



Semana Nacional de Engenharia Nuclear e da Energia e Ciências das Radiações – VI SENCIR
Belo Horizonte, 8 a 10 de novembro de 2022

Id.: EE-01

ANÁLISE POR MEIO DE MICRO INDICADORES DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO MINEIRO PARA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA EM MINAS GERAIS

¹Wilson P. B. Filho, ²Janayna V. M. Barbosa, ¹Carlos Eduardo V. Cabrera, ¹Antonella L. Costa

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Nuclear
Programa de Pós-graduação em Ciências e Técnicas Nucleares
Av. Antônio Carlos, 6627, Campus UFMG, Escola de Engenharia, Pampulha, CEP 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil

² Universidade Federal de Minas Gerais
Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil
Av. Antônio Carlos, 6627, Campus UFMG, Escola de Engenharia, Pampulha, CEP 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil

wilsonpbfilho33@gmail.com

Palavras-Chave: Energia eólica, Economia, Desenvolvimento Sustentável

RESUMO

Este estudo apresenta uma análise que pretende sugerir a área mais adequada para a implantação de empreendimentos eólicos em Minas Gerais levando em conta não somente o potencial eólico de geração, mas também o quanto uma determinada região tende a ser favorecida socioeconomicamente pela instalação de tal empreendimento. Trata de uma análise por meio dos micros indicadores socioeconômicos do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais – ZEE [1]. O ponto de partida é o Atlas Eólico de Minas Gerais que, com base no mapeamento do potencial eólico do estado, aponta as quatro melhores áreas promissoras para o desenvolvimento de empreendimentos no Estado, segundo um contexto de viabilidade técnica. Estas quatro áreas representadas são denominadas por meio das suas cidades polos. Segundo o ZEE, o ponto de partida de potencialidade social dos municípios e regiões deve ser identificado por meio de categorização dos municípios; para tanto, tomou-se como referência a comparação entre os dados do município e os dados de 853 municípios do estado de Minas Gerais. Desta forma pode situá-lo dentro de uma faixa que varia entre um número mínimo e máximo de cinco pontos, representado simbolicamente pelas cinco primeiras letras do nosso alfabeto. Os pontos que correspondem a cada categoria foram atribuídos. Como resultado da pontuação, foram plotadas cartas para cada indicador, para cada fator condicionante e para cada componente da potencialidade social, utilizando o programa “ArcGIS”. Segundo os valores obtidos, observou-se que a área 1, apresenta o pior desenvolvimento socioeconômico entre as áreas de melhor viabilidade técnica apontadas pelo Atlas Eólico de Minas Gerais. Portanto, no contexto de tomada de decisão de políticas públicas, esse estudo indica ser essa a área a mais propícia para a implantação de usinas eólicas no Estado.

1. INTRODUÇÃO

O ZEE é um instrumento de planejamento destinado a ordenar o uso de ocupação do solo, por meio da definição de zonas, em que são especificadas as formas de uso, tendo em vista os atributos ambientais e o desenvolvimento de uma região. O ZEE visa circunscrever e condicionar a ocupação territorial, por meio de regras e normas



determinadas a partir de estudos sistematizados das características, fragilidades e potencialidades do meio ambiente de uma área. O zoneamento deve ser o resultado de um processo político-administrativo e se basear também nos conhecimentos técnico-científicos, a fim de possibilitar a fundamentação das diretrizes e normas legais que disciplinam o uso dos recursos naturais em dado território [2].

Os dados compilados durante os trabalhos do ZEE-MG foram estruturados em um sistema de informações geográficas (SIG) usando o modelo espacial de dados matricial [3]. Neste modelo de representação do espaço considera-se que o mesmo pode ser dividido em unidades quadradas contíguas cobrindo uma determinada área na superfície da Terra. As unidades espaciais são chamadas células ou pixels. Toda informação é considerada completamente homogênea dentro de cada célula da matriz e, portanto, recebe um único valor para cada atributo que caracteriza esta área.

O Atlas Eólico de Minas Gerais [4] é mostrado na Fig. 1, que com base no mapeamento do potencial eólico do estado, aponta as quatro melhores áreas promissoras para o desenvolvimento de empreendimentos no Estado, segundo um contexto de viabilidade técnica. Essas quatro áreas representadas são denominadas por meio das suas cidades polos, sendo: Área 1: Janaúba e Grão Mogol; Área 2: Montes Claros; Área 3: Curvelo, Diamantina e Sete Lagoas; e Área 4: Triângulo Mineiro. Existem outras áreas de extensão menores que seriam destinadas a empreendimentos eólicos isolados e de pequeno porte.

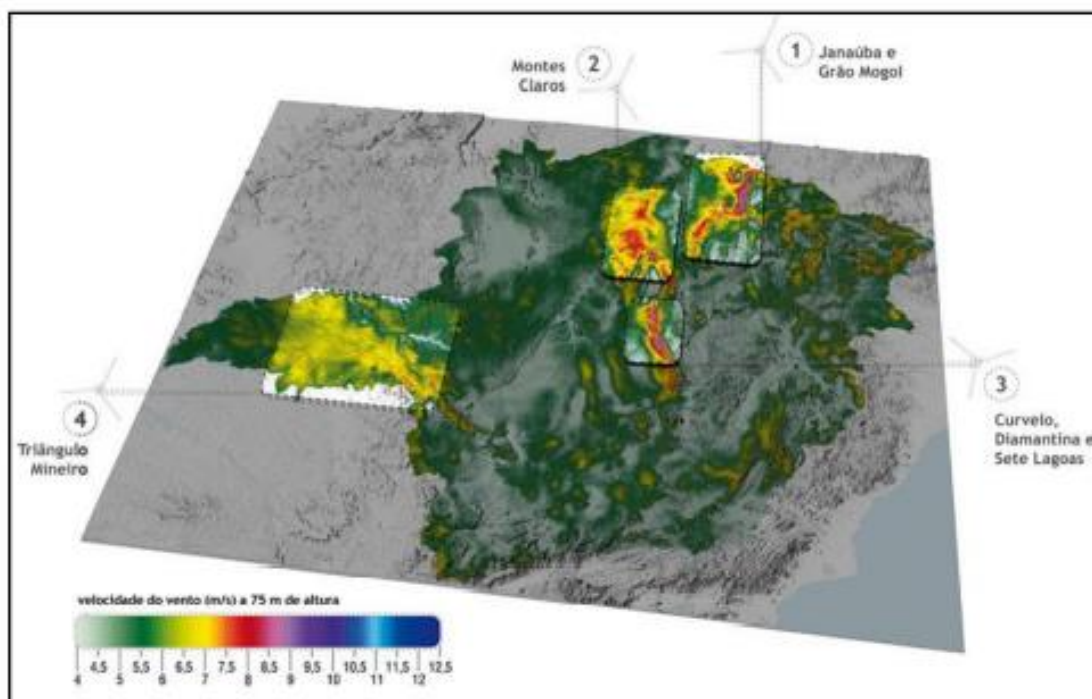


Fig. 1. Áreas de maior potencial eólico em Minas Gerais [4]



O potencial de geração eólica a 100 metros do solo foi o mais significativo, e aponta uma grandeza de 40.000 MW. A energia elétrica que pode ser gerada pelos ventos no estado, com destaque para o potencial da Região Norte, equivale a quase seis vezes a capacidade de geração atual da Cemig, de 6.754 MW [5].

Ao se analisar as cidades de maior potencial eólico pertencente a cada área apontada pelo Atlas, é possível comparar os benefícios socioeconômicos que um empreendimento dessa categoria poderá trazer à região e, assim, definir a área mais provável de ocorrer um desenvolvimento regional proveniente dos projetos eólicos.

Tab. 1. Áreas de maior potencial eólico em Minas Gerais [4]

ÁREAS	CIDADES E POLOS	CIDADES DE MAIOR POTENCIAL EÓLICO
1	Janaúba e Grão Mogol	Espinosa, Gameleiras, Monte Azul, Mato Verde, Porteirinha, Serranópolis de Minas, Riacho dos Machados e Francisco Sá
2	Montes Claros	Coração de Jesus, São João da Lagoa e Brasília de Minas
3	Curvelo, Diamantina e Sete Lagoas	Lagoas Conselheiro Mata, Vale Fundo, São José do Galheiro, Fechados e Paraúna
4	Triângulo Mineiro	Uberaba, Sacramento e Comendador Gomes

A geração de eletricidade a partir da energia eólica tem-se mostrado crescentemente convidativa, seja por constituir o aproveitamento de uma fonte renovável, seja por não apresentar a magnitude dos impactos ambientais geralmente associados às demais formas de aproveitamento energético. Entretanto, os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de uma usina eólica não podem ser negligenciados.

A construção de políticas inovadoras representa atualmente um dos principais desafios para o ambientalismo, forçando-o a abandonar uma postura defensiva e restritiva frente às amplas possibilidades de reestruturação política e social no mundo contemporâneo. Nesse sentido, a elaboração, aprimoramento e aplicação de instrumentos de gestão ambiental são fundamentais. Porém, para que esses instrumentos atuem de forma efetiva na busca pelo desenvolvimento sustentável, existe a premissa de que sejam fundamentados por uma visão holística de todos os aspectos da sociedade, aliando perspectivas econômicas, políticas e socioculturais ao equilíbrio ambiental. [6].

2. METODOLOGIA

O ZEE visa mostrar com um grau de definição espacial e numa escala semiquantitativa para possibilitar comparações até então existente, a fragilidade ou vulnerabilidade do ecossistema e a potencialidade social ou o ponto de partida de cada município. Permite ao tomador de decisões definir em qual área do município deve ser instalado e quais os cuidados socioambientais o empreendedor deverá tomar (ZEE, 2008) [1].

Segundo ainda o ZEE, o ponto de partida de potencialidade social dos municípios e regiões deve ser identificado por meio de categorização dos municípios; para tanto,



tomou-se como referência a comparação entre os dados do município e os dados de 853 municípios do estado de Minas Gerais.

Dessa forma, pode situá-lo dentro de uma faixa que varia entre um número mínimo e máximo de cinco pontos, representado simbolicamente pelas cinco primeiras letras do nosso alfabeto. Os pontos que correspondem a cada categoria foram atribuídos de acordo com o resultado da aplicação do método de análise multivariada por componentes principais, estabelecendo-se cinco intervalos percentílicos para cada indicador, de acordo com a variabilidade dos dados. Como resultado da pontuação, foram plotadas cartas para cada indicador, para cada fator condicionante e para cada componente da potencialidade social, utilizando o programa “ArcGIS”. Assim, para cada categoria corresponde uma cor e um número, apresentada nas cartas. As cores utilizadas são equivalentes às categorias e aos pontos, conforme Tabela 2:

Tab. 2. Tipos de potencialidades [1]

TIPO DE POTENCIALIDADES	CATEGORIA	PONTOS	CORES
Muito Favorável	A	5	Verde escuro
Favorável	B	4	Verde claro
Pouco Favorável	C	3	Azul
Precário	D	2	Amarelo
Muito Precário	E	1	Vermelho

Cada município apresenta no ZEE uma pontuação por índice, que estão relacionados aos componentes produtivos, componentes naturais, componentes humanos e componentes institucionais. Estes pontos serão extraídos e apresentados nas Tabelas 3 a 6. O resultado final, Fig. 3, apontará as áreas com maior e menor desenvolvimento social e econômico.

Tendo em vista que todas as áreas apresentadas possuem potencial técnico, a que apresentar o menor valor no estudo do ZEE, deverá ser indicada para a instalação de empreendimentos eólicos, tendo em vista, a capacidade de desenvolver o polo, dentro de um contexto social e econômico. Um exemplo é dado na Fig. 2.



Tab. 4. Componentes Naturais

Componentes Naturais				
Índices	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Componente natural	1	1	1	5
Utilização de terras	1	2	1	5
Densidade de ocupação econômica das terras	2	3	1	5
Índice de nível tecnológico da agropecuária	1	1	2	5
Estrutura fundiária	1	1	1	5
Índice de concentração fundiária invertido	1	1	1	4
Proporção entre o nº total de estabelecimento rurais	5	4	3	1
Recursos minerais	1	5	5	5
Índice ICMS ecológico	1	4	5	4
Total II	14	22	20	39

Tab. 5. Componentes Humanos

Componentes Humanos				
Índices	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Componente humano	1	5	4	5
Ocupação econômica	1	2	3	4
Taxa de ocupação	2	3	3	4
Taxa de ocupação invertida	1	1	2	2
Demografia	1	5	4	5
Distribuição espacial da população	2	5	5	5
Razão de dependência	2	5	3	5
Condições especiais	1	5	4	5
Renda per capita	1	5	4	5
Educação	2	5	5	5
Habitação	1	4	2	3
Saúde	2	3	3	3
Saneamento	1	1	1	1
Segurança pública	2	1	1	1
Índice de desenvolvimento humano	1	5	4	5
Total III	21	55	48	58

Tab. 6. Componentes Institucionais

Componentes Institucional				
Índices	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Potencial institucional	4	5	5	5
Fator condicionante institucional	4	5	5	5
Indicador gestão municipal	1	1	4	5
Indicador gestão do desenvolvimento rural	5	4	5	4



Indicador gestão ambiental municipal	4	4	4	5
Indicador gestão cultural dos municípios	2	4	5	4
Fator condicionante organização jurídica	4	5	5	5
Fator condicionante organização financeiras	4	5	5	5
Fator condicionante organização de fiscalização e controle	2	1	1	1
Fator condicionante organizações de ensino e pesquisa	1	5	5	5
Indicador org. de ensino superior e profissionalizante	1	5	5	5
Indicador org. de pos-graduação e pesquisa	1	5	5	5
Fator condicionante organizações de segurança pública	1	5	5	5
Indicador capacidade de aplicação das leis	1	5	5	5
Total IV	35	59	64	64

Os valores de somatória apurados nas Tab. 3 a 6 foram inseridos na Fig. 3, de forma a apurar os valores pontuados nos diversos componentes analisados.

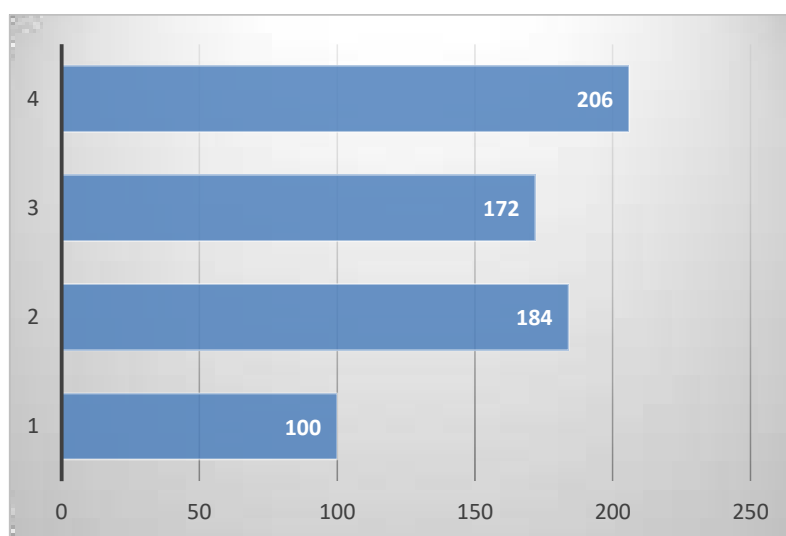


Fig. 3. Resultado da análise – região x pontuação.

Segundo os valores obtidos na Fig. 3 – resultado da análise, resumo das demais tabelas, observa-se que a Área 1, Janaúba e Grão Mogol, apresenta o pior desenvolvimento socioeconômico entre as áreas de melhor viabilidade técnica apontadas pelo ZEE. Portanto, no contexto de tomada de decisão de políticas públicas, esse estudo indica ser essa a área mais propícia para a implantação de usinas eólicas no estado.

4. CONCLUSÃO

Para definir a melhor área do estado de Minas Gerais para desenvolvimento da energia eólica, em termos de sustentabilidade, foram utilizadas essas análises que pretendem



sugerir a área mais adequada para a implantação de empreendimentos eólicos em Minas Gerais levando em conta não somente o potencial eólico de geração, mas também o quanto uma determinada região tende a ser favorecida socioeconomicamente pela instalação de tal empreendimento.

Esse estudo trata de uma análise por meio dos micros indicadores socioeconômicos do ZEE, utilizando os valores já existentes no ZEE para avaliar a potencialidade de desenvolvimento socioeconômico e ambiental, dentre as quatro áreas de maiores potencialidades técnicas apontadas pelo Atlas Eólico da Cemig.

Segundo os valores obtidos na Fig. 3, que utiliza análise do componente humano na potencialidade social do ZEE, observa-se que a Área 1, região Norte - Janaúba e Grão Mogol, apresenta o pior desenvolvimento socioeconômico entre as áreas de melhor viabilidade técnica apontadas pelo Atlas Eólico de Minas Gerais.

Portanto, no contexto de tomada de decisão de políticas públicas, esse estudo indica ser essa a área a mais propícia para a implantação de usinas eólicas no estado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à agências brasileiras de fomento à pesquisa e à pós-graduação: FAPEMIG, CAPES e CNPq pelo apoio direto e indireto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ZEE – ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. 2009. Disponível em: <http://www.zee.mg.gov.br/>, Acesso em: 20 jun (2022).

[2] Vasconcelos V.V., Hadad R.M., Martins P.P.J.. ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO - Objetivos e Estratégias de Política Ambiental. Gaia Scientia 2013, 7(1): 119-132. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vitor-Vasconcelos/publication/277669989_Zoneamento_Ecologico-Economico_Objeticos_e_Estrategias_de_Politica_Ambiental/links/557038b808aefcb861ddc87b/Zoneamento-Ecologico-Economico-Objeticos-e-Estrategias-de-Politica-Ambiental.pdf. Acesso em: 15 ago (2022).

[3] ZEE – ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Componente Socioeconômico. Editora UFLA. Lavras. 2008.

[4] CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 2010. Atlas Eólico de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, pp. 43-56, 2010.

[5] FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Estudos dos aspectos do desenvolvimento sustentável para geração de eletricidade por meio de fonte eólica no estado de Minas Gerais. Estudos de Energia Nota Técnica nº 1/2015.

[6] Barbosa, W.P.F et all. ENERGIA EÓLICA: um foco em instrumentos de gestão ambiental no Brasil. 13º Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica. 13º Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica Lisboa, Portugal, 23-26 de Outubro de 2017.