

MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO APLICADO NA AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE ENERGIA RENOVÁVEIS: uma contribuição bibliométrica

Mirian Batista de Oliveira Bortoluzzi
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (CPNA-UFMS)
mirian_bortoluzzi@ufms.br

Celso Correia de Souza
Universidade Anhanguera - UNIDERP
csouza939@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar resultados de uma revisão bibliométrica acerca dos modelos de decisão multicritério utilizados nas de avaliação tecnologias de energia renováveis. Para tanto, uma análise bibliométrica foi realizada como métrica descritiva (por exemplo, número de publicações e citações; autores mais citados e os periódicos e fontes influentes) para fornecer uma inferência sobre o estado da arte, compreendendo o que está sendo pesquisado sobre o tema e possíveis instruções para pesquisas futuras. Os resultados revelaram: a) a oportunidade de aplicar o modelo de decisão multicritério associado com os melhores critérios para avaliação das tecnologias de energia renováveis; b) possibilidade de levar em conta a percepção dos gestores quanto às barreiras, características dos processos e os fatores críticos de sucesso para empresas dos setores energéticos, no que tange às fontes de geração de energia limpa.

Palavras-chave: energia limpa; multicritério; responsabilidade socioambiental.

A energia é um elemento essencial para a sobrevivência humana, e a sua demanda cresce a cada dia. Os gestores do setor de energia experimentam rotineiramente fortes pressões de *stakeholders* em suas decisões com o foco no desempenho sustentável de suas organizações (EUROPEAN COMMISSION, 2016). No contexto dessas decisões, os gestores se deparam não só com temas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, mas também, com as questões relacionadas à sustentabilidade e aos aspectos sociais e ambientais decorrentes desse sistema (LUZ; MOURA; DE ALMEIDA, 2018).

Segundo Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), as novas formas de geração de energia podem ser definidas como sendo a coordenações sistêmicas de objetivos econômicos, ambientais e sociais, aplicados à estratégica e integração organizacional, possibilitando a melhoria, de longo prazo, do planejamento energético. Sendo assim, um dos aspectos mais preocupantes no qual se busca justificar a relevância e a contribuição deste estudo recai sobre dois fatores importantes, o ambiental e o social, o que favorecem a inserção de fontes de energias limpas.

As opções estratégicas de o país investir em eficiência energética (BRASIL, 2007a), com a escolha de fontes renováveis de geração de energia é a opção que menos agride o meio ambiente, gerando empregos, e com uma expectativa crescente do aumento de sua competitividade, comparada às outras opções de expansão da oferta de energia. Existe hoje mais reconhecimento de que a eficiência energética está intrinsecamente associada ao aumento da produtividade e aos benefícios ao meio ambiente (BRASIL, 2007b).

As tecnologias modernas empregadas na maior parte das opções energéticas foram desenvolvidas de modo a minimizar os danos ambientais. Os empreendimentos que utilizam outras fontes de energia – eólica, solar, do mar e hidrogênio – são os que apresentam os menores custos ambientais, pois não gastam combustíveis, não produzem emissões aéreas, efluentes ou resíduos na sua fase de operação (BOURAIYOU *et al.*, 2020).

Assim, os gestores do setor de energia passam a ter que manipular vários critérios ao mesmo tempo, de modo que suas decisões sejam bem fundamentadas. Nesse caminho, métodos matemáticos procuram resumir e comparar o desempenho global das fontes renováveis de energia, podendo ajudar na resolução de problemas organizacionais a partir de várias abordagens diferentes (ØSTERGAARD *et al.*, 2019). Uma delas, a abordagem multicritério de decisão pode ser usada para especificar os critérios envolvidos na decisão, e sugerir uma prioridade de escolhas entre alternativas pré-definidas pelo decisor (De

ALMEIDA *et al.*, 2015). Assim, as organizações necessitam buscar novas alternativas de geração de energia a serem realizados de acordo com os recursos disponíveis e com os demais critérios que fazem parte da estratégia organizacional (De SOUZA *et al.*, 2018).

Assim, o objetivo deste estudo foi apresentar resultados de uma revisão bibliométrica acerca dos modelos de decisão multicritério utilizados nas avaliações de tecnologias de energias renováveis. Por meio de tal análise foi possível fazer inferências sobre o estado da arte, compreendendo o que está sendo pesquisado sobre o tema e possíveis instruções para pesquisas futuras.

Este estudo está estruturado da seguinte forma: na seção 2, se apresenta a descrição do método de seleção da amostra de artigos e as técnicas de análise, bem como as justificativas para a seleção dos trabalhos; os resultados e as discussões das análises quantitativas são apresentados na seção 3; e, por fim, a seção 4 compõe-se das considerações finais, seguidas das referências utilizadas.

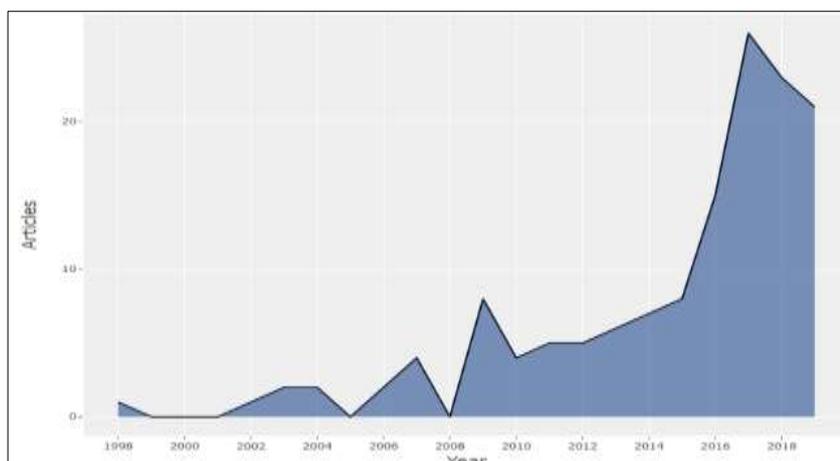
A revisão bibliométrica foi feita por meio da busca de artigos, trabalhos de conferência, revisão e acesso antecipado no banco de dados *Web of Science Core Collection* (publicado pela ClarivateAnalyticsTM), com a limitação de tempo das publicações a cada ano (lapso de tempo: 1998 a 2019).

Os termos considerados pela pesquisa foram construído da seguinte forma: (Sustainable OR Sustainability OR Efficiency OR Efficient OR Cleaner) AND ("cleaner energy" OR "renewable energy" OR "green energy" OR "sustainable energy" OR "alternative energy") AND ("multicriteria decision" OR "multicriteria evaluation" OR "multi-criteria evaluation" OR "multi-criteria decision" OR "multi-criteria analysis" OR "multicriteria analysis" OR "multi-attribute decision" OR "multiobjective decision" OR "multiobjective analysis" OR "MCDM" OR "MCDA"). Essa configuração de pesquisa (inclui título, tópico, palavras-chave e resumo), resultou em 142 documentos, que foram organizados no software de gerenciamento de referência EndNote®. Por fim, aplicou-se alguns softwares de visualização analítica e aplicativos baseados no software R Studio®, para facilitar a apresentação dos resultados (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

O primeiro resultado observado se refere à taxa de crescimento anual de publicações na amostra coletada, ou seja, houve uma taxa de crescimento anual de 21,97%. Pode-se observar que a partir de 2016 há um aumento expressivo de publicações na área de

estudo. Na amostra selecionada, um aumento de 33,33% ao longo dos 5 anos em publicações (Figura 1).

Figura 1 - Produção científica anual



No que diz respeito aos cinco artigos mais citados na base de dados pesquisada, a Tabela 1 mostra que os dez artigos mais citados foram dos autores (POHEKAR; RAMACHANDRAN, 2004) seguido pelo artigo de (WANG *et al.*, 2009) citados 834 e 803 vezes pela base *Web of Science*TM, respectivamente.

Tabela 1 – As dez publicações mais citadas dentre os documentos encontrados na busca.

Referência (Autor/Ano)	Título da Publicação	Periódico onde foi submetido	Número de citações
Pohekar; Ramachandran (2004)	<i>Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review</i>	Renewable & Sustainable Energy Reviews	834
Wang et al. (2009)	<i>Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making</i>	Renewable & Sustainable Energy Reviews	803
Banos et al. (2011)	<i>Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review</i>	Renewable & Sustainable Energy Reviews	763
Kumar et al. (2017)	<i>A review of multicriteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development</i>	Renewable & Sustainable Energy Reviews	196
Afgan; Carvalho (2002)	<i>Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants</i>	Energy	178

O destaque dos periódicos foi “*Renewable & Sustainable Energy Reviews*” em que foram computados na amostra de estudo 24 artigos. É um número expressivo tendo em vista

que outros períodos alcançaram a marca entre 8 a 10 artigos: “*Renewable Energy*”, “*Sustainability*” e “*Journal of Cleaner Production*”. Estes resultados podem indicar que tais periódicos têm sido vistos como as melhores alternativas para divulgação de estudos sobre decisão multicritério e energias renováveis, ampliando o número de leitores.

Este artigo apresentou resultados de uma análise bibliométrica realizada para explorar e descrever o crescimento do interesse e desenvolvimento de pesquisas relacionadas à aplicação de decisão multicritérios no setor energético para geração de energia por meio de fontes limpas. Os resultados da análise bibliométrica mostraram que, com 142 publicações, 1998 e 2019 foram os anos com mais publicações. Há uma tendência para que esses números, bem como para o número de citações, aumentem nos próximos anos. Autores com maior fator de impacto têm publicações relativamente recentes, datando de 2016 em diante. Com 834 citações no total, o autor da publicação mais citada também possui um dos maiores fatores de impacto, considerando o período de busca. O periódico *Renewable & Sustainable Energy Reviews* é a principal fonte de publicação dessas importantes pesquisas.

REFERÊNCIAS

AFGAN, N.H.; CARVALHO, M.G. Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants. **Energy** 2002. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(02\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(02)00019-1).

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **J Informetr** 2017. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

BANOS, R.; MANZANO-AGUGLIARO, F.; MONTOYA, F. G.; GIL, C. et al. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. **Renew Sustain Energy Rev** 2011, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.008>

BOURAIYOU A, NECAIBIA A, BOUTASSETA N, MEKHILEF S, DABOU R, ZIANE A, et al. Status of renewable energy potential and utilization in Algeria. **J Clean Prod** 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119011>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (2007a). **Eficiência Energética**. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília: MME: EPE.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. (2007b). **Outras Fontes**. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília: MME: EPE.

EUROPEAN COMMISSION. Climateaction, Climatestrategies& targets; (2016). [Online]. Disponível em: < <https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/>>. Acessado em: 10 de agosto

de 2020.

DE ALMEIDA, A.T., CAVALCANTE, C.A.V., ALENCAR, M.H., FERREIRA, R.J.P., ALMEIDA-FILHO, A.T. & GARCEZ TV. Multi-criteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. Springer, New York; 2015.

DE SOUZA, C. C., LEANDRO, J. P., DOS REIS NETO, J. F., FRAINER, D. M., CASTELÃO, R. A..Cogenerationofelectricity in sugar-alcoholplant: Perspectives andviability. **RenewSustain Energy Rev**2018, 91, 832–837. doi:10.1016/j.rser.2018.04.047.

LUZ, T.; MOURA, P.; DE ALMEIDA, A. Multi-objective power generation expansion planning with high penetration of renewables. **Renew Sustain Energy Rev.** 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.069>.

POHEKAR, S. D.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review. **Renew Sustain Energy Rev** 2004. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.007>.

TOLMASQUIM, M. T; GUERREIRO, A.; GORINI R. Matriz energética Brasileira: Uma prospectiva. **Novos Estud CEBRAP** 2007. <https://doi.org/10.1590/s0101-33002007000300003>.

WANG, J.J.; JING, Y.Y.; ZHAO, J.H. Multi criteria evaluation model of renewable energy power plants based on electre method. **Proc. Asme 3rd Int. Conf. Energy SUSTAIN.** 2009, ES2009, 2009. <https://doi.org/10.1115/es2009-90104>.

KUMAR A, S. B.; SINGH, A.R.; DENG, Y.; HE, X.; KUMAR, P., et al. A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. **Renew Sustain Energy Rev** 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191>.

ØSTERGAARD, P. A.; JANTZEN, J.; MARCZINKOWSKI, H.M.; KRISTENSEN, M. Business and socioeconomic assessment of introducing heat pumps with heat storage in small-scale district heating systems. **Renew Energy** 2019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.140>.