

## Desenvolvimento de matheurística para agrupamento de propriedades rurais e alocação de plantas de biogás

Jovani Taveira de Souza<sup>1</sup>

UNESP, Botucatu, SP

Thalita Monteiro Obal<sup>2</sup>

UTFPR, Guarapuava, PR

Helenice de Oliveira Florentino<sup>3</sup>

UNESP, Botucatu, SP

Antonio Carlos de Francisco<sup>4</sup>

UTFPR, Ponta Grossa, PR

Edilaine Martins Soler<sup>5</sup>

UNESP, Bauru, SP

A crescente demanda por fontes de energia limpas, acessíveis e confiáveis tem impulsionado a adoção de fontes de energia renováveis, como a bioenergia, que é gerada a partir da biomassa. Uma das formas de produção de bioenergia é o biogás, uma fonte renovável gerada a partir da decomposição de materiais orgânicos [1]. No setor agroindustrial, há uma grande quantidade de resíduos gerados diariamente que podem ser transformados em biogás, mas o alto custo de instalação de biodigestores e a falta de conhecimento de produtores rurais sobre os diversos benefícios das usinas de biogás, por exemplo, dificultam a adoção dessas tecnologias. Nesse sentido, estabelecer parcerias estratégicas entre diferentes produtores e cooperativas agroindustriais é uma alternativa para superar esses desafios [2]. Identificar essas parcerias e os locais ideais para instalação pode contribuir para a produção de biogás em grande escala e trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais para toda uma região.

Em geral, os estudos anteriores propõem agrupar as propriedades em clusters [2] ou trabalham na alocação de usinas de biogás [3]. No entanto, nenhum deles aborda simultaneamente ambas as questões. Além disso, de acordo com o estudo de revisão de literatura realizado por de Jesus et al. [4], as técnicas mais utilizadas em estudos que envolvem o problema de localização de usinas de biogás são, em primeiro lugar, sistema de informação geográfica (SIG) combinado com multicritério, seguido por apenas SIG e, por último, modelos matemáticos. Os autores também sugerem a utilização de modelos matemáticos combinados com técnicas heurísticas para lidar com problemas como o tempo de processamento computacional e múltiplas variáveis de decisão.

Neste contexto, este estudo propõe uma abordagem matheurística que combina heurísticas e métodos exatos para determinar o local ideal para instalar plantas de biogás e identificar potenciais parcerias estratégicas entre produtores rurais e cooperativas agroindustriais com potencial para geração de biogás em grande escala. A abordagem proposta envolve definir as parcerias mais promissoras por meio de heurísticas de agrupamento, determinar o número ótimo de clusters por meio de heurísticas construtivas e indicar o local ideal para instalar a planta de biogás usando um modelo matemático. A matheurística proposta visa minimizar a abrangência e maximizar a produção de biogás dos clusters, levando em consideração critérios e parâmetros específicos.

---

<sup>1</sup>jovanisouza5@gmail.com

<sup>2</sup>thalitaobal@utfpr.edu.br

<sup>3</sup>helenice.silva@unesp.br

<sup>4</sup>acfrancisco@utfpr.edu.br

<sup>5</sup>edilaine.soler@unesp.br

A abordagem consiste em quatro etapas principais: pré-processamento de dados, técnicas de agrupamento, determinação de locais viáveis para instalação de usina de biogás, e pós-processamento.

Na etapa de pré-processamento dos dados, são calculadas as distâncias entre as propriedades, sendo separadas e desconsideradas as propriedades que estão muito distantes umas das outras. Em seguida, as propriedades são agrupadas usando duas técnicas de agrupamento: hierárquico aglomerativo e K-means. Cada técnica de agrupamento é executada para uma variedade de tamanhos de grupo para encontrar o número ideal de grupos.

A determinação de locais viáveis para instalação de usinas de biogás é baseada em um conjunto de critérios, e os locais que atendem a esses critérios são identificados por meio de software de geoprocessamento. Um modelo matemático multiobjetivo é utilizado para determinar a melhor alocação de usinas de biogás para cada cluster, considerando os critérios e parâmetros definidos. Por fim, na última etapa é verificado a viabilidade e validade das soluções propostas. A solução final é definida como a solução mais próxima da solução ideal, considerando a formação de clusters tanto pelo método hierárquico quanto pelo método de particionamento.

Para avaliação da matheurística proposta foram geradas instâncias a partir de dados reais. Os dados referem-se ao município de Castro, localizado no Estado do Paraná, Brasil.

Os resultados evidenciaram que a abordagem proposta se mostrou eficaz na geração de parcerias estratégicas e no posicionamento das usinas de biogás, fornecendo um conjunto de soluções para selecionar a opção mais apropriada. Além disso, a abordagem também sugere a escolha da solução final pelo tomador de decisão.

## Agradecimentos

A obtenção dos dados das cooperativas de agronegócios ocorreu por meio de uma parceria entre a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). O objetivo da parceria foi o desenvolvimento de modelos para identificar e avaliar oportunidades de aplicação de biogás produzido a partir de resíduos agrícolas como fonte de energia. Os autores também agradecem pelo apoio financeiro fornecido pela PROPe/UNESP (Edital 13/2022), CNPq (Processo no. 306518/2022-8, 310259/2020-7 e 314711/2020-1) e CAPES (Código de Financiamento 001).

## Referências

- [1] J. Wang, Y. Yang, Y. Bentley, X. Geng e X. Liu. “Sustainability Assessment of Bioenergy from a Global Perspective: A Review”. Em: **Sustainability** 10.8 (2018). ISSN: 2071-1050. DOI: 10.3390/su10082739.
- [2] T. M. Obal, J. T. Souza, R. H. G. Jesus e A. C. Francisco. “Biogascluster: A clustering algorithm to identify potential partnerships between agribusiness properties”. Em: **Renewable Energy** 206 (2023), pp. 982–993. ISSN: 0960-1481. DOI: 10.1016/j.renene.2023.02.121.
- [3] M. S. Khademalhosseiny, M. A. Nadoushan e H. Radnezhad. “Site selection for landfill gas extraction plant by fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy analytic network process in the city of Najafabad, Iran”. Em: **Energy & Environment** 28.7 (2017), pp. 763–774. DOI: 10.1177/0958305X17728692.
- [4] R. H. G. Jesus, J. T. Souza, F. N. Puglieri, C. M. Piekarski e A. C. Francisco. “Biodigester location problems, its economic–environmental–social aspects and techniques: Areas yet to be explored”. Em: **Energy Reports** 7 (2021), pp. 3998–4008. ISSN: 2352-4847. DOI: 10.1016/j.egy.2021.06.090.