

MAPEAMENTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL UTILIZANDO SOFTWARE LIVRE

Tales Renato de Lima Antônio¹ (IC), Cláudia Eliane da Matta (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Brasil. Energias Renováveis. Mapeamento.

Introdução

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade (United Nations, 2022). São 17 objetivos estabelecidos em 2015 pela Assembleia Geral das Nações Unidas para a Agenda 2030. Entre eles, o Objetivo 7 visa a promoção de energia limpa e acessível, com a meta de assegurar, até 2030, o acesso universal a serviços de energia confiáveis, sustentáveis, modernos e a preços acessíveis. Para isso, inclui o aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética, a melhoria da eficiência energética, o fortalecimento da cooperação internacional em tecnologias limpas, e a modernização da infraestrutura de energia nos países em desenvolvimento (United Nations, 2022).

A utilização de fontes alternativas de energia se torna ainda mais crucial quando consideramos que o setor de produção de energia é responsável por quase 75% das emissões globais de dióxido de carbono, contribuindo diretamente para o aumento dos gases de efeito estufa e o aquecimento global (Elavarasan *et al.*, 2020).

Nesse contexto, as fontes de energia renováveis surgem como uma alternativa viável à dependência de combustíveis fósseis, uma vez que a geração a partir das fontes tradicionais de energia tem acelerado as mudanças climáticas ao aumentar as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, as fontes de energias renováveis são vistas como soluções ecológicas e sustentáveis no contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, pois não produzem poluentes durante sua geração, minimizando assim o impacto ambiental (Rutkowska; Bartoszczuk; Singh, 2021).

Diante disso, é fundamental buscar soluções que promovam um futuro mais sustentável e verde (Goldthau; Tagliapietra, 2022). Nesse sentido, surgem os seguintes questionamentos: Quais são as fontes de energias renováveis no Brasil e onde estão localizadas?

É possível realizar este mapeamento utilizando um *software* livre? Qual o percentual de consumo de energia atendido por essas fontes no contexto brasileiro?

O objetivo deste artigo é apresentar o mapeamento dos projetos de energias renováveis no Brasil, utilizando *software* livre, e investigar qual o percentual de consumo de energia atendido por essas fontes no contexto brasileiro.

Desse modo, a contribuição deste trabalho é oferecer uma análise da questão energética atual, ressaltando o papel vital das energias renováveis para o desenvolvimento econômico, o acesso a serviços essenciais, o avanço tecnológico e a sustentabilidade ambiental.

Metodologia

Esta é uma pesquisa exploratória, de abordagem quantitativa, que tem como finalidade elucidar quais contribuições das fontes de energias renováveis para o suprimento energético brasileiro, para tanto buscou realizar o mapeamento dos projetos de energias renováveis no Brasil. A pesquisa exploratória, apresenta menor rigidez no planejamento, pois são planejadas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato (Gil, 2022). Na abordagem quantitativa, lidamos com fatos, ou seja, qualquer evento que possa ser considerado objetivo e mensurável (Appolinário, 2016).

Foi realizada uma pesquisa para explorar os *softwares* livres disponíveis para mapeamento e optou-se por utilizar o *Quantum Geographic Information System* (QGIS) por ser um sistema de informações geográficas gratuito e de código aberto que oferece suporte à visualização, edição e análise de dados geoespaciais. O sistema fornece uma infraestrutura para criar mapas e buscar informações geográficas a partir de um banco de dados geográficos.

A coleta de dados sobre os empreendimentos em operação no Brasil foi obtida pelo Sistema de Informações de Geração de dados abertos da Agência Brasileira de Energia Elétrica (ANEEL) (2024). Esta é

uma instituição vinculada ao governo brasileiro responsável pela regulação e fiscalização do setor elétrico no país que desempenha um papel no setor energético do Brasil. Além disso, a aquisição do mapa das unidades federativas do Brasil foi realizada no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e inserido no QGIS para o desenvolvimento do trabalho.

Para selecionar os dados, restringimos as informações para identificar os projetos em operação de energia solar, eólica, hidráulica e biomassa no contexto brasileiro, a fim de mapear a distribuição das instalações, bem como a potência fiscalizada gerada nos estados do Brasil, visando compreender a contribuição de cada fonte à matriz energética nacional.

Com isso, o mapeamento das localizações dos empreendimentos foi realizado utilizando o Sistema Geodésico de Referência Oficial do País (SIRGAS2000). Esse sistema permitiu a criação de um mapa de pontos que incorpora dados sobre a latitude e longitude dos locais de geração das fontes de energia. Assim, as localizações dos empreendimentos foram representadas por pontos no mapa do Brasil.

O mapeamento do potencial das energias renováveis usando dados geoespaciais auxilia na tomada estratégica de decisões (Ramachandra; Shruthi, 2005). Isso inclui a escolha de locais ideais para projetos de energia, considerando fatores como irradiação solar, velocidade do vento, topografia e disponibilidade de recursos hídricos. Além disso, permite estimar a capacidade de geração de energia em diferentes regiões, contribuindo para o planejamento sustentável de energia (Ramachandra; Shruthi, 2005).

Além disso, no que se refere ao mapeamento da potência elétrica gerada por cada fonte renovável nas instalações em diferentes estados brasileiros, a abordagem adotada envolveu a utilização da potência elétrica fiscalizada. Essa medida refere-se à potência elétrica total instalada em um estabelecimento ou instalação que está sujeita a fiscalização por parte das autoridades competentes.

Desta forma, foram elaborados mapas de potência utilizando um gradiente de cores, nos quais as tonalidades mais escuras indicam uma maior concentração de potência elétrica fiscalizada. A potência de cada estado reflete a soma da geração elétrica de todas as instalações localizadas dentro dos limites dessa unidade federativa.

Resultados e discussão

A partir da investigação dos resultados obtidos no mapeamento da energia limpa no Brasil, observa-se,

anualmente, um crescente protagonismo das fontes de energias renováveis, distribuídas em diversos pontos de geração ao longo do território nacional.

Verificou-se, também, a contribuição abundante das fontes renováveis à matriz energética brasileira, sendo a energia hidráulica historicamente preponderante, mas dividindo espaço com fontes emergentes como energia eólica, solar e biomassa. Nesse contexto, tem-se as principais fontes de energia nos estados brasileiros.

A região Sudeste destaca-se tanto em número de empreendimentos quanto em potência fiscalizada, sendo que a energia hidráulica possui maior capacidade instalada nestes estados. Na região Nordeste, a energia eólica se apresenta como a maior representante de geração na região, apesar disso, nos estados de Alagoas, Pernambuco, Maranhão e Sergipe a geração de energia hidráulica é predominante. Já nas regiões Centro-Oeste e Norte, há destaque para a bioenergia e a energia hidráulica, sabendo que a bioenergia contribui em menor escala e os estados que possuem a maior capacidade instalada desta fonte de energia são o Acre, Mato Grosso do Sul e Roraima. Na região Sul, a geração de energia hidráulica sobressai-se em comparação com outras fontes.

Com base nas informações geradas por este mapeamento, foram criados dois mapas. Conforme ilustrado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Principal fonte de energia renovável de cada estado brasileiro a partir do número de empreendimentos.

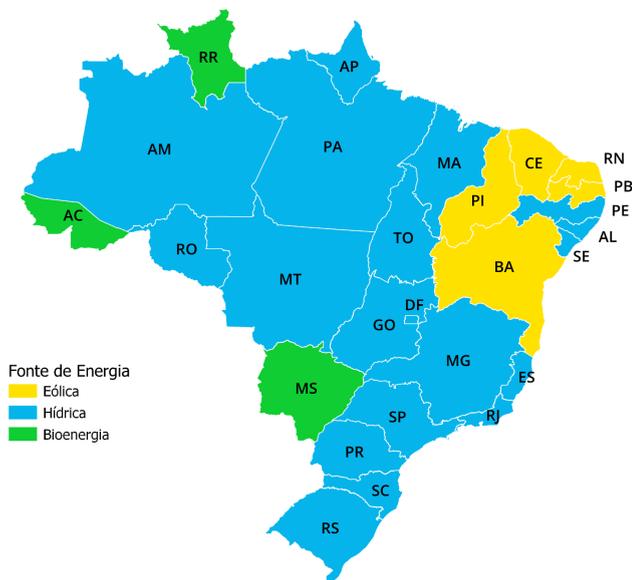


Fonte: Autoria própria (2024).

O mapa da Figura 7, que apresenta a energia renovável com maior número de empreendimentos em cada estado, nos permite identificar quais tipos de energia se destacam em cada região do país. Observa-se que a energia hidráulica é predominante nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil, refletindo a forte dependência desses estados das usinas hidrelétricas. No Nordeste, a energia eólica assume um papel de destaque, impulsionada pelas condições favoráveis de vento na região. Já na região Norte, há uma diversificação maior, com a presença significativa da bioenergia e das energias hidráulica e solar.

O mapa da Figura 8 mostra a capacidade instalada de fontes de energias renováveis em cada estado, considerando a contribuição de cada fonte por meio de sua potência fiscalizada. Essa análise tornou-se necessária para identificar o panorama energético do país, necessário para compreender o contexto no qual estas fontes estão inseridas, tendo em mente que elas são capazes de reduzir as emissões de gases do efeito estufa, contribuindo assim para mitigar os impactos das mudanças climáticas (Teixeira, 2023).

Figura 8 - Principal fonte de energia renovável de cada estado brasileiro a partir da potência fiscalizada.



Fonte: Autoria própria (2024).

Ainda, ao analisar as Figuras 7 e 8 e os dados obtidos neste trabalho, notamos que no Brasil, a energia hidráulica predomina, desempenhando um papel crucial no fornecimento de energia aos estados e na composição da matriz energética nacional. Destaca-se o papel da

energia eólica como fonte renovável representante da região Nordeste. Pode-se perceber, também, que embora a energia solar tenha uma presença significativa em termos de número de empreendimentos e esteja em crescimento no cenário atual, ainda não representa a principal fonte em termos de capacidade instalada em nenhum estado brasileiro.

Conclusões

O presente estudo teve como objetivo apresentar o mapeamento dos projetos de fontes de energias renováveis no Brasil com o auxílio do *software* QGIS. Para isso, utilizamos dados geoespaciais disponíveis SIGA, a fim de expor um panorama dessas fontes no território nacional.

Os resultados obtidos demonstram que, no contexto brasileiro, as energias renováveis se destacam como uma alternativa diante dos desafios enfrentados pelas fontes convencionais de energia, aliando-se aos ODS propostos pelas Nações Unidas. A partir da investigação dos dados fornecidos pelo SIGA, verificou-se o crescimento das fontes de energias renováveis nas diversas unidades federativas do país.

O contexto das energias renováveis foi marcado pelo crescimento das fontes eólica e solar, além do protagonismo da energia hidráulica na matriz energética do Brasil. Apesar de não apresentar um crescimento excessivo, verificou-se a grande participação da bioenergia na geração de energia e no uso de biocombustíveis.

Neste cenário, o mapeamento teve um papel relevante neste estudo, uma vez que proporcionou uma visão da distribuição geográfica das fontes das energias limpas no Brasil. Essa abordagem não apenas facilitou a compreensão dos dados, mas também ofereceu uma boa visualização da distribuição energética nacional.

A análise dos mapas revelou uma diversificação das fontes de energia renovável. Ficou evidente o destaque da energia hidráulica nos estados brasileiros, enquanto também foi possível observar a energia eólica como a principal fonte energética do Nordeste. Ademais, tem-se a bioenergia como uma fonte proeminente nos estados do Acre, Mato Grosso e Roraima.

Finalmente, dado que esta temática apresenta desafios que abrangem dimensões sociais, econômicas, tecnológicas, ambientais e institucionais, para trabalhos futuros sugere-se investigar as estratégias para integração das energias renováveis nos sistemas elétricos brasileiros.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e a Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **SIGA - Sistema de Informações de Geração da ANEEL**. Dados Abertos ANEEL, 2024. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/siga-sistema-de-informacoes-de-geracao-da-aneel>. Acesso em: 22 fev. 2024.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia científica**. São Paulo, SP: Cengage, 2026.

ELAVARASAN, Rajvikram Madurai; SHAFIULLAH, G.M.; PADMANABAN, Sanjeevikumar; KUMAR, Nallapaneni Manoj; ANNAM, Annapurna; VETRICHELVAN, Ajayragavan Manavalanagar; MIHET-POPA, Lucian; HOLM-NIELSEN, Jens Bo. A comprehensive review on renewable energy development, challenges, and policies of leading Indian States with an international perspective. **IEEE Access**, v. 8, p. 74432–74457, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9072152/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. Atlas, São Paulo, 2022.

GOLDTHAU, A.; TAGLIAPIETRA, S. Energy crisis: five questions that must be answered in 2023. **Nature**, London, v. 612, n. 7941, p. 627–630, dec. 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-04467-w>. Acesso em: 23 fev. 2024.

RAMACHANDRA, T. V.; SHRUTHI, B. V. Wind energy potential mapping in Karnataka, India, using GIS. **Energy Conversion and Management**, Amsterdam, v. 46, n. 9–10, p. 1561–1578, jun. 2005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890404001979>. Acesso em: 15 nov. 2023.

RUTKOWSKA, M.; BARTOSZCZUK, P.; SINGH, U. Management of green consumer values in renewable energy sources and eco innovation in India. **Energies**, Basel, v. 14, n. 21, p. 1-17, out. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/21/7061>. Acesso em: 23 fev. 2024.

SILVEIRA, Semida; ANDERSSON, Lars; LEBEDYS, Arvydas. Opportunities to boost bioenergy in Lithuania.

Biomass and Bioenergy, v. 30, n. 12, p. 1076–1081, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953406001292>. Acesso em: 17 ago. 2024.

TEIXEIRA, R. L. P. **Energias renováveis no nordeste do Brasil e as relações com a adaptação às mudanças climáticas**. 2023. 348f. Tese (Doutorado em Estudos Urbanos e Regionais) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2022**. New York, 2022. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.