



Engenharia de Produção:

NOVAS PESQUISAS e TENDÊNCIAS

2

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.ª Dr.ª Claudia Flores Rodrigues

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Pauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Tânia do Carmo

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

E576 Engenharia da produção: novas pesquisas e tendências [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 258 p. – ISBN 978-65-88580-85-1

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.51

1. Engenharia de produção. 2. Logística. 3. Sustentabilidade. 4. Comportamento organizacional. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 658.5

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de
Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

07

Análise do potencial de geração de biogás a partir dos dejetos pecuários

Analysis of the potential for biogas generation from livestock waste

Rafael de Andrade Marques Lúcio

(Universidade Estadual Paulista - UNESP)

Rosane Aparecida Gomes Battistelle

(Universidade Estadual Paulista - UNESP)

Vinícius Carrijo dos Santos

(Universidade Estadual Paulista - UNESP)

DOI: 10.47573/aya.88580.2.51.7

Resumo

Os dejetos produzidos a partir de atividades pecuárias geram um grande passivo ambiental. O aproveitamento dos dejetos pecuários para geração de energia é uma tendência por reduzir o passivo ambiental e incrementar a receita dos produtores rurais. A partir deste contexto, esse trabalho analisou as potencialidades em produção de biogás por meio de dejetos pecuários nos municípios do Mato Grosso do Sul. O objetivo foi selecionar a localização ideal de uma unidade geradora de biogás a partir do dejetos provenientes da atividade pecuária (de suínos e aves) por meio do método de análise de decisão multicritério (SMARTER - Simple Multi-Attribute Rating Technique Using Exploiting Rankings). Os critérios levantados na literatura para avaliação foram: a área com estabelecimentos agropecuários do município; número de produtores; e o potencial de geração de biogás a partir de dejetos. As alternativas de decisão foram definidas de acordo com o potencial de geração de biogás, onde os cinco municípios de maior potencial foram priorizados, sendo eles, Sidrolândia, Dourados, Glória de Dourados, São Gabriel do Oeste e Itaporã. Após a construção do modelo de decisão SMARTER com auxílio de planilhas eletrônicas foi possível levantar os pesos dos critérios e o ranqueamento final das 5 alternativas. A alternativa que obteve maior utilidade multiatributo foi o Município de Glória de Dourados. O modelo estruturado permitiu selecionar o município com maior potencial de desenvolver uma unidade de geração de energia compartilhada de energia a partir de dejetos pecuários.

Palavras-chave: biogás. dejetos pecuários. tendência. multicritério. SMARTER.

Abstract

The waste produced from livestock activities generates a large environmental liability. The use of livestock waste for energy generation is a trend for reducing environmental liabilities and increasing the income of rural producers. From this context, this work analyzed the potential in biogas production through livestock waste in the municipalities of Mato Grosso do Sul. swine and poultry) through the multi-criteria decision analysis method (SMARTER - Simple Multi-Attribute Rating Technique Using Exploiting Rankings). The criteria raised in the literature for evaluation were: the area with agricultural establishments in the municipality; number of producers; and the potential for generating biogas from manure. The decision alternatives were defined according to the biogas generation potential, where the five municipalities with the greatest potential were prioritized, namely, Sidrolândia, Dourados, Glória de Dourados, São Gabriel do Oeste and Itaporã. After building the SMARTER decision model with the aid of electronic spreadsheets, it was possible to raise the criteria weights and the final ranking of the 5 alternatives. The alternative that obtained greater multi-attribute utility was the Municipality of Glória de Dourados. The structured model allowed selecting the municipality with the greatest potential to develop a shared energy generation unit from livestock waste.

Keywords: biogas. livestock waste. trend. multicriteria. SMARTER

INTRODUÇÃO

A produção de animais tem sofrido grandes modificações nas últimas décadas, o sistema passou de criação extensiva para um modelo intensivo de confinamento, isso fez com que o Brasil, país de destaque na produção de bovinos, suínos e aves aumentasse os problemas ambientais oriundos da atividade pecuária. Em função dessa alta concentração, surgiu a necessidade de alternativas que permitam minimizar esse problema, e tentar agregar um valor aos resíduos dos sistemas de produção de animais confinados (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

Um dos principais problemas vem do dejetos sem tratamento lançado diretamente no solo ou cursos de água. Caso o dejetos do sistema de produção de animais confinados intensivo não receba o devido tratamento, a infiltração da água contaminada pelo resíduo irá contaminar os lençóis freáticos e conseqüentemente produzirá a eutrofização dos recursos hídricos, tornando-se um problema à saúde humana, animal e vegetal (BITTENCOURT, 2015).

Uma das principais maneiras de aproveitamento de dejetos pecuários de suínos, bovinos e aves é a aplicação como biofertilizantes após a compostagem. Segundo Bittencourt (2015) a compostagem é um processo controlado e acelerado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos, no final deste processo, é gerado um composto com características estáveis e com potencial para ser utilizado como fertilizante, no próprio local de geração, agregando assim um valor ao sistema produtivo.

Segundo Konzen (2000) as alternativas de utilização de dejetos de suínos e de bovinos, como insumos, atualmente mais praticados no território brasileiro são: a integração com produção de grãos, forragens, pastagens para bovinos e fruteiras tropicais.

No Brasil, os resíduos de origem animal formam uma importante fonte para obtenção da biomassa, sendo sua utilização em sistemas biointegrados favorável a produção energética gerando benefícios econômicos e ambientais (CALZA *et al.*, 2015). Segundo Catapan *et al.* (2013) a biomassa é considerada a matéria orgânica proveniente de dejetos animais e com potencial para geração de energia elétrica.

Por meio de biodigestores que transformam o biogás em energia é possível gerar energia renovável, porém a implantação destes sistemas envolve elevado custo de aquisição e implementação, demanda assim uma análise mais aprofundada (CATAPAN *et al.*, 2013).

De modo a sugerir soluções para esse problema, o objetivo deste trabalho é selecionar uma localização ideal de uma unidade integrada municipal de geração de biogás (no Mato Grosso do Sul) a partir do dejetos provenientes da atividade pecuária (Dejetos de suínos e aves) utilizando método de análise de decisão multicritério estruturado (SMARTER - Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings).

Para solucionar esse problema de tomada de decisão será utilizado o método multicritério estruturado SMARTER, que utiliza de fatores quantitativos e qualitativos a fim de obter um denominador comum.

Referencial teórico

Segundo Bley Junior *et al.* (2009) os dejetos pecuários produzem energia proveniente do biogás oriundo da biodigestão dos efluentes, tendo como subproduto o biofertilizante, além disso, os criadores e toda a cadeia produtiva da carne, ao tratar sanitariamente a biomassa residual poderiam comercializar créditos de carbono (BLEY JUNIOR *et al.*, 2009). A potencial comercialização de créditos de carbono auxilia na viabilização da aquisição dos sistemas de biodigestores.

Aproveitamento de resíduos para geração de energia

A biodigestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo e sua utilização na produção de biogás para transformação em energia de cozimento, iluminação e como biofertilizante é muito popular nos países asiáticos, a exemplo da China e Índia (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

Segundo Kunz e Oliveira (2006) o interesse pelo biogás no Brasil intensificou-se nas décadas de 70 e 80, particularmente pelos suinocultores, programas oficiais estimularam a implantação de muitos biodigestores focados. Segundo os mesmos autores alguns fatores foram responsáveis pelo insucesso dos programas de biodigestores nesse período: Falta de conhecimento técnico para construção e operação dos biodigestores; custos elevados de implantação e manutenção; aproveitamento do biofertilizante demandava equipamentos específicos; falta de equipamentos desenvolvidos exclusivamente para o uso do biogás e reduzida durabilidade do maquinário que existia; ausência de condensadores para água e de filtros para os gases; disponibilidade elevada e baixo custo da energia elétrica e do gás natural do petróleo (GNP) na época; e, ausência de resolução da questão ambiental, uma vez que os biodigestores não são considerados como um sistema completo de tratamento de efluente.

O grande desafio de regiões com elevada concentração de animais é a redução da geração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) e principalmente a utilização do metano (CH₄) como fonte de energia térmica para substituir o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

O biodigestor é uma estrutura projetada e construída a fim de produzir a situação mais favorável possível para que a degradação da biomassa seja realizada sem contato com o ar, proporcionando condições ideais para que certos tipos especializados de bactérias, altamente vorazes se tratando de materiais orgânicos passem a predominar nesse meio e provocar a degradação de forma acelerada (BLEY JUNIOR *et al.*, 2009). As formas mais tecnificadas de digestores são: digestores de mistura completa (tanques de concreto construídos acima ou abaixo do nível do terreno, com cobertura em lonas plásticas que são utilizadas para tratamento de efluentes com altas concentrações de sólidos, entre 3 a 40%, requerendo menos área que as lagoas); ou digestores plug flow (tanques geralmente retangulares utilizados para efluentes com alta concentração de fibras) (BLEY JUNIOR *et al.*, 2009). A figura 1 apresenta um exemplo de biodigestor.

Figura 1 - Biodigestor em operação



Fonte: Oliveira e Higarashi (2006).

O biodigestor recebe os efluentes brutos, cria um ambiente sem oxigênio e propicia as condições para a liberação dos gases, o biogás fica armazenado na área livre da cúpula do biodigestor, que nesse caso é transformada em gasômetro, ou vai para o gasômetro, que tem a função de acumular o gás, na sequência o biogás pode ser canalizado para várias aplicações, como processos de aquecimento ou resfriamento e acionamento de motogeradores de energia elétrica que utilizem esse combustível (BLEY JUNIOR *et al.*, 2009).

Geração de energia elétrica a partir do biogás

Destaca-se inicialmente em um projeto conduzido por Bley Junior *et al.* (2009) que existe um potencial teórico conservado a produção de energia elétrica a partir de biomassa de dejetos pecuários de cerca de 1TWh/mês, ou, um bilhão de KWh/mês, o que equivale ao consumo de uma cidade de 4,5 milhões de habitantes, além disso, o custo da energia evitada (deixada de ser adquirida consumindo a própria produção) é da ordem de R\$ 0,22 o KWh, tendo uma economia mensal de R\$ 220.000,00 por parte dos criadores e de R\$ 2,7 bilhões por ano.

A cogeração de energia e calor (Combined Heat and Power - CHP) é a geração simultânea de eletricidade e calor, as usinas de cogeração se dividem em aquelas que produzem principalmente calor e aquelas com ênfase na produção de eletricidade, na maioria dos casos, são utilizadas usinas de cogeração com motores de combustão acoplados a um gerador, os motores operam em rotação constante de maneira que o gerador acoplado forneça energia compatível com a frequência da rede, para acionar o gerador e gerar eletricidade, pode-se utilizar micro-turbinas a gás, motores Stirling ou células de combustível (ROHSTOFFE, 2010). A biodigestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo e sua utilização na produção de biogás para transformação em energia de cozimento, iluminação e como biofertilizante é muito popular nos países asiáticos, a exemplo da China e Índia (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

Problema de localização

O problema de localização de instalações das usinas é um desafio crítico enfrentado por empresas novas e já localizadas (onde a mesma pode estar em local que não obtém seu melhor desempenho), esta decisão é crucial para o sucesso ou insucesso da organização (JACOBS; CHASE, 2009).

Geralmente as decisões de localização têm efeito nos custos de produção, bem como

em sua capacidade de atender aos clientes, essas decisões, quando tomadas, são difíceis de reverter, os custos de mudança de uma operação podem ser extremamente elevados (SLACK *et al.*, 2018).

Na visão de Martins e Laugeni (2013) deve-se separar dos fatores relevantes para a localização aqueles que podem ser avaliados objetivamente, como custos, distâncias, volumes, etc. Os mesmos autores ainda afirmam que os fatores para os quais medidas quantitativas não sejam possíveis devem ser classificados como subjetivos e deverão ser avaliados qualitativamente.

Tomada de decisão

Os problemas de tomada de decisão do mundo real, geralmente, são muito complexos e mal estruturados para serem considerados através do exame de um único critério, atributo ou ponto de vista que levará a uma decisão ótima (DOUMPOS; GRIGOROUDIS, 2013).

O problema do decisor consiste em avaliar os múltiplos objetivos, de forma integrada. Objetivos esses apresentados por variáveis, muitas vezes em unidades de medida diferentes (ALMEIDA, 2013). Desta maneira, os métodos de decisão multicritério (MCDM) são de grande valia para problemas que envolvem vários objetivos como na definição da melhor localização de uma instalação, onde muitas vezes o processo de decisão deve captar vários tradeoffs como a troca entre custo e qualidade.

A maioria dos problemas de decisão não tem somente um objetivo, a regra envolve objetivos múltiplos e conflituosos, a comparação e as trocas entre objetivos de natureza e de mensuração muito diferentes torna a tarefa complexa (EHRlich, 1996).

O acrônimo MCDA (Multiple Criteria Decision Aid), em português Apoio a Decisão Multicritério, também chamado de Análise Multicritério, concentra-se no desenvolvimento e implementação de ferramentas e metodologias de apoio à decisão para enfrentar problemas complexos de decisão que envolvam vários critérios, metas ou objetivos de natureza conflitante (DOUMPOS; GRIGOROUDIS, 2013).

Geralmente, o processo de tomada de decisão envolve resumidamente as seguintes etapas: definição do problema; identificação da necessidade; definição de metas; seleção das alternativas; identificação dos critérios adequados; seleção da ferramenta de tomada de decisão adequada; avaliação de todas as alternativas com base nos critérios; e, validação do resultado (MUKHERJEE, 2017).

Método SMARTER

Desenvolvido em 1994 por Edwards e Barron o SMARTER (Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings, ou, Técnica simples de classificação de múltiplos atributos usando classificações de exploração) foi sugerido para obtenção da utilidade multiatributo.

Diferente do método SMART (Simple Multiattribute Rate Technique) no SMARTER os pesos de cada critério são definidos de acordo com sua importância relativa, abordagem conhecida como exploração da ordenação dos critérios (SCHRamm; MORAIS, 2008). Após a ordenação dos critérios são utilizados valores pré-determinados denominados ROC weights (Rank

Order Centroid weights) para os pesos (LOPES; ALMEIDA, 2008).

O processo que tem por objetivo medir a utilidade multiatributo de alternativas SMARTER desenvolvido por Edwards e Barron (1994) é realizado conforme as 9 etapas que seguem:

- Etapa 1: Identificação do propósito e do modelo de tomada de decisão, levantamento do objetivo da elicitação de valores;
- Etapa 2: Construção da árvore de critérios, elicitando uma estrutura hierárquica de objetivos ou uma lista de atributos potencialmente relevantes para o propósito de elicitação de valor;
- Etapa 3: Definição dos objetos ou alternativas em avaliação e suas consequências relacionando com os atributos definidos na etapa 2;
- Etapa 4: Formulação da matriz objeto de avaliação por atributos. Sempre que possível deve-se utilizar medidas físicas das alternativas, porém, quando necessário, as entradas podem ser julgadas por meio de utilidades unidimensionais;
- Etapa 5: Colocar as opções em uma escala ordinal e eliminar as que forem completamente dominadas em relação a outra alternativa. Fazer o mesmo para opções dominadas cardinalmente caso existam;
- Etapa 6: Reformular as entradas da matriz de alternativas por atributos para utilidades unidimensionais. Inicialmente deve-se testar a linearidade das utilidades unidimensionais. Os valores correspondentes as utilidades são obtidas por meio de uma função física do critério;
- Etapa 7: Nessa fase são ordenados os atributos por ordem de importância no processo de decisão;
- Etapa 8: Usar a tabela fornecida por Edwards e Barron (1994) para obter os pesos de cada critério (ROC weights) segundo a ordem definida na etapa anterior;
- Etapa 9: A partir da definição dos pesos dos critérios/atributos é possível calcular todas as utilidades multiatributo conforme equação 1 e decidir entre as alternativas.

$$U(a) = \sum_k w_k u_k(a) \quad (1)$$

Em que,

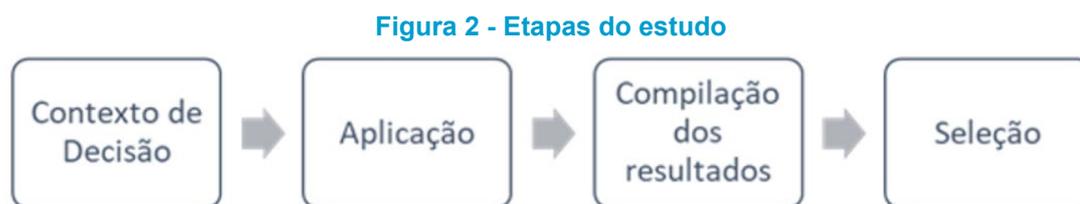
w_k = Peso do atributo/critério k ;

u_k = Utilidade unidimensional do atributo k da alternativa (a) .

METODOLOGIA

Para atender os objetivos propostos no trabalho foi utilizado o SMARTER também foram obtidas informações provenientes da literatura para delineamento do trabalho (definição dos fatores/critérios sensíveis a localização de biodigestor compartilhado) juntamente com dados obtidos por meio do censo agropecuário do IBGE (2017). Além disso foram utilizadas planilhas eletrônicas por meio do Microsoft Excel® para tratamento e execução do método.

O estudo foi executado conforme as etapas apresentadas na Figura 2.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Contexto de decisão: Inicialmente foram priorizados os 5 municípios (alternativas) no Mato Grosso do Sul (MS) que possuem maior potencial de geração de biogás, o cálculo da projeção de geração de biogás foi realizado para todos os municípios do estado por meio de informações do censo agropecuário. Foram levantados na literatura os fatores (distância de grandes geradores, potencial de geração de energia, redução de custos de transporte e rendimento energético por tipo de dejetos) que interferem na decisão de localização de uma unidade de aproveitamento compartilhado de dejetos (aves e suínos) para produção de biogás;

Aplicação do modelo de decisão: O modelo de decisão foi elaborado conforme as 9 etapas propostas no SMARTER desenvolvido por Edwards e Barron (1994), iniciando pela obtenção dos atributos individuais (desempenho individual do município para cada atributo) por meio do censo agropecuário de 2017, posteriormente foram calculadas as utilidades unidimensionais de cada critério de cada alternativa para então ordenar os critérios e obter o peso de cada atributo;

Compilação dos resultados no MS-Excel®: As informações foram compiladas no software MS-Excel® seguindo as etapas do método SMARTER desenvolvido por Edwards e Barron (1994) para obtenção da melhor localização obtidas pela priorização dos 5 municípios selecionados (Sidrolândia, Dourados, Glória de Dourados, São Gabriel do Oeste e Itaporã) estas cidades foram pré-selecionadas por conta do elevado potencial de geração de biogás.

Seleção da localização e análise dos resultados: Após a avaliação e o ranqueamento das alternativas foi escolhida a melhor localização.

APLICAÇÃO DO MÉTODO SMARTER

Contexto de decisão

A definição da melhor localização de uma unidade de aproveitamento do biogás de múltiplas fontes no estado de Mato Grosso do Sul (MS), envolveu inicialmente a priorização dos 5 municípios que possuíssem maior potencial de geração de biogás a partir de dejetos provenientes da pecuária. Para fins de análise, duas atividades pecuárias (avicultura e suinocultura) foram utilizadas como base de dados pelo alto nível de intensificação de ambas, fato que favorece a obtenção de esterco concentrado, aumentando a eficiência e operacionalização do sistema de aproveitamento de dejetos, além disso, os dejetos provenientes destas duas atividades propiciam melhor eficiência na obtenção de biogás, otimizado assim o transporte e o processamento do resíduo.

Para a priorização foram utilizadas informações do tamanho de rebanho de aves e su-

ínos por cidade a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) e calculado o potencial de geração de biogás a partir da relação apresentada por Kunz e Oliveira (2006) em que um suíno de 90 quilogramas de peso vivo gera em média 0,24 m³ de biogás por dia, enquanto uma ave de 2,5 quilogramas de peso vivo tem o potencial de produzir 0,014 m³ de biogás por dia. De posse dessas informações que estão apresentadas na Tabela 1 foi possível analisar quais municípios seriam avaliados na decisão de definir a melhor localização para a unidade de aproveitamento de dejetos compartilhado do MS.

Tabela 1 – Potencial de geração de biogás proveniente de dejetos de suínos e galináceos.

Município	SUÍNO – M ³ de biogás/dia	AVES – M ³ de biogás/dia	TOTAL
Sidrolândia	3.679,68	98.871,58	102.551,26
Dourados	17.869,44	55.722,07	73.591,51
Glória de Dourados	51.188,40	18.161,00	69.349,40
São Gabriel do Oeste	59.105,52	2.361,53	61.467,05
Itaporã	29.264,88	20.713,08	49.977,96

Fonte: Elaborado pelos autores (2021) segundo dados do IBGE (2017).

Aplicação do modelo de decisão

De posse das alternativas, foram levantados os fatores que mais interferem na eficiência de abastecimento da unidade de aproveitamento de dejetos pecuários compartilhados, além do potencial de geração do biogás proveniente de ambas as fontes (suínos e aves) fatores relacionados ao abastecimento foram levados em consideração. A primeira característica a ser analisada foi o rendimento de biogás por massa de esterco transportada, segundo Kunz e Oliveira (2006) um quilograma de esterco suíno produz 0,079 m³ de biogás, enquanto nas aves um quilograma de esterco gera apenas 0,050 m³ de biogás, esse fator é sensível a localização uma vez que é preferível transportar esterco de suíno invés de esterco de aves. Outro fator relevante, é a quantidade de estabelecimentos que possuem atividade pecuária em suinocultura ou em avicultura, considerando que com um maior número de produtores ligados a essa atividade é maior, assim mais provável que outros direcionarem seus dejetos para esta unidade compartilhada, sendo mais uma vez mais interessante que esse número seja superior na suinocultura do que na avicultura. Por último, também deve ser considerado a área de estabelecimentos agropecuários, no qual os municípios mais extensos podem apresentar maior custo de transporte e dificuldade de abastecimento da unidade, neste critério quanto menor for a área de estabelecimentos agropecuários do município melhor será o desempenho daquela alternativa. A Tabela 2 apresenta os atributos adotados no problema de localização e a ordem de importância.

Tabela 2 – Ordenação dos atributos.

Ordenação dos atributos	1º	2º	3º	4º	5º
Atributos	C1 Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares-ha)	C2 Número de estabelecimento com suínos	C3 Número de estabelecimentos com aves	C4 SUÍNO – M ³ de biogás/dia	C5 AVES – M ³ de biogás/dia

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Os desempenhos individuais de cada município foram obtidos a partir do censo agropecuário do IBGE (2017) e utilizados no modelo de decisão são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de decisão

Municípios	Atributos				
	C1 Área dos estabelecimentos agropecuários (ha)	C2 Número de estabelecimento com suínos	C3 Número de estabelecimentos com aves	C1 SUÍNO – M ³ de biogás/dia	C5 AVES – M ³ de biogás/dia
Sidrolândia	425.339	1.792	2.758	3.679,68	98.871,58
Dourados	341.022	584	800	17.869,44	55.722,07
Glória de Dourados	41.695	176	223	51.188,40	18.161,00
São Gabriel do Oeste	336.602	328	421	59.105,52	2.361,53
Itaporã	114.674	157	293	29.264,88	20.713,08

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A partir da matriz de decisão apresentada na Tabela 3 foi possível obter as utilidades unidimensionais conforme apresentado na Tabela 4 e nenhuma das alternativas foram dominadas. Nessa definição, alguns atributos podem ser do tipo maior-melhor (C2, C3, C4 e C5) ou menor-melhor (C1), no qual a alternativa de melhor desempenho recebe avaliação (como uma nota) de 1,0 a de pior desempenho recebe pontuação 0,0, sendo atribuído valores intermediários para demais alternativas.

Tabela 4 – Matriz com alternativas não dominadas e utilidades unidimensionais

Municípios	Atributos				
	C1 Área dos estabelecimentos agropecuários (ha)	C2 Número de estabelecimento com suínos	C3 Número de estabelecimentos com aves	C4 SUÍNO – M ³ de biogás/dia	C5 AVES – M ³ de biogás/dia
Sidrolândia	0	1	1	0	1
Dourados	0,219	0,261	0,227	0,256	0,553
Glória de Dourados	1	0,011	0	0,857	0,163
São Gabriel do Oeste	0,231	0,104	0,078	1	0
Itaporã	0,809	0	0,027	0,461	0,190

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A partir da ordenação dos atributos demonstrados na Tabela 2 foi possível calcular os pesos dos critérios (ROC weights) sendo o resultado é demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Peso dos critérios – ROC weights

Peso dos critérios	C1 Área dos estabelecimentos agropecuários (ha)	C2 Número de estabelecimento com suínos	C3 Número de estabelecimentos com aves	C4 SUÍNO – M ³ de biogás/dia	C5 AVES – M ³ de biogás/dia
	0,4567	0,2567	0,1567	0,09	0,04

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Por meio da multiplicação entre as utilidades unidimensionais de cada alternativa pelo peso dos critérios foi possível obter as utilidades multiatributo conforme apresentado na Tabela 6. Sendo que a utilidade multiatributo demonstra uma avaliação global de cada alternativa.

Tabela 6 – Utilidades multiatributo.

Município	Utilidades multiatributo
Sidrolândia	0,4534
Dourados	0,2482
Glória de Dourados	0,5434
São Gabriel do Oeste	0,2347
Itaporã	0,4233

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A alternativa com maior valor de utilidade global é o município de Glória de Dourados seguida de Sidrolândia e Itaporã. Ao avaliar a alternativa de melhor desempenho, critério por critério, a melhor pontuação foi obtida no item de maior peso (área de estabelecimentos agropecuários – hectares), e, apesar do resultado satisfatório, a alternativa possui uma pontuação elevada contribuição deste critério. Apesar da melhor avaliação global da cidade Glória de Dourados, os municípios de Sidrolândia e São Gabriel do Oeste, também obtiveram um resultado satisfatório. Vale lembrar que a decisão envolve o cenário obtido por meio dos dados do último censo agropecuário (IBGE, 2017). A alteração desses dados nos próximos anos ou da importância relativa dos atributos pode gerar resultados divergentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do método SMARTER foi possível modelar o processo decisório de maneira racional, levantando os fatores sensíveis a melhor localização de uma instalação de uma unidade de geração de bioenergia compartilhada entre vários produtores.

O estudo a ser compartilhado cumpriu os objetivos propostos avaliando de maneira global o problema de localização de uma unidade de produção de biogás a partir de dejetos pecuários e definindo a melhor localização para instalação deste empreendimento no estado do Mato Grosso do Sul. Porém, para uma avaliação mais robusta, os pesos dos critérios podem ser variados por meio de análise de sensibilidade para verificar potenciais alterações no ranqueamento dos municípios. Pode-se também verificar a diferença na eficiência de transporte das duas fontes de dejetos (suínos e aves).

O resultado final apresenta a melhor localização no município de Glória de Dourados, porém duas cidades (Sidrolândia e Itaporã) apresentam resultados satisfatórios, tornando-as aptas a receberem uma instalação de geração de energia a partir de dejetos pecuários em um segundo momento.

Como sequência desta pesquisa pretende-se incorporar os dejetos de municípios localizados dentro de uma mesma região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.
- BITTENCOURT, Gustavo Amaro. Sistema de estabilização de dejetos e cama de bovinos de leite por compostagem. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, 2015.
- CALZA, Lana F. *et al.* Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. Engenharia Agrícola, v. 35, n. 6, p. 990-997, 2015.
- CATAPAN, Anderson *et al.* Utilização de Biodigestores Para Geração de Energia Elétrica a Partir de Dejetos de Suínos e Equinos: Uma Análise da Viabilidade Financeira Com o Uso da Simulação de Monte Carlo. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2013.
- DOUMPOS, M.; GRIGOROUDIS, E. Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence. Wiley (UK), 2013.
- EDWARDS, Ward; BARRON, F. Hutton. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. Organizational behavior and human decision processes, v. 60, n. 3, p. 306-325, 1994.
- EHRlich, Pierre Jacques. Modelos quantitativos de apoio as decisões: II. Revista de Administração de Empresas, v. 36, n. 2, p. 44-52, 1996.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. S. Princípios e métodos para a tomada de decisão: Enfoque multicritério. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário de 2017. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2021.
- JACOBS, F. Robert; CHASE, Richard B. Administração da produção e operações: o essencial. Bookman Editora, 2009.
- JÚNIOR, Cícero Bley *et al.* Agroenergia da biomassa residual. 2ª ed. rev. – Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009.
- KONZEN, Egídio Arno. Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção. Embrapa Milho e Sorgo-Documents (INFOTECA-E), 2000.
- KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. Revista de Política Agrícola, v. 15, n. 3, p. 28-35, 2006.
- LOPES, Yuri Gama; DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. Enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço: aplicação do método SMARTER. Sistemas & Gestão, v. 3, n. 2, p. 114-128, 2008.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando Piero. Administração da produção fácil. Editora Saraiva, 2013.
- MUKHERJEE, Krishnendu. Supplier Selection: An MCDA-Based Approach. Springer, 2017.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, Martha Mayumi. Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos. Embrapa Suínos e Aves-Documentos (INFOTECA-E), 2006.

ROHSTOFFE, FACHAGENTUR NACHWACHSENDE. Guia prático do biogás: geração e utilização. Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor da Alemanha, 2010.

SLACK, N; BRANDON-JONES, A; JOHNSTON, R. Administração da produção. - 8 ed. - São Paulo : Atlas, 2018.

