



# ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04  
de dezembro 2020

## Quais são os métodos relacionados às decisões de localização do biodigestor?

**Rômulo Henrique Gomes de Jesus**

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa (romulohenriquegomes@hotmail.com)

**Nathan Peixoto Oliveira**

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Federal de Santa Catarina

**Thales Volpe Rodrigues**

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa

**Resumo:** A bioenergia é uma energia renovável obtida a partir da biomassa e seus principais benefícios são a redução de gases de efeito estufa e redução do descarte de resíduos. Um problema comum na análise de viabilidade para produção de bioenergia é a localização do biodigestor devido à disponibilidade de biomassa e sua dispersão espacial. Portanto, as decisões relativas à localização do biodigestor é um aspecto importante do projeto de viabilidade quando vários produtores de biomassa estão organizados em agrupamentos. Os estudos nesta área de pesquisa de localização de biodigestores abordam diferentes metodologias, como programação matemática, abordagem multicritério, análise de cenários e Sistema de Informações Geográficas (GIS). Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre decisões de localização de biodigestores. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura utilizando a abordagem Prisma. Como resultados, um conjunto de oportunidades de viabilidade foi organizado após a leitura de 24 artigos, permitindo identificar que as principais metodologias utilizadas para decisões de localização de biodigestores foram a programação matemática (41,16%), seguida de abordagens multicritério (29,16%) e GIS (12,50%).

**Palavras-chave:** Biogás, Agrupamentos, Localização, GIS.

## What are the methods related to biodigester location?

**Abstract:** Bioenergy is a renewable energy obtained from biomass and its main benefits are the reduction of greenhouse gases and reduction of waste disposal. A common problem in the feasibility analysis for bioenergy production is the location of the biodigester due to the availability of biomass and its spatial dispersion. Therefore, decisions regarding the location of the biodigester are an important aspect of the feasibility project when several biomass producers are organized in clusters. Studies in this area of research on the location of biodigesters address different methodologies, such as mathematical programming, multicriteria approach, scenario analysis and Geographic Information System (GIS). This article presents a review of the literature on decisions to locate biodigesters. For that, a systematic literature review was carried out using the Prisma approach. As a result, a set of viability opportunities was organized after reading 24 articles, allowing to identify

that the main methodologies used for decisions on the location of biodigesters were mathematical programming (41.16%), followed by multicriteria approaches (29.16 %) and GIS (12.50%).

**Keywords:** Biogas, Cluster, Location, GIS.

## 1. Introdução

A energia renovável é uma solução para problemas como poluição, mudança climática e crise energética (KHADEMALHOSEINY; AHMADI; RADNEZHAD, 2017) cumprindo importante papel na estratégia global de redução de gases de efeito estufa (IAKOVOU et al., 2010). No contexto das energias renováveis surge como alternativa a bioenergia (BALAMAN; SELIM, 2014). Esta é obtida por meio da decomposição da biomassa (RAMACHANDRA; KRISHNA; SHRUTHI, 2005) ou seja, resíduos de vegetação, resíduos de animais, resíduos de agricultura além de resíduos urbanos e certos tipos de resíduos industriais (IAKOVOU et al., 2010).

O tratamento da biomassa pode ser feito por decomposição aeróbia (com presença de ar) ou decomposição anaeróbia (sem presença de ar). A decomposição anaeróbia está associada à redução da poluição e também à produção de biogás (metano, dióxido de carbono, vapor d'água, nitrogênio e traços de concentração de hidrogênio, amônia e monóxido de carbono) e biofertilizantes (MAYERLE; FIGUEIREDO, 2016; LÓPEZ-DÍAZ et al., 2017; TAIFOURIS; MARTÍN, 2018).

Onde localizar o digestor anaeróbio é importante, pois a biomassa está geograficamente e espacialmente dispersa (JEONG; RAMÍREZ, 2018) e sua localização mal escolhida pode interferir na viabilidade operacional do projeto do digestor anaeróbio. Nesse contexto, estudos que abordam a localização do digestor anaeróbio estão sendo realizados em diversos países (IOANNOU et al. 2018; SILVA, ALCADA-ALMEIDA E DIAS, 2017; JEONG E RAMÍREZ, 2018; MUKHERJEE et al. 2015).

A bioenergia gerada através do biodigestor torna-se interessante para fazendas que possuem produção agrícola ou pecuária, pois resíduos de origem animal e vegetal são gerados e se não tratados podem poluir o meio ambiente. Assim, a aplicação da biomassa como matéria-prima é uma solução ambiental porque o resíduo não é disperso no meio ambiente e também uma solução econômica quando a biomassa é usada para gerar energia renovável (KHADEMALHOSEINY; AHMADI NADOUSHAN; RADNEZHAD, 2017).

No contexto apresentado, faz-se necessário verificar com maior profundidade as técnicas utilizadas para localização do biodigestor, pois na literatura não há estudos suficientes sobre o tema devido a uma lacuna da literatura. Assim, este estudo busca responder a seguinte questão: Qual técnica de otimização está mais presente na literatura para encontrar a localização ótima dos biodigestores? Para atingir o objetivo, foi realizada uma revisão da literatura.

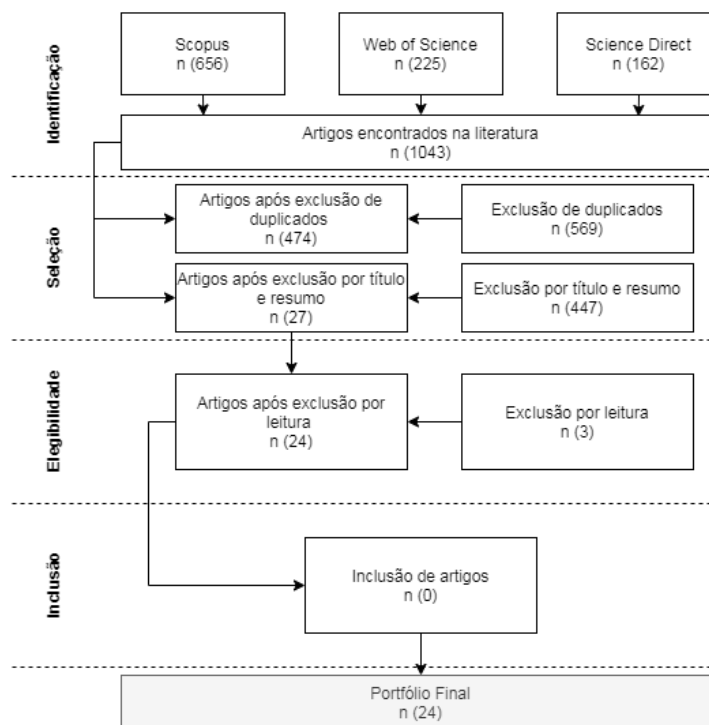
Este artigo foi estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta os materiais e métodos. Na seção 3 são apresentados o resultado e discussão e, por fim, na seção 4 são apresentadas as conclusões e sugestões para estudos futuros.

## 2. Materiais e métodos

A intenção desta pesquisa é identificar na literatura as técnicas de otimização mais presentes para a localização do biodigestor. Para a obtenção do portfólio final de artigos foi realizada a abordagem PRISMA proposta por Liberati et al., (2009). Assim, quatro etapas foram realizadas na abordagem PRISMA: fase de identificação, fase de seleção, fase de elegibilidade e fase de inclusão, conforme mostrado na Figura 1. Em seguida, uma revisão sistemática da literatura foi aplicada por meio da Methodi Ordinatio (MO) proposta por Pagani, Kovalski e Resende (2015) para classificar o conhecimento existente sobre a

localização de um biodigestor. Este método considera os três fatores mais importantes em uma publicação: fator de impacto, ano de publicação e número de citações.

**Figura 1 – Abordagem prisma**



**Fonte: Autoria própria**

Na fase de identificação, foi realizada a busca por palavras-chave, conforme Tabela 1, nas bases de dados Scopus, Web of Science e Science Direct.

**Tabela 1 – Palavras chaves e base de dados**

Query (keywords)	Scopus	Web of science	Science direct
"anaerobic digestion" AND "location"	176	66	64
"anaerobic digestion" AND "spatial decision"	1	1	1
"bioreactor" AND "location"	459	138	88
"biomass" AND "spatial decision"	15	14	9
(("anaerobic digestion" AND "location") AND "multicriteria")	2	3	0
(("anaerobic digestion" AND "spatial decision") AND "multicriteria")	1	1	0
(("bioreactor" AND "location") AND "multicriteria")	1	1	0
(("anaerobic digestion" AND "location") AND "multiobjective")	1	1	0
<b>Total por banco de dados</b>	<b>656</b>	<b>225</b>	<b>162</b>
<b>Total</b>	<b>1043</b>		

**Fonte: Autoria própria**

Na fase de identificação, foram encontrados 1.043 artigos. A próxima etapa foi a fase de seleção, assim, com a utilização do software Mendeley Desktop® foram excluídos 569 artigos duplicados, ficando o portfólio com 474 artigos. Em seguida, foi feita a leitura dos títulos e resumos dos artigos, eliminando 447 artigos que não se enquadraram na proposta de pesquisa, ficando o portfólio final de pesquisa com 27 artigos.

Na fase de elegibilidade foram excluídos 3 artigos. Desta forma, o portfólio de artigos ficou com 24 artigos que serão analisados. Assim, o software JabRef® foi utilizado para exportar

os dados para uma planilha do software Excel®, a fim de aplicar o MO para classificar os artigos mais relevantes para o estudo. A Tabela 2 foi elaborada, está contém o índice InOrdinatio e título dos artigos. O InOrdinatio classifica os artigos na escala dos mais relevantes até os menos relevantes.

**Tabela 2 – Índice InOrdinatio e título dos artigos**

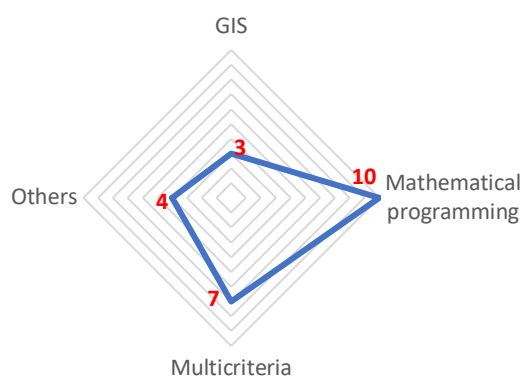
Title of articles	InOrdinatio
A network design model for biomass to energy supply chains with anaerobic digestion systems	105
Optimizing the location of a biomass plant with a fuzzy-DEcision-MAking Trial and Evaluation Laboratory (F-DEMATEL) and multi-criteria spatial decision assessment for renewable energy management and long-term sustainability	102
Evaluation of biogas potential from livestock manures and rural wastes using GIS in Iran	101
Multicriteria assessment in GIS environments for siting biomass plants	101
A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe	97
Optimal location of biorefineries considering sustainable integration with the environment	97
A cyberGIS approach to uncertainty and sensitivity analysis in biomass supply chain optimization	96
A spatial decision support system framework for the evaluation of biomass energy production locations: Case study in the regional unit of drama, Greece	96
What can the location of biogas plants tell us about agricultural change? A case study from the Czech Republic	94
Multiscale scheme for the optimal use of residues for the production of biogas across Castile and Leon	93
Planning the optimal site, size, and feed of biogas plants in agricultural districts	93
Multiobjective programming for sizing and locating biogas plants: A model and an application in a region of Portugal	91
Fuzzy spatial decision tool to rank suitable sites for allocation of bioenergy plants based on crop residue	89
Assessment of the impact of incentives and of scale on the build order and location of biomethane facilities and the feedstock they utilise	84
A multicriteria GIS-based assessment to optimize biomass facility sites with parallel environment - A case study in Spain	84
Designing optimal supply chains for anaerobic bio-digestion/energy generation complexes with distributed small farm feedstock sourcing	83
Spatial decision support system to evaluate crop residue energy potential by anaerobic digestion	82
Robust facility location problem for bio-waste transportation	81
Site selection for landfill gas extraction plant by fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy analytic network process in the city of Najafabad, Iran	81
CyberGIS-BioScope: A cyberinfrastructure-based spatial decision-making environment for biomass-to-biofuel supply chain optimization	71
A systemic approach for dimensioning and designing anaerobic bio-digestion/energy generation biomass supply networks	63
Optimal location of centralized biodigesters for small dairy farms: A case study from the United States	63
Optimal renewable energy systems for industries in rural regions	58
Parametric Optimization of Linear and Non-Linear Models via Parallel Computing to Enhance Web-Spatial DSS Interactivity	31

### 3. Resultado e Discussão

Técnicas determinísticas são modelos de otimização baseados em programação matemática, enquanto técnicas multicritério avaliam critérios conflitantes na tomada de decisão. Neste estudo, será dada ênfase às técnicas multicritério AHP, Fuzzy e FDEMATEL tal como foram encontradas nos artigos analisados.

Após a leitura dos artigos, as técnicas utilizadas para localizar o biodigestor foram resumidas em programação matemática, multicritério, GIS e outros (análise de cenário, baricentro, NPV e P-Graph). Foi elaborado o Gráfico 1, que contém os métodos de otimização e suas respectivas frequências encontradas na literatura.

**Gráfico 1 – Métodos de otimização**

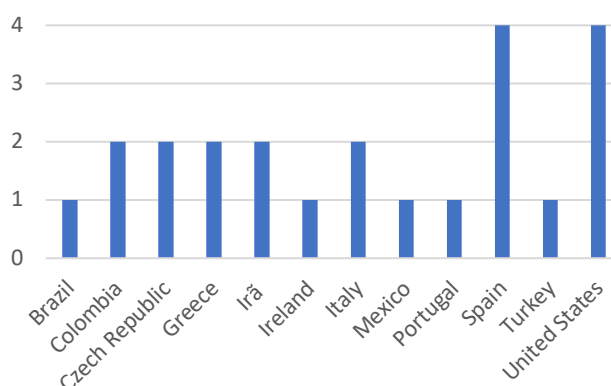


**Fonte: Autoria própria**

Obteve-se como resultado que os métodos multicritério e de programação matemática foram os mais utilizados contidos em 10 e 7 artigos respectivamente. O uso de apenas técnica de GIS foram encontrados em 3 artigos. Os demais métodos (análise de cenário, baricentro, NPV e P-Graph) foram observados uma vez nos demais artigos.

Após a aplicação do MO observou-se que os países com mais publicações são Espanha e Estados Unidos com 4 artigos, seguidos de Colômbia, República Tcheca, Grécia, Irã e Itália com 2 artigos e com apenas um artigo são Brasil, Irlanda, México, Portugal e Turquia, conforme mostra o Gráfico 2.

**Gráfico 2 – Países com mais publicações**

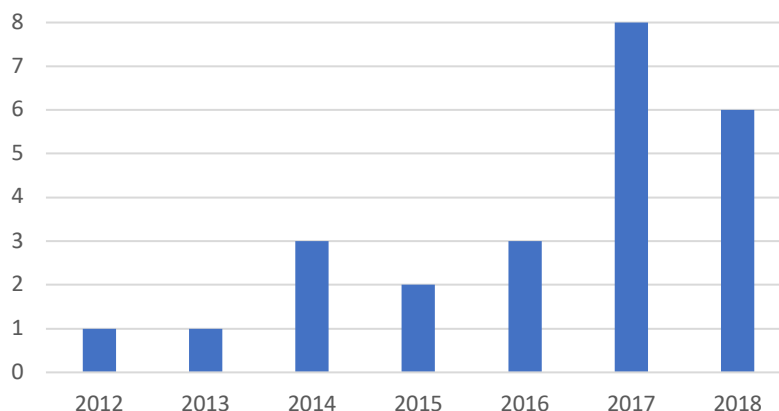


**Fonte: Autoria própria**

Em relação aos anos de publicações, observou-se que o tema localização de biodigestores cresceu até 2017, com uma pequena queda em 2018, período que teve 2 publicações a menos que no ano anterior. É interessante notar que o tema do estudo possui poucos

trabalhos na literatura, apresentando em 2017 o maior número de publicações sobre o assunto, conforme mostra o Gráfico 3.

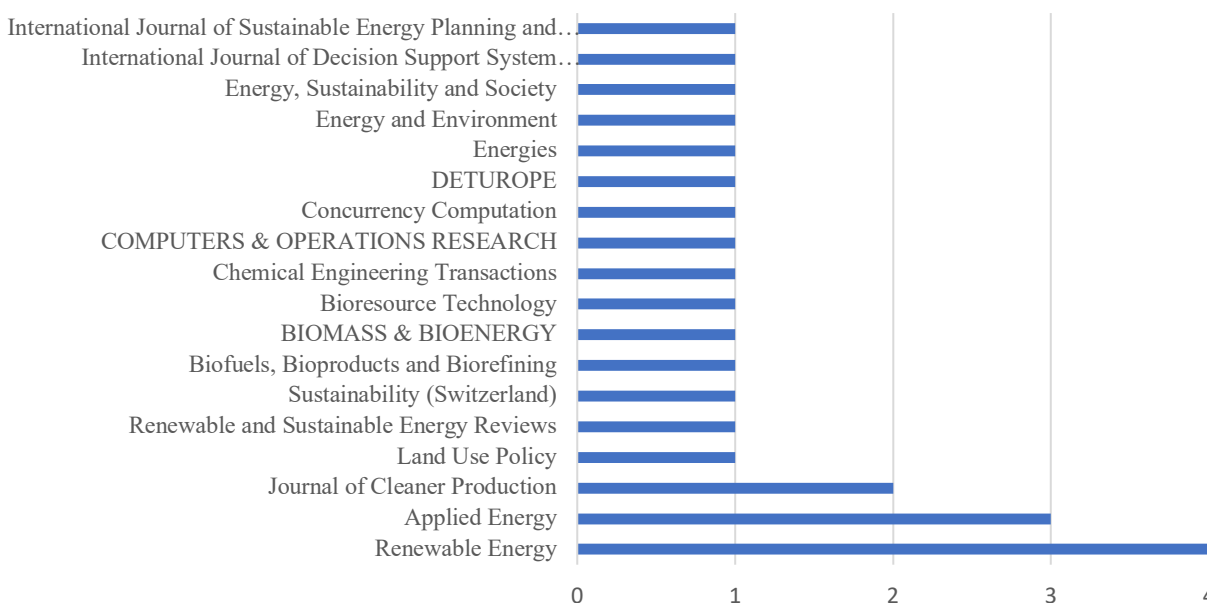
**Gráfico 3 – Publicações por ano**



**Fonte: Autoria própria**

O periódico que mais publicou artigos abordando a localização do biodigestor foi Renewable Energy com 4 publicações, seguido por Applied Energy com 3 publicações, Journal of Cleaner Production com 2 publicações e outros periódicos com apenas 1 publicação, conforme Gráfico 4.

**Gráfico 4 – Artigos por periódicos**



**Fonte: Autoria própria**

Embora o resultado desta pesquisa esteja limitado a busca por artigos nas bases da Science Direct, Web of Science e Scopus. Para estudos futuros é recomendado ampliar as bases de pesquisa a fim de se obter uma visão geral e mais aprofundada do tema.

#### **4. Conclusão**

A energia renovável é uma alternativa para combater a degradação ambiental e é uma solução para as questões ambientais, pois reduz as emissões de  $CO_2$ . Assim, a bioenergia surge como uma opção de energia renovável e ganha relevância. A localização do digestor anaeróbico é importante para garantir sua construção e viabilidade operacional. Portanto estudos estão sendo desenvolvidos para auxiliar nesta etapa do projeto de planejamento, neste sentido, visando consolidar as técnicas de otimização utilizadas pelos autores e suprir

a lacuna da literatura com a consolidação destas, este artigo foi desenvolvido, obtendo-se como principal resultado que as técnicas de programação matemática (41,16%) e multicritério (29,16%) são as mais utilizadas pela literatura para desenvolver modelos de otimização da localização do biodigestor.

## Referências

BALAMAN, Ş. Y.; & SELIM, H. A network design model for biomass to energy supply chains with anaerobic digestion systems. **Applied Energy**, 130, p. 289-304, 2014.

IAKOVOU, E.; KARAGIANNIDIS, A.; VLACHOS, D.; TOKA, A.; & MALAMAKIS, A. Waste biomass-to-energy supply chain management: a critical synthesis. **Waste management**, 30(10), p. 1860-1870, 2010.

IOANNOU, K.; TSANTOPOULOS, G.; ARABATZIS, G.; ANDREOPOULOU, Z.; & ZAFEIRIOU, E. A spatial decision support system framework for the evaluation of biomass energy production locations: Case study in the regional unit of drama, Greece. **Sustainability**, 10(2), p. 531, 2018.

JEONG, J. S.; & RAMÍREZ-GÓMEZ, Á. Optimizing the location of a biomass plant with a fuzzy-DEcision-MAking Trial and Evaluation Laboratory (F-DEMATEL) and multi-criteria spatial decision assessment for renewable energy management and long-term sustainability. **Journal of Cleaner Production**, 182, p. 509-520, 2018.

KHADEMALHOSEINY, M. S.; AHMADI NADOUSHAN, M.; & RADNEZHAD, H. Site selection for landfill gas extraction plant by fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy analytic network process in the city of Najafabad, Iran. **Energy & Environment**, 28(7), p. 763-774, 2017.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GÖTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P.; MOHER, D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*, 151(4), W-65, 2009.

LÓPEZ-DÍAZ, D. C.; LIRA-BARRAGÁN, L. F.; RUBIO-CASTRO, E.; PONCE-ORTEGA, J. M.; & EL-HALWAGI, M. M. Optimal location of biorefineries considering sustainable integration with the environment. **Renewable Energy**, 100, p. 65-77, 2017

MAYERLE, S. F.; & DE FIGUEIREDO, J. N. Designing optimal supply chains for anaerobic bio-digestion/energy generation complexes with distributed small farm feedstock sourcing. **Renewable Energy**, 90, p. 46-54, 2016.

MUKHERJEE, D.; CROMLEY, R. G.; SHAH, F. A.; & BRAVO-URETA, B. E. Optimal location of centralized biodigesters for small dairy farms: A case study from the United States. **International Journal of sustainable energy planning and management**, 8, p. 3-16, 2015.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, 105(3), p. 2109-2135, 2015.

RAMACHANDRA, T. V.; KRISHNA, S. V.; & SHRUTHI, B. V. Decision support system to assess regional biomass energy potential. **International Journal of Green Energy**, 1(4), p. 407-428, 2005.

SILVA, S.; ALÇADA-ALMEIDA, L.; DIAS, L. C. Multiobjective programming for sizing and locating biogas plants: A model and an application in a region of Portugal. **Computers & Operations Research**, 83, p. 189-198, 2017.

TAIFOURIS, M. R.; MARTIN, M. Multiscale scheme for the optimal use of residues for the production of biogas across Castile and Leon. **Journal of Cleaner Production**, 185, p. 239-251, 2018.