



# Aplicação do método multicritério FITradeoff para escolha da fonte de energia renovável mais viável para os portos brasileiros

Dayla Karolina Fossile, Eduarda Asfora Frej, Sergio E. Gouvea da Costa, Edson Pinheiro de Lima, Adiel Teixeira de Almeida

**R**ecentemente foi identificado, por meio de uma pesquisa de revisão sistemática de literatura que a grande maioria dos portos brasileiros utiliza fontes de energia limpa, sendo as mais comuns a eólica, a fotovoltaica e a ondomotriz. Tendo isso em vista, foi elaborada um estudo que se vale de uma aplicação numérica utilizando o método FITradeoff, com a finalidade de escolher a fonte de energia renovável mais adequada para ser utilizada por portos brasileiros, levando-se em consideração os aspectos da gestão de sustentabilidade.

Um dos primeiros passos do estudo realizado foi identificar quem é o decisor e outros atores do processo decisório; no estudo realizado, os decisores foram os administradores portuários, e os outros atores foram os analistas dos departamentos ambientais, sociais e econômicos.

Foi necessário também definir o conjunto de critérios utilizados. Para tanto, tomou-se como base as informações apresentadas na literatura, nas leis e nas resoluções, nos empreendimentos já implementados ou

em estudo, juntamente com as informações apresentadas pelos decisores e especialistas através da aplicação do brainstorming. Deste processo, 20 critérios foram definidos de acordo com a mensurabilidade, operacionalidade, compreensibilidade, legitimidade e homogeneidade, abordando os aspectos ambientais, sociais e econômicos. A lista dos critérios aparece no final desta matéria.

É importante destacar que para definir os pesos dos critérios, tomou-se como base a escala Likert (tipo de escala na qual as respostas especi-

ficam o nível de concordância com uma afirmação) de cinco pontos. Os pesos dos critérios foram definidos de acordo com o questionário respondido pela Empresa de Pesquisa Energética. Após a ordenação dos pesos, foi rodado um modelo de programação linear com a finalidade de identificar as alternativas potencialmente ótimas no espaço dos pesos definido anteriormente.

### Utilização do método FITradeoff

No que diz respeito ao método FITradeoff, sob ponto de vista do decisor, pôde-se observar

para resolver o problema: a quantidade de perguntas exigidas para encontrar uma solução única para os problemas não é um número fixo, podendo variar de acordo com o problema a ser solucionado, a quantidade de critérios e a distribuição dos pesos dos critérios.

No caso do estudo em questão, fez-se uso do sistema de apoio a decisão (SAD) desenvolvido para o FITradeoff. O processo de elicitação foi conduzido com o decisor onde, interativamente, ele respondia às perguntas elaboradas pelo SAD. Com isso, foi possível realizar a progra-

holisticamente o desempenho das alternativas potencialmente ótimas. É importante destacar que esse método foi apoiado por estudos em neurociência, o que tornou sua aplicação ainda mais eficiente e enriquecedora.

### Escolhendo a melhor fonte de energia

Como resultado, verificou-se que as fontes de energia fotovoltaica e eólica foram identificadas como alternativas potencialmente ótimas. A energia eólica foi eliminada do processo. Ao utilizar o sistema de apoio a decisão, o

## O método FITradeoff exige menos esforço cognitivo por parte do decisor para resolver o problema: a quantidade de perguntas exigidas para encontrar uma solução única para os problemas não é um número fixo, podendo variar de acordo com o problema a ser solucionado, a quantidade de critérios e a distribuição dos pesos dos critérios

que o número de questões necessárias para encontrar a solução do problema foi de apenas uma pergunta. Isso ocorreu porque o método FITradeoff exige menos esforço cognitivo por parte do decisor

mação linear, o que levou à identificação das alternativas potencialmente ótimas. O FITradeoff também forneceu uma visualização gráfica dos dados com a finalidade de permitir ao decisor analisar

decisor teve condições de visualizar os resultados parciais do problema.

Como resultado do modelo, a energia fotovoltaica resultou como a mais adequada aos portos brasileiros. Con-





tudo, essa fonte de energia não é a que apresenta maior eficiência. Apresentando também uma alta taxa de depreciação anual, ou seja, a vida útil dos equipamentos é baixa, impactando diretamente nos resultados da empresa. Outro ponto peculiar da energia fotovoltaica é a necessidade de reciclagem das baterias, que possuem uma vida útil de apenas 5 anos, conforme informações apresentadas pela ANEEL. Por fim, o processo produtivo dessas baterias utiliza um volume considerável de produtos tóxicos e poluentes, agredindo diretamente ao meio ambiente.

No que se refere à energia eólica, nota-se que esta apresenta a necessidade de um maior volume de investimentos, custos de manutenção anual mais elevados e maior tempo para instalação do empreendimento, além do fato de que o nível de ruídos dessa fonte de energia é considerado altíssimo, impactando fortemente nas questões sociais do empreendimento. Ela também apresenta um nível de burocracia considerável no tocante à emissão de laudos ambientais, em função da supressão vegetal e utilização

de espaço físico terrestre. Um projeto de energia ondomotriz, apesar de sua alta disponibilidade, tem alguns impactos sociais negativos, uma vez que limita a navegação e a pesca. Essas limitações, por sua vez, afetam atividade econômica da região.

O que se observa ao fazer uso de modelo de apoio a decisão, suportado por uma ferramenta computacional, mostrou-se eficaz para que o tomador de decisão, em um cenário envolvendo múltiplos critérios, pudesse identificar a melhor alternativa e a robustez da decisão.

#### **Critérios adotados no modelo proposto**

Os 20 critérios defendidos nesse estudo foram: Apropriação de extensões terrestres e supressão da vegetação (CA1); Apropriação de extensões marinhas e supressão da vegetação fluviomarinha (CA2); Contaminação das águas marinhas (CA3); Utilização de produtos extremamente tóxicos e poluentes no processo produtivo dos equipamentos utilizados nos empreendimentos eólico, fotovoltaicos e ondomotriz (CA4); Necessi-

dade constante de reciclagem de materiais do empreendimento (CA5); Facilidade de emissão da licença ambiental (CA6); Construção de vias de acesso (CA7); Deslocamento da comunidade local (CS8); Geração de ruídos (CS9); Limitação e interferência de navegação e pesca (CS10); Desmatamento e diminuição da área verde (CS11); Risco de saúde e segurança dos trabalhadores (CS12); Nível de empregabilidade (CS13); Eficiência do empreendimento (CE14); Baixo investimento inicial do empreendimento (CE15); Alto nível de incentivos fiscais do empreendimento (CE16); Baixo nível de custos de manutenção anual do empreendimento (CE17); Prazo de financiamento do empreendimento (CE18); Taxa de depreciação anual dos equipamentos do empreendimento (CE19); Baixo prazo para instalação de empreendimentos das fontes de energia renováveis (CE20).

Maiores detalhes sobre esse trabalho podem ser encontrados em Fossile et al (2020).



**Dayla  
Karolina  
Fossile**



**Eduarda  
Asfora  
Frej**



**Sergio  
Eduardo  
Gouvea da  
Costa**



**Edson  
Pinheiro de  
Lima**



**Adiel  
Teixeira de  
Almeida**

#### Os Pesquisadores

##### **Dayla Karolina Fossile**

Graduação em Ciência Contábil pelo Instituto de Ensino Superior de Joinville (2006). MBA em Finanças Auditoria e Controladoria pela Fundação Getúlio Vargas (2008). Mestrado em Engenharia de Produção pela SOCIESC - Sociedade Educacional de Santa Catarina (2012) e doutorado em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná PUCPR. Atualmente é professora do Centro Universitário UNISOCIESC (Grupo Ânima Educação).

##### **Eduarda Asfora Frej**

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (2019), obteve mestrado em 2017 e a graduação em 2015 todos em Engenharia de Produção pela UFPE. Ingressou no corpo docente da UFPE em 2019, e é professora do Departamento de Engenharia de Produção (adjunto). Atua como pesquisadora no Centro de Desenvolvimento de Sistemas de Informação e Decisão (CDSID - [www.cdsid.org.br](http://www.cdsid.org.br)).

##### **Sergio Eduardo Gouvea da Costa**

Graduação em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-1989), com Mestrado em Engenharia Elétrica (Automação) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP-1993) e Doutorado em Engenharia (Produção) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP-2003). Fez o Doutorado Sanduíche no Institute for Manufacturing da Universidade de Cambridge, Inglaterra (2000-2001). Realizou Pós-Doutorado no Edward P. Fitts Department of Industrial and Systems Engineering da North Carolina State University, EUA (2009-2010). É Professor Titular (Gestão de Operações) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e Professor Associado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq desde 2006.

##### **Edson Pinheiro de Lima**

Graduado em Engenharia Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (1989), mestre em Engenharia Elétrica - ênfase automação - pela Universidade Estadual de Campinas (1993) e doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001). Atualmente é professor titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS/PUCPR), professor associado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e membro Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS/UTFPR), professor convidado da FAE Business School na área de Gestão de Operações.

##### **Adiel Teixeira de Almeida**

Professor titular da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde atua como coordenador do Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão ([www.cdsid.org.br/](http://www.cdsid.org.br/)). Tem trabalhado no desenvolvimento e avanços metodológicos em apoio a decisão com múltiplos objetivos e de decisão em grupo, e na aplicação de métodos em diversos contextos, incluindo modelagem estratégica, gestão de portfólio, gestão de projetos, terceirização, gestão da informação, gerenciamento de riscos, engenharia de confiabilidade e manutenção, e qualidade.

##### **Contato**

[daylafossile@gmail.com](mailto:daylafossile@gmail.com)

##### **Referência**

FOSSILE, D. K.; FREJ, E. A.; GOUVEA DA COSTA, S. E.; PINHEIRO DE LIMA, E.; DE ALMEIDA, A. T. Selecting the most viable renewable energy source for Brazilian ports using the FITradeoff method. *Journal of Cleaner Production*, v. 260, p. 121107, 2020