distância da linha de transmissão, Investimento Eólico, Investimento Solar, Consumo de energia elétrica e Geotecnia, com propósito de dar suporte à decisão para recomendação para implantação de energia solar ou eólica. A hipótese do trabalho é que a metodologia de Inteligência de Negócios usando técnicas variadas, através da utilização de diferentes dados de entrada, seja capaz fornecer elementos para o processo de tomada de decisão quanto a recomendação de implantação de determinada fonte de energia renovável numa determinada região do território brasileiro.

1.2 Objetivos Específicos

Estudar as variáveis necessárias para recomendação de alocação de Fontes Renováveis de Energia, bem como limitá-las ao contexto do trabalho.

Estudar a relação entre energias renováveis eólica e solar com as variáveis elencadas.

Propor uma metodologia de apoio a decisão para combinar as variáveis de acordo com critérios estabelecidos através do uso de lógica fuzzy e AHP.

Georreferenciar os resultados obtidos.

1.3 Estrutura e Conteúdo

O presente trabalho está dividido em 6 (seis) capítulos considerando a presente introdução e desconsiderando referências bibliográficas.

A introdução, bem como os objetivos gerais e objetivos específicos são apresentados no capítulo 1.

O capítulo 2, trata da revisão bibliográfica, onde é apresentado um panorama dos conceitos utilizados neste trabalho, bem como as aplicações apresentadas na literatura.

A proposta do trabalho baseado em inteligência de negócios em energias renováveis é apresentada no capítulo 3. Neste capítulo ainda todas as variáveis são apresentadas de forma detalhada.

No capítulo 4 são apresentadas a camada de Mineração de Dados, a camada de Análise Fuzzy, a camada de Análise AHP e todo o desenvolvimento de cada camada e suas etapas.

A discussão e resultados da camada final, de Inteligência de Negócios são discutidos no capítulo 5.

O capítulo 6 trata das conclusões .

6 CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados alcançados, percebe-se o método AHP combinado a lógica fuzzy e mineração de dados, como uma ferramenta eficiente para a seleção e análise dos critérios necessários para analisar o problema proposto. Os estudos apresentados neste trabalho ilustram o desenvolvimento da metodologia, para geração de Recomendação Solar e Recomendação Eólica. Em termos de Energia Solar, o Brasil mostrou-se potencialmente capaz de atender a demanda de energia elétrica de centenas de vezes o necessário para o país. De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2026 - estima-se que a capacidade instalada de geração solar chegue a 13 GW em 2026, sendo 9,6 GW de geração centralizada e 3,4 GW de geração distribuída. Essa proporção poderá chegar em até 5,7% da potência total. No Brasil, as usinas solares de grande porte estão distribuídas, principalmente, em nove estados: Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Minas Gerais, São Paulo e Tocantins, segundo informações do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Estes locais foram também classificados como favoráveis neste trabalho.

No que diz respeito a recomendação de energia eólica, o resultado também foi satisfatório dentro das análises feitas, demonstrando que a energia eólica no país tem potencial praticamente inesgotável. De acordo com os mapas, é possível notar que as áreas do Nordeste e Sul são muito favoráveis para instalação de energia eólica, o que condiz com dados disponibilizados pelo *Wind Energy Report 2020* - ABEEólica, do total de 15 GW de capacidade instalada, 13 GW estão no Nordeste e 2 GW no Sul. Entre os estados do Acre e do Amazonas há uma margem classificada como "moderado" tanto para Potencial Eólico quanto para Potencial Solar, que representa a linha de transmissão ali existente, não impactando negativamente a análise, pelo contrário, agregando informação.

Vale ressaltar o tempo de processamento dos dados aqui representados. Como citado no Capítulo 4 na etapa de desenvolvimento, foram manipulados 11 arquivos de entrada, resultantes da tabela de atributos da álgebra de mapas, sendo necessário rodar um *script* personalizado no Matlab com as regras fuzzy para gerar 11 arquivos de saída com os dados fuzzyficados. O tempo de execução de cada um destes 11 arquivos variou entre 1h30m a 2h. Após esta etapa, o processo de manipulação no *software* ArcGis levou mais 48h de processamento, desconsiderando o tempo de manipulação dos dados. Sendo assim, é notório que há um custo computacional alto para a geração Potencial Eólico. Esta etapa não foi paralelizada nem distribuída em uma infraestrutura de nuvem pela limitação dos *softwares* utilizados, sendo executada de forma sequencial e local. Muitas vezes, é necessária a reformatação dos dados (normalização neste caso) para prosseguir

e encontrar padrões de acordo com o objetivo estipulado, isso faz parte do processo de descoberta de conhecimento (KDD) que dá suporte à Inteligência de Negócios.

Finalmente, através de álgebra de mapas com AHP, o mapa final de recomendação foi composto usando a função de sobreposição para combinar todas as camadas. Este mapa mostrou as áreas com percentuais mais e menos adequadas para localizar um parque eólico e solar bem como as possíveis inviabilidades presentes em cada ponto como mostrado na Figura 15. A combinação de Lógica Fuzzy com o Processo Hierárquico Analítico (AHP) foi embasado na literatura, sendo aplicada em diversas áreas (CELIK; ER; OZOK, 2009), (CHAN; KUMAR, 2007), (JUNIOR, 2015), (SANTOS, 2017).

Em termos de extração de conhecimento e mineração de dados, é possível encontrar resultados variados: Desde aqueles que confirmem o óbvio, um conhecimento novo ou até mesmo nenhum relacionamento encontrado (dados aleatórios). Um dos grandes problemas desta área de "*Data Mining*" é a identificação dos dados relevantes, a representação destes dados e a busca por modelos ou padrões válidos. Todas as etapas de acordo com a literatura (FAYYAD; PIATETSKY-SHAPIRO; SMYTH, 1996b) foram seguidas.

Este trabalho apresentou uma Metodologia de Inteligência de Negócios para Recomendação de Alocação de Fontes Renováveis de Energia, para combinar diversas variáveis tais como Potencial Solar, Potencial Eólico (calculado através de outras variáveis), Declividade, Distância da linha de transmissão, Investimento Eólico, Investimento Solar, Consumo de energia elétrica, Geotecnia, com propósito de dar suporte à decisão para recomendação para implantação de energia solar ou eólica. A metodologia aqui proposta utilizou-se de técnicas variadas, através da correlação de diferentes dados de entrada, sendo capaz fornecer uma recomendação de implantação de determinada fonte de energia renovável em uma região do território brasileiro.

Assim sendo, a utilização desta metodologia permite a realização da inteligência de negócios em Energias Renováveis, melhorando a tomada de decisão e a recomendação de implantação. O uso conjunto das várias variáveis do modelo hierárquico aprimora o processo de descoberta do conhecimento das regiões mais favoráveis e indicadas para energia solar e eólica. A informação e o conhecimento geram benefícios legais e estratégicos proporcionando maior segurança na aplicação de determinada estratégia e autonomia no uso de dados brutos.

7 Referências Bibliográficas

ABDELKADER, M. et al. A comparative analysis of the performance of monocrystalline and multi-crystalline pv cells in semi arid climate conditions: the case of Jordan. *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering*, Citeseer, v. 4, n. 5, 2010.

ABDULKARIM, A. et al. State of the art in research on optimum design, reliability and control of renewable energy microgrids. *ELEKTRIKA-Journal of Electrical Engineering*, v. 17, n. 3, p. 23–35, 2018.

ABSOLAR. *Usinas Solares de Grande Porte atingem 5 GW e R\$26,7 Bilhões de Investimentos no Brasil*. 2022. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/usinas-solares-de-grande-porte-atingem-5-gw-e-r267-bilhoes-de-investimentos-no-brasil/>>.

ABSOLAR, N. 2022. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/>>.

AFFELDT, F. S.; JUNIOR, S. et al. Information architecture analysis using business intelligence tools based on the information needs of executives. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, SciELO Brasil, v. 10, n. 2, p. 251–270, 2013.

ALI, N. R.; HACIMAHMUD, V. A. Methodology of expert system building. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, v. 2, n. 3, p. 140–146, 2020.

ALVARENGA, L. H. V. et al. Comparação de procedimentos de amostragem na precisão de inventário florestal em fragmento de floresta estacional semidecidual. In: *XIX Congresso de Pós-graduação da UFLA*. [S.l.: s.n.], 2010.

ALVES, D. R. da S.; LIRA, M. A. T. Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de energia solar fotovoltaica em unidade consumidora no aeroporto de teresina no estado do piauí. In: . [S.l.]: CBENS, 2018.

AMARANTE, O. D. *Atlas do potencial eólico brasileiro*. [S.l.: s.n.], 2001.

AMARANTE, O. D. *Atlas do potencial eólico brasileiro - Simulações 2013*. [S.l.: s.n.], 2013.

ANEEL. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/ranking-das-tarifas>>.

ANEEL. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/com-acrescimo-de-601-5-mw-maio-tem-a-maior-expansao-da-geracao-em-2022>>.

ARCGIS. 2006. Disponível em: <<https://www.arcgis.com/index.html>>.

ASSOCIATION, E. W. E. *The economics of wind energy*. [S.l.]: EWEA, 2009.

AYYOUBZADEH, S. M. et al. Predicting covid-19 incidence through analysis of google trends data in iran: data mining and deep learning pilot study. *JMIR Public Health and Surveillance*, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 6, n. 2, p. e18828, 2020.

- AZMA, F.; MOSTAFAPOUR, M. A. Business intelligence as a key strategy for development organizations. *Procedia Technology*, Elsevier, v. 1, p. 102–106, 2012.
- BABAN, S. M.; PARRY, T. Developing and applying a gis-assisted approach to locating wind farms in the uk. *Renewable energy*, Elsevier, v. 24, n. 1, p. 59–71, 2001.
- BAHRAMI, M.; ARABZAD, S. M.; GHORBANI, M. Innovation in market management by utilizing business intelligence: introducing proposed framework. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 41, p. 160–167, 2012.
- BARBOSA, L. Álgebra de mapas. *IFMG*, 2016.
- BHAT, I. K. e. a. Lca of renewable energy for electricity generation systems—a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 13, n. 5, p. 1067–1073, 2009.
- BIROL, F. et al. Key world energy statistics 2017. *International Energy Agency (IEA)*, v. 3, 2017.
- BLANKENHORN, V.; RESCH, B. Determination of suitable areas for the generation of wind energy in germany: Potential areas of the present and future. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 3, n. 3, p. 942–967, 2014.
- BORGES, P. de A. et al. Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of precipitation distribution in distrito federal, brazil. *Theoretical and applied climatology*, Springer, v. 123, n. 1-2, p. 335–348, 2016.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. institui o sistema nacional de unidades de conservação da natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, n. 138, p. 1–1, 2000.
- BRASIL, R. F. do. *Valores de Terra Nua (VTN)*. 2021. [Urlhttps://www.gov.br/receitafederal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos-tecnicos/vtn](https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos-tecnicos/vtn).
- BURSTEIN, F.; HOLSAPPLE, C. W. *Handbook on decision support systems 2: variations*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2008.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; MAGALHÃES, G. C. Anatomia de sistemas de informação geográfica. 1997.
- CANEPPELE, F. de L.; SERAPHIM, O. J. Aplicação da teoria fuzzy no controle de sistemas de geração de energias alternativas. *Energia na Agricultura*, v. 25, n. 3, p. 24–41, 2010.
- CASANOVA, M. A. et al. *Banco de dados geográficos*. [S.l.]: MundoGEO Curitiba, 2005.
- CELIK, M.; ER, I. D.; OZOK, A. F. Application of fuzzy extended ahp methodology on shipping registry selection: The case of turkish maritime industry. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 36, n. 1, p. 190–198, 2009.
- CHAN, F. T.; KUMAR, N. Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended ahp-based approach. *Omega*, Elsevier, v. 35, n. 4, p. 417–431, 2007.

- CHANG, N.-B.; CHANG, Y.-H.; CHEN, H.-W. Fair fund distribution for a municipal incinerator using gis-based fuzzy analytic hierarchy process. *Journal of Environmental Management*, Elsevier, v. 90, n. 1, p. 441–454, 2009.
- CHEUNG, C.; LI, F. A quantitative correlation coefficient mining method for business intelligence in small and medium enterprises of trading business. *Expert systems with applications*, Elsevier, v. 39, n. 7, p. 6279–6291, 2012.
- CORONEL, T.; BUZARQUIS, E.; BLANCO, G. A. Analyzing energy storage system for energy arbitrage. In: IEEE. *2017 IEEE URUCON*. [S.l.], 2017. p. 1–4.
- CORRÊA, Â.; SFERRA, H. Conceitos e aplicações de data mining. *Revista de ciência & tecnologia*, v. 11, p. 19–34, 2003.
- CORRÊA, A. G. et al. Climatologia dos ventos e potencial eólico offshore de santa catarina. 2018.
- COSTA, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. *Niterói: HGC*, 2002.
- COSTA, P. C. d. S. *Tendências e ciclos médios da velocidade do vento e complementaridade energética em regiões próximas a empreendimentos eólicos no Nordeste do Brasil*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.
- CUSTÓDIO, R. dos S. *Energia eólica para produção de energia elétrica*. [S.l.]: Eletrobrás, 2009.
- DASKIN, M. S. *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.
- DAVIS, B. E. *GIS: A visual approach*. [S.l.]: Cengage Learning, 2001.
- DELBARI, M.; AFRASIAB, P.; JAHANI, S. Spatial interpolation of monthly and annual rainfall in northeast of iran. *Meteorology and Atmospheric Physics*, Springer, v. 122, n. 1-2, p. 103–113, 2013.
- DEVASIA, T.; VINUSHREE, T.; HEGDE, V. Prediction of students performance using educational data mining. In: IEEE. *2016 International Conference on Data Mining and Advanced Computing (SAPIENCE)*. [S.l.], 2016. p. 91–95.
- DINCER, I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 4, n. 2, p. 157–175, 2000.
- DOORGA, J. R.; RUGHOOPUTH, S. D.; BOOJHAWON, R. Multi-criteria gis-based modelling technique for identifying potential solar farm sites: A case study in mauritius. *Renewable energy*, Elsevier, v. 133, p. 1201–1219, 2019.
- DORVLO, A. S. Estimating wind speed distribution. *Energy Conversion and Management*, Elsevier, v. 43, n. 17, p. 2311–2318, 2002.
- DOŠEN, D.; ŽNIDAREC, M.; ŠLJIVAC, D. Measurement data acquisition system in laboratory for renewable energy sources. In: IEEE. *2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*. [S.l.], 2019. p. 1–6.

- DOU, C. et al. Hybrid model for renewable energy and loads prediction based on data mining and variational mode decomposition. *IET Generation, Transmission & Distribution*, IET, v. 12, n. 11, p. 2642–2649, 2018.
- D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, p. 32, 2001.
- ECKERSON, W. W. Tdwi bi benchmark report. *TDWI, Chatsworth*, 2009.
- ELLIOTT, D. Renewable energy and sustainable futures. *Futures*, v. 32, n. 3-4, p. 261–274, 2000.
- ENERDATA., G. E. S. 2015. (<https://yearbook.enerdata.net/>).
- ENERGES. 2020.
- ENERGÉTICA, E.-E. de P. Plano nacional de energia 2030. *Rio de Janeiro: EPE*, p. 1970–2010, 2007.
- ENERGIA, C. de; TRINITY, B. Investimento: Parque solar x eólico. 2019.
- EPBR. 2022. Disponível em: <<https://epbr.com.br/energia-solar-avanca-na-amazonia-mas-por-que-tao-lentamente/>>.
- EPE. Consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas). *EPE*, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>.
- EPE, E. de P. E. O compromisso do brasil no combate às mudanças climáticas: produção e uso de energia. *MME: Rio de Janeiro, Brasil*, 2016.
- ERSHADI, H.; KARIMIPOUR, A. Present a multi-criteria modeling and optimization (energy, economic and environmental) approach of industrial combined cooling heating and power (cchp) generation systems using the genetic algorithm, case study: a tile factory. *Energy*, Elsevier, v. 149, p. 286–295, 2018.
- ETTAH, E.; ENO, E.; UDOIMUK, A. The effects of solar panel temperature on the power output efficiency calabar, nigeria. *Journal of Association of Radiographers of Nigeria*, v. 23, p. 16–22, 2009.
- EVANS ANNETTE; STREZOV, V. E. T. J. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 13, n. 5, p. 1082–1088, 2009.
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, v. 17, n. 3, p. 37–37, 1996.
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, v. 17, n. 3, p. 37–37, 1996.
- FILHO, L. R. G. et al. Caracterização analítica e geométrica da metodologia geral de determinação de distribuições de weibull para o regime eólico e suas aplicações. *Engenharia Agrícola*, SciELO Brasil, v. 31, n. 1, p. 56–66, 2011.
- FIPEZAP. 2022. Disponível em: <<https://fipezap.zapimoveis.com.br/>>.

- FLORENZANO, T. G. Introdução à geomorfologia. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, p. 11–30, 2008.
- GEORGIOU, G. S.; CHRISTODOULIDES, P.; KALOGIROU, S. A. Implementing artificial neural networks in energy building applications—a review. In: IEEE. *2018 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)*. [S.l.], 2018. p. 1–6.
- GLOSSARY, G. *Definition of Business Intelligence*. [S.l.]: Saatavissa: [https://www.gartner.com/it-glossary/business-intelligence-bi ...](https://www.gartner.com/it-glossary/business-intelligence-bi...), 2013.
- GOKILAVANI, N. S.; PRABHAKARAN, D. D.; KANNADASAN, D. T. Experimental studies and cfd modeling on solar distillation system. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, v. 3, n. 9, p. 15818–22, 2014.
- GOMIDE, F. A. C.; GUDWIN, R. R. Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy. *SBA controle & Automação*, v. 4, n. 3, p. 97–115, 1994.
- GREENPEACE. 2020. (<https://www.greenpeace.org/brasil/>).
- GTES, G. d. T. d. E. S. *GTES. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. [S.l.]: PRC–Prodem, 2014.
- GUENOUNOU, A.; MALEK, A.; AILLERIE, M. Comparative performance of pv panels of different technologies over one year of exposure: Application to a coastal mediterranean region of algeria. *Energy Conversion and Management*, Elsevier, v. 114, p. 356–363, 2016.
- GWA, V. E. S. M. A. P. E. Global wind atlas. *World Bank Group*, 2020. <https://globalwindatlas.info/>.
- GWEC. 2022. Disponível em: <<https://gwec.net/global-wind-report-2022/>>.
- GWEC, G. W. E. *Global Wind Report 2017*. 2018.
- GÓRALCZYK, M. Life-cycle assessment in the renewable energy sector. *Applied Energy*, v. 75, n. 3-4, p. 205–211, 2003.
- HALPERN, F. Next-generation analytics and platforms for business success: tdwi research report. *Available on: www.tdwi.org*, 2015.
- HAYASHI, Y.; HSIEH, M.-H.; SETIONO, R. Understanding consumer heterogeneity: A business intelligence application of neural networks. *Knowledge-Based Systems*, Elsevier, v. 23, n. 8, p. 856–863, 2010.
- HEO, E.; KIM, J.; BOO, K.-J. Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy ahp. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 14, n. 8, p. 2214–2220, 2010.
- HERNANDEZ, H. Multivariate probability theory: Determination of probability density functions. *ForsChem Research Reports*, v. 13, 2017.
- HSIEH, K.-L. Employing a recommendation expert system based on mental accounting and artificial neural networks into mining business intelligence for study abroad’s p/s recommendations. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 38, n. 12, p. 14376–14381, 2011.

- HU, Y. et al. Artificial intelligence approaches. *arXiv preprint arXiv:1908.10345*, 2019.
- IBGE. *SINAPI*. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=destaques>>.
- IBGE, P. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>.
- IBGE, R. Sigras2000: O referencial geocêntrico do brasil. In: *Ponto de Referência*. [S.l.]: IBGE, 2006.
- IEA, E. B.-S. *Paris: International Energy Agency, 2015*. 2017.
- INPE. Atlas brasileiro de energia solar. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, v. 2^a edição, 2017. [Http://labren.ccst.inpe.br/atlas2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas2017.html).
- ISLAM, M. S. A techno-economic feasibility analysis of hybrid renewable energy supply options for a grid-connected large office building in southeastern part of france. *Sustainable cities and society*, Elsevier, v. 38, p. 492–508, 2018.
- JACOBSEM, G. et al. Critérios geográficos para implantação de parques eólicos: o papel do clima e dos sistemas de informações geográficas. Florianópolis, SC, 2022.
- JANKE, J. R. Multicriteria gis modeling of wind and solar farms in colorado. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 35, n. 10, p. 2228–2234, 2010.
- JESTON, J.; NELIS, J. *Business process management*. [S.l.]: Routledge, 2014.
- JHA, S. K. et al. Renewable energy: Present research and future scope of artificial intelligence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 77, p. 297–317, 2017.
- JUNIOR, C. H. L. S. Lógica fuzzy e processo analítico hierárquico (ahp) aplicados ao zoneamento de áreas suscetíveis a deslizamentos: uma revisão. *Revista Monografias Ambientais*, v. 14, n. 3, p. 42–55, 2015.
- JUSTUS, C. et al. Methods for estimating wind speed frequency distributions. *Journal of applied meteorology*, v. 17, n. 3, p. 350–353, 1978.
- KAHRAMAN, C.; KAYA, İ.; CEBİ, S. A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process. *Energy*, Elsevier, v. 34, n. 10, p. 1603–1616, 2009.
- KALDELLIS, J.; ZAFIRAKIS, D. Optimum energy storage techniques for the improvement of renewable energy sources-based electricity generation economic efficiency. *Energy*, Elsevier, v. 32, n. 12, p. 2295–2305, 2007.
- KAUFMANN, J. Cross-company business intelligence: Definition, model, and quality measurement. 2016.
- KHOSRAVI, A. Prediction of solar/wind energy in a hybrid renewable energy system using artificial intelligence. Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

- KLEESUWAN, S. et al. Business intelligence in thailand's higher educational resources management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 2, n. 1, p. 84–87, 2010.
- KLEISSNER, C. Data mining for the enterprise. In: IEEE. *Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on System Sciences*. [S.l.], 1998. v. 7, p. 295–304.
- KONSTANTINOS, I.; GEORGIOS, T.; GARYFALOS, A. A decision support system methodology for selecting wind farm installation locations using ahp and topsis: Case study in eastern macedonia and thrace region, greece. *Energy Policy*, Elsevier, v. 132, p. 232–246, 2019.
- LAUNDON, K. C.; LAUNDON, J. P. Sistemas de informação com internet. *LTC, Rio de Janeiro*, 1999.
- LECH, P. Metodyka ekonomicznej oceny przedsięwzięć informatycznych wspomagających zarządzanie organizacją. *Harvard Business Review*, 1986.
- LI, J.; HEAP, A. D. A review of spatial interpolation methods for environmental scientists. *Geoscience Australia Canberra*, 2008.
- LI, Z. et al. An adjusted inverse distance weighted spatial interpolation method. In: ATLANTIS PRESS. *2018 3rd International Conference on Communications, Information Management and Network Security (CIMNS 2018)*. [S.l.], 2018.
- LIEBOWITZ, J. *The handbook of applied expert systems*. [S.l.]: cRc Press, 2019.
- LIMA, F. J. L. de; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E. P. de. Avaliação do potencial eólico em cinco regiões do estado da paraíba. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 27, n. 1, p. 138–153, 2010.
- LIRA, K. C. d. S.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Classificação de fragilidade ambiental em bacia hidrográfica usando lógica fuzzy e método ahp. *Sociedade & Natureza, SciELO Brasil*, v. 34, 2022.
- LOSHIN, D. *Business intelligence: the savvy manager's guide*. [S.l.]: Newnes, 2012.
- LU, L.; YANG, H.; BURNETT, J. Investigation on wind power potential on hong kong islands—an analysis of wind power and wind turbine characteristics. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 27, n. 1, p. 1–12, 2002.
- LUN, I. Y.; LAM, J. C. A study of weibull parameters using long-term wind observations. *Renewable energy*, Elsevier, v. 20, n. 2, p. 145–153, 2000.
- MA, T. et al. The optimal structure planning and energy management strategies of smart multi energy systems. *Energy*, Elsevier, v. 160, p. 122–141, 2018.
- MACEDO, C. A. A.; ALBUQUERQUE, A. A. d.; MORALLES, H. F. Analysis of economic and financial viability and risk evaluation of a wind project with monte carlo simulation. *Gestão & Produção, SciELO Brasil*, v. 24, n. 4, p. 731–744, 2017.
- MAHMOUD, D. F.; MOUSSA, S.; BADR, N. The evolution of data mining techniques to big data analytics: an extensive study with application to renewable energy data analytics. *Asian Journal of Applied Sciences*, v. 4, n. 3, 2016.

- MAJUMDAR, J.; NARASEEYAPPA, S.; ANKALAKI, S. Analysis of agriculture data using data mining techniques: application of big data. *Journal of Big data*, Springer, v. 4, n. 1, p. 20, 2017.
- MAMDANI, E.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of human-computer studies*, Elsevier, v. 51, n. 2, p. 135–147, 1999.
- MANIKANDAN, V. et al. Privacy preserving data mining using threshold based fuzzy cmeans clustering. *ICTACT Journal on Soft Computing*, v. 9, n. 1, 2018.
- MARTINS, F. R. et al. Atlas brasileiro de energia solar 2. Inpe, 2017.
- MARTINS, F. R. et al. Mapeamento dos recursos de energia solar no brasil. In: *XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*. —Florianópolis: SC. [S.l.: s.n.], 2007. v. 27.
- MCNEILL, D.; FREIBERGER, P. *Fuzzy logic: The revolutionary computer technology that is changing our world*. [S.l.]: Simon and Schuster, 1994.
- MELLIT, A.; KALOGIROU, S. A. A survey on the application of artificial intelligence techniques for photovoltaic systems. In: *McEvoy's Handbook of Photovoltaics*. [S.l.]: Elsevier, 2018. p. 735–761.
- MENDES, P. G. *Desenvolvimento de uma aplicação SIG no apoio à gestão da rega: o caso de estudo do Alentejo (Portugal)*. Tese (Doutorado), 2013.
- MITCHELL CATHERINE; CONNOR, P. Renewable energy policy in the uk 1990–2003. *Energy policy*, v. 32, n. 17, p. 1935–1947, 2004.
- MOODLEY, R. et al. A product-centric data mining algorithm for targeted promotions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, Elsevier, v. 54, p. 101940, 2020.
- MORTENSEN, N. G. et al. Wind atlas analysis and application program (wasp): Vol. 1: Getting started. Risø National Laboratory, 1998.
- MOURA, K. *Ciclo de Vida dos dados 1*. Medium, 2021. Disponível em: <<https://medium.com/@kvmoura/kdd-process-9b8e3062142>>.
- MULLER, M. D. e. a. Uso de ferramentas de geoprocessamento para mapeamento e estimativa de biomassa florestal no brasil. *Boletim Técnico RENABIO*, 2006.
- NASCIMENTO, R. L. Energia solar no brasil: situação e perspectivas. *Camara dos Deputados. Brasil., Tech. Rep*, 2017.
- NEGASH, S.; GRAY, P. Business intelligence. In: *Handbook on decision support systems 2*. [S.l.]: Springer, 2008. p. 175–193.
- NETO, A. B. de O. et al. Multiparametric identification of favorable regions for wind or solar generation in the state of pernambuco. *IEEE Latin America Transactions*, IEEE, v. 20, n. 6, p. 891–900, 2022.
- NETO, A. M. Análise multicritérios como ferramenta de identificação de áreas aptas à expansão da dendeicultura na bacia hidrográfica do rio acará, pa. UFRA/Campus Belém, 2021.

- NETO, J. A. et al. Evolução e perspectivas do setor eólico no brasil: análise dos principais estados produtores. UniCesumar, 2020.
- NETO, J. F. L. Mapa de declividade em percentual do relevo brasileiro. *Rio de Janeiro: CPRM*, 2013.
- NICOLETTI R. S. ; MASSIMINI, B. . R. L. L. Analise da viabilidade da implantacao de um parque eolico: Estudo de caso do município de sao carlos. *13º Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2016, Poços de Caldas. Anais Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*, 2016.
- NOOROLLAHI, Y.; YOUSEFI, H.; MOHAMMADI, M. Multi-criteria decision support system for wind farm site selection using gis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Elsevier, v. 13, p. 38–50, 2016.
- OLIVA, R. et al. La normativa iec para sistemas eólicos e híbridos aislados, y la utilización de tecnologías de medición remota: aplicación en contexto patagónico. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, v. 25, p. 234–245, 2021.
- OMITAOMU, O. A. et al. Adapting a gis-based multicriteria decision analysis approach for evaluating new power generating sites. *Applied Energy*, Elsevier, v. 96, p. 292–301, 2012.
- ONS. Sistema interligado nacional. *Operador Nacional do Sistema Elétrico. note = "Disponível:<<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>"*, 2019.
- OZAWA, M. T. *Aplicação de parâmetros da distribuição de Weibull na análise do potencial energético de um microgerador eólico em cidades do estado do Paraná*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- PANWAR N. L.; KAUSHIK, S. C. K. S. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2011.
- PARIDA, B.; INIYAN, S.; GOIC, R. A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, Elsevier, v. 15, n. 3, p. 1625–1636, 2011.
- PEHNT, M. Dynamic life cycle assessment (lca) of renewable energy technologies. *Renewable energy*, v. 31, n. 1, p. 55–71, 2006.
- PEÑA, M. et al. Rule-based system to detect energy efficiency anomalies in smart buildings, a data mining approach. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 56, p. 242–255, 2016.
- PERAZA, D. G. Estudo de viabilidade da instalação de usinas solares fotovoltaicas no estado do rio grande do sul. 2013.
- PEREIRA, C. A. A.; ESCOLANO, T. O.; PASTORE, V. O. Avaliação de aptidão técnica e socioambiental para implantação de parques solares fotovoltaicos com sistema de informação geográfica-sig. *Revista Internacional de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 23–42, 2020.
- PEREIRA, G. N. Análise de viabilidade técnica e econômica para a instalação de usina solar fotovoltaica nos 5 principais aterros do brasil. 2019.

- PETRINI, M.; POZZEBON, M.; FREITAS, M. T. Qual é o papel da inteligência de negócios (bi) nos países em desenvolvimento? um panorama das empresas brasileiras. *Anais do 28º ENANPAD, Curitiba-PN*, 2004.
- PIMENTA, L. B. *Espacialização das áreas favoráveis à expansão da fronteira agrícola no estado do Pará: uma avaliação multicritério apoiada por geoprocessamento. 99 f.* Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de Pós Graduação em ..., 2018.
- POOLE, D.; MACKWORTH, A. *Artificial Intelligence-Foundations of Computational Agents. 2010*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2017.
- PRIMAK, F. V. *Decisões com bi (business intelligence)*. [S.l.]: Fabio Vinicius Primak, 2008.
- PULLAR, D. Simulation modelling applied to runoff modelling using mapscript. *Transactions in GIS*, Wiley Online Library, v. 7, n. 2, p. 267–283, 2003.
- RAMACHANDRA, T.; SHRUTHI, B. Spatial mapping of renewable energy potential. *Renewable and sustainable energy reviews*, Elsevier, v. 11, n. 7, p. 1460–1480, 2007.
- RAVAL, K. M. Data mining techniques. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Citeseer, v. 2, n. 10, 2012.
- REN21. Renewables 2019: Global status report. *REN21 Secretariat*, 2019.
- RESCH, B. et al. Gis-based planning and modeling for renewable energy: Challenges and future research avenues. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 3, n. 2, p. 662–692, 2014.
- REZK, H. et al. Performance of data acquisition system for monitoring pv system parameters. *Measurement*, Elsevier, v. 104, p. 204–211, 2017.
- ROSA, M. V. d. et al. Análise de custos diretos: comparativo de um orçamento de unidade habitacional realizado com base no sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil—sinapisi e preços locais da praça de barra do garças/mt. Universidade Federal de Mato Grosso, 2019.
- ROSSONI, F. *Estudo da viabilidade técnica para implantação de parque eólico na microregião sudoeste do Paraná e oeste de Santa Catarina*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. *Artificial intelligence: a modern approach. Malaysia*. [S.l.]: Pearson Education Limited, 2016.
- RUVIARO R.S.; DALTROZO, J. G. L. L. W. S. I. P. Análise da variação da eficiência do módulo fotovoltaico em função da temperatura. *VII Congresso Brasileiro de Energia Solar*, 2018.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, Elsevier, v. 9, n. 3-5, p. 161–176, 1987.
- SAATY, T. L.; SODENKAMP, M. Making decisions in hierarchic and network systems. *International Journal of Applied Decision Sciences*, Inderscience Publishers, v. 1, n. 1, p. 24–79, 2008.

- SAH, B. P.; WIJAYATUNGA, P. Geographic information system-based decision support system for renewable energy development: An indonesian case study. Asian Development Bank, 2017.
- SALES, J. C. A. et al. Proposal of methodology for spatial analysis applied to human development index in water basins. *GeoJournal*, Springer, v. 84, n. 3, p. 813–828, 2019.
- SANTOS, H. dos et al. O novo mapa de solos do brasil: legenda atualizada. *Embrapa Solos-Docmentos (INFOTECA-E)*, Rio de janeiro: Embrapa Solos, 2011., 2011.
- SANTOS, H. G. dos et al. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. [S.l.]: Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.
- SANTOS, M. dos. Aplicação da lógica fuzzy e do processo de análise hierárquica no desenvolvimento de uma armadilha elétrica sustentável. *Blucher Design Proceedings*, v. 3, n. 12, p. 179 – 189, 2017. ISSN 2318-6968. Disponível em: <www.proceedings.blucher.com.br/article-details/aplicao-da-lgica-fuzzy-e-do-processo-de-anlise-hierrquica-no-desenvolvimento-de-uma-armadilha-eltrica-sustentvel-27482>.
- SANTOS, P. M. D. d. Procedimento para prospecção de potencial eólico com auxílio de sistemas de informação geográfica. 2015.
- SARMIENTO, N. et al. A solar irradiation gis as decision support tool for the province of salta, argentina. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 132, p. 68–80, 2019.
- SAUER, I. L. et al. Energias renováveis: ações e perspectivas na petrobras. *Bahia Análise & Dados, Salvador*, v. 16, p. 9–22, 2006.
- SCHMITZ, O. et al. Map algebra and model algebra for integrated model building. *Environmental modelling & software*, Elsevier, v. 48, p. 113–128, 2013.
- SEAH, M.; HSIEH, M. H.; WENG, P.-D. A case analysis of savecom: The role of indigenous leadership in implementing a business intelligence system. *International journal of information management*, Elsevier, v. 30, n. 4, p. 368–373, 2010.
- SEGURO, J.; LAMBERT, T. Modern estimation of the parameters of the weibull wind speed distribution for wind energy analysis. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, Elsevier, v. 85, n. 1, p. 75–84, 2000.
- SENADO. 2022. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2022/01/20/menor-parque-eolico-do-pais-joao-camara-rn-pode-se-tornar-capital-nacional-dos-ventos>>.
- SHEIKH, N. J.; KOCAOGLU, D. F.; LUTZENHISER, L. Social and political impacts of renewable energy: Literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, v. 108, p. 102–110, 2016.
- SHEN, W. et al. A comprehensive review of variable renewable energy levelized cost of electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 133, p. 110301, 2020.
- SHOAIB, M. et al. Assessment of wind energy potential using wind energy conversion system. *Journal of cleaner production*, Elsevier, v. 216, p. 346–360, 2019.

- SHU, K. et al. Fake news detection on social media: A data mining perspective. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, ACM New York, NY, USA, v. 19, n. 1, p. 22–36, 2017.
- SIDDIQUI, R.; BAJPAI, U. Deviation in the performance of solar module under climatic parameter as ambient temperature and wind velocity in composite climate. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, v. 2, n. 3, p. 486–490, 2012.
- SIGEL. *SIGEL*. 2022. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>>.
- SILVA, E. R. C. C. *Técnicas de Data e Text Mining Para Anotação de Um Arquivo Digital*. Dissertação (Mestrado), 2010.
- SILVA, E. Z. I. da; FERRARINI, A. d. S. F.; ALVES, A. F. Energia fotovoltaica: Avaliação da legislação setorial e de incidência solar nos municípios paranaenses. *Economia & Região*, v. 9, n. 1, p. 129–146, 2021.
- SILVA, G. R. *Características de Vento da Região Nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2003.
- SILVA, P. de C. et al. Otimização dos parâmetros da distribuição de weibull. 1999.
- SINGER, T. Information engineering. *Plant Engineering*, Reed Business Information, v. 55, n. 1, p. 30–32, 2001.
- SNIRH. 2019. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/9407d38f-84d2-48ea-97dd-ee152c493043>>.
- SOLARGIS, E. S. M. A. P. E. Global solar atlas. *World Bank Group*, 2020. <https://globalsolaratlas.info/map>.
- SOLOS, E. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. [S.l.]: Rio de Janeiro, 2018.
- SOUZA, R. C. *Previsão da distribuição da densidade de probabilidade da Geração de Energia Eólica usando técnicas não paramétricas*. Tese (Doutorado) — PUC-Rio, 2015.
- SPRAGUE, R.; WATSON, H. *Decision support*. [S.l.]: Prentice-Hall systems, 1986.
- STERNER, M.; THEMA, M. Comparison of storage systems. In: *Handbook of Energy Storage*. [S.l.]: Springer, 2019. p. 637–672.
- SUGANTHI, L.; INIYAN, S.; SAMUEL, A. A. Applications of fuzzy logic in renewable energy systems—a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, Elsevier, v. 48, p. 585–607, 2015.
- SYAHPUTRA, R.; ROBANDI, I.; ASHARI, M. Optimization of distribution network configuration with integration of distributed energy resources using extended fuzzy multi-objective method. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, v. 9, n. 3, p. 629–639, 2014.
- TASRI, A.; SUSILAWATI, A. Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in indonesia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Elsevier, v. 7, p. 34–44, 2014.

- TKACHENKO, V. et al. Assessment of information technologies influence on financial security of economy. *Journal of Security & Sustainability Issues*, v. 8, n. 3, 2019.
- TOLMASQUIM, M. T. Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. *EPE: Rio de Janeiro*, 2016.
- TOMCZAK, M. Spatial interpolation and its uncertainty using automated anisotropic inverse distance weighting (idw)-cross-validation/jackknife approach. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, v. 2, n. 2, p. 18–30, 1998.
- TOMLIN, C. D. *Geographic information systems and cartographic modelling*. [S.l.]: New Jersey, US: Prentice-Hall, 1990.
- TOMLIN, C. D. Map algebra: one perspective. *Landscape and Urban Planning*, Elsevier, v. 30, n. 1-2, p. 3–12, 1994.
- TURBAN, E. et al. Introdução a sistemas de informação: uma abordagem gerencial. 2007.
- TURNER, J. A. A realizable renewable energy future. *Science*, v. 285, n. 5428, p. 687–689, 1999.
- ULGEN, K.; HEPBASLI, A. Determination of weibull parameters for wind energy analysis of izmir, turkey. *International Journal of Energy Research*, Wiley Online Library, v. 26, n. 6, p. 495–506, 2002.
- UYAN, M. Gis-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (ahp) in karapinar region, konya/turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 28, p. 11–17, 2013.
- VAHIDNIA, M. et al. Fuzzy analytical hierarchy process in gis application. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 37, n. B2, p. 593–596, 2008.
- VALLEJO, L. R. Unidade de conservação: uma discussão teórica à luz dos conceitos de território e políticas públicas. *Geographia*, v. 4, n. 8, p. 57–78, 2002.
- VEIGA, F. R. Aplicação da busca cuco no ajuste de curvas de weibull para energia eólica utilizando dados de vento da cidade de petrolina. 2018.
- VICARI, M. et al. Mapeamento de áreas potenciais para implantação de aterro sanitário em passo fundo (rs), utilizando análise multicriterial. In: *Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente*. [S.l.: s.n.], 2012. v. 3.
- WANG, Y.-M.; LUO, Y.; HUA, Z. On the extent analysis method for fuzzy ahp and its applications. *European journal of operational research*, Elsevier, v. 186, n. 2, p. 735–747, 2008.
- WBC. World bank group. *International Development, Poverty, & Sustainability*, 2020. <https://www.worldbank.org/>.
- WEIBULL, W. Wide applicability. *Journal of applied mechanics*, v. 103, n. 730, p. 293–297, 1951.

WEIGMANN, P. R. et al. Metodologia para eficiência energética, otimização do consumo e combate ao desperdício de energia através da inserção da cultura empreendedora e fontes de inovação tecnológica. Florianópolis, SC, 2004.

YUE, C.-D.; YANG, G. G.-L. Decision support system for exploiting local renewable energy sources: A case study of the chigu area of southwestern taiwan. *Energy Policy*, Elsevier, v. 35, n. 1, p. 383–394, 2007.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and control*, Elsevier, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965.

ZHAI, P.; WILLIAMS, E. D. Analyzing consumer acceptance of photovoltaics (pv) using fuzzy logic model. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 41, p. 350–357, 2012.

ZOULIAS, E.; LYMBEROPOULOS, N. Techno-economic analysis of the integration of hydrogen energy technologies in renewable energy-based stand-alone power systems. *Renewable Energy*, Elsevier, v. 32, n. 4, p. 680–696, 2007.