



ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DA PARTICIPAÇÃO DE BIORREFINARIAS NA CADEIA DE FORNECIMENTO DE BIODIESEL PARA USO EM UMA MINERADORA

E.S.C. Freitas¹, R. C. Santos², L.H. Xavier³, L.L.N. Guarieiro⁴

^{1,2,4} *Centro Universitário SENAI CIMATEC, BA, Brasil, e-mail: emmanuelle-freitas@hotmail.com*

³ *Centro de Tecnologia e Mineração – CETEM, RJ, Brasil*

RESUMO: O rápido crescimento populacional atrelado ao alto consumo energético, demanda a necessidade de novas formas de energia. É neste contexto que as biorrefinarias se afirmam pela utilização de biomassa. Assim sendo, este artigo tem como foco auxiliar uma mineradora localizada em Vazante-MG, quanto à escolha da melhor biorrefinaria para a operação de fornecimento de biodiesel. Esta análise é composta por três etapas: a primeira, uma análise econômica (combustível e consumo); seguida por uma análise logística, através de um software de roteirização e por fim, uma análise de sensibilidade utilizando as duas primeiras etapas. A partir dessa análise, verificou-se que a biorrefinaria Binatural, localizada em Formosa – GO é a escolha ideal para a cadeia de fornecimento de biodiesel para a mineradora.

Palavras-chave: Biodiesel; Viabilidade Econômica; Análise de sensibilidade; Biorrefinarias.

SE SENSITIVITY AND ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS OF BIORFINERY PARTICIPATION IN THE BIODIESEL SUPPLY CHAIN FOR USE IN A MINING COMPANY

Abstract: Rapid population growth coupled with high-energy consumption demands the need for new forms of energy. It is in this context that biorefineries are affirmed by the use of biomass. Therefore, this article focuses on assisting a mining company located in Vazante-MG, regarding the choice of the best biorefinery for the biodiesel supply operation. This analysis consists of three steps: the first, an economic analysis (fuel and consumption); followed by a logistic analysis using a scripting software and finally a sensitivity analysis using the first two steps. From this analysis, it was found that the Binatural biorefinery, located in Formosa - GO is the ideal choice for the mining biodiesel supply chain.

Keywords: Biodiesel; Economic Viability; Sensitivity Analysis; Biorefineries.



1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, as mudanças ambientais e os impactos causados pelo uso inadequado dos recursos naturais, geram uma necessidade de urgência na busca e desenvolvimento de novas fontes alternativas de energia que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente [1]. Estas novas alternativas de energia deverão suprir a necessidade energética mundial e ser uma fonte de menor emissão de poluentes, visto que a cada ano há mudanças ambientais, causada principalmente pela queima de combustíveis fósseis, que libera gases poluentes e prejudicam a saúde e o meio ambiente, contribuindo para o processo de aquecimento global [2]. E uma das alternativas à substituição do diesel é o biodiesel.

Neste contexto, a utilização da biomassa em biorrefinaria contribui e proporciona uma escolha consciente da utilização de um recurso, reforçando o compromisso da sociedade com o seu desenvolvimento econômico sustentável. A sobrevivência dessas biorrefinarias é fundamental para as boas práticas industriais, desde a utilização de matérias-primas renováveis a utilização de insumos secundários, como óleos e gorduras residuais (OGR) para a produção deste biocombustível. A partir dessa prática, essas biorrefinarias são abastecidas por uma matéria-prima mais barata, tornando-se uma alternativa para indústrias que desejam utilizar um biocombustível em sua matriz energética interna e reduzir custo com a aquisição de combustível.

O uso do biodiesel é crescente em todo o mundo, principalmente nos países membros da União Europeia e dos Estados Unidos, que estão entre os maiores produtores mundiais. No Brasil, pioneiro no uso de biocombustíveis, cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos já são renováveis, enquanto o resto do mundo, ainda tem 86% da energia de fontes não renováveis [3]. Atualmente, no Brasil, utiliza-se a mistura diesel/biodiesel na proporção de 11% (90% diesel e 11% biodiesel), contudo a aplicação de biodiesel em diferentes teores de misturas com o diesel, vem sendo testadas em frota de veículos de empresas particulares a fim de conhecer as vantagens técnicas, econômicas e ambientais associadas ao seu uso desde biocombustível.

O biodiesel possui benefícios de reduzir as emissões de gases poluentes e ter baixa toxicidade quando comparado ao diesel, e conseqüentemente menos efeitos nocivos à saúde humana [4]. Além disso, reduz significativamente os impactos causados ao meio ambiente, pois quase sempre o desenvolvimento de atividades de mineração implica na supressão de vegetação, exposição do solo aos processos erosivos com alterações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, além de causar poluição do ar, quando utilizado na combustão em motores de combustão interna [5].

Assim, a utilização da biomassa a partir de uma biorrefinaria contribui e proporciona uma escolha consciente da utilização de um recurso, reforçando o compromisso da sociedade com o seu desenvolvimento econômico sustentável. A



sobrevivência dessas biorrefinarias é fundamental para as boas práticas industriais, desde a utilização de matérias-primas renováveis a utilização de insumos secundários, como óleos e gorduras residuais (OGR) para a produção deste biocombustível. A partir dessa prática, essas biorrefinarias são abastecidas por uma matéria-prima mais barata, tornando-se uma alternativa para indústrias que desejam utilizar um biocombustível em sua matriz energética interna e reduzir custo com a aquisição de combustível [6].

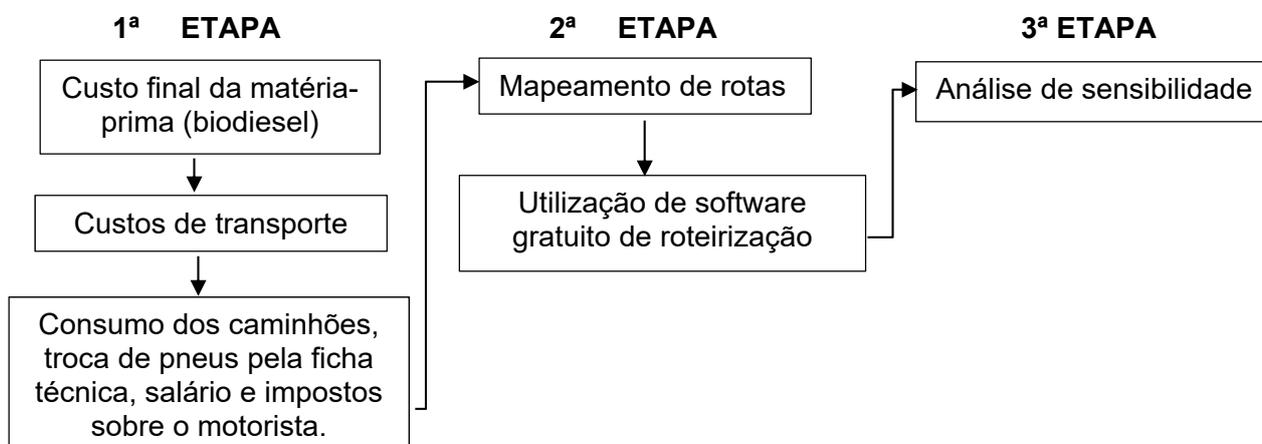
Neste contexto, foi realizado um estudo partindo do princípio de implementação de um maior teor de biodiesel em uma frota de mineração. Para tanto, é importante identificar as biorrefinarias localizadas próximas da instalação da mineradora e avaliar o cenário econômico quanto ao preço praticado do biodiesel, logística e disponibilidade para fornecimento da matéria-prima. O referido procedimento foi composto por três etapas envolvendo a determinação do preço final do biodiesel pela biorrefinaria, o conhecimento das operações de logísticas e disponibilidade da matéria-prima a ser utilizada na produção de biodiesel e a análise de sensibilidade envolvendo as duas etapas supracitadas a fim de definir a biorrefinaria ideal para fazer parte da cadeia de fornecimento de biodiesel da mineradora.

2. METODOLOGIA

Como proposta metodológica, foi utilizada a análise econômica e de sensibilidade, relacionados ao custo de transporte e de aquisição do biodiesel em uma biorrefinaria por uma mineradora. A fim de apresentar a melhor biorrefinaria para aquisição deste biocombustível.

Neste contexto, sugere-se um procedimento composto por três etapas, conforme Fluxograma 1.

Fluxograma 1: Etapas metodológicas



A primeira etapa, foi o conhecimento dos custos de transporte, como preço do combustível (ANP), consumo dos caminhões e troca de pneus pela ficha técnica,



salário e impostos sobre o motorista. A segunda etapa trata-se do conhecimento das operações de transporte e utilização de um software de roteirização, para identificar as melhores rotas entre as biorrefinarias e a mineradora e as prováveis paradas para abastecimento. A terceira e última etapa teve como objetivo a análise de sensibilidade dos valores quanto ao custo de transporte e do custo quanto a aquisição do biodiesel.

Desta forma, é possível identificar que pode ser vantajoso tanto para a mineradora com redução do custo com transporte e aquisição, quanto para a biorrefinaria participar da cadeia de fornecimento de biodiesel.

Na análise de sensibilidade, foram considerados dois fatores, o preço de compra do biodiesel fornecido pela biorrefinaria e o custo global do transporte desse biodiesel até a mineradora. Para o preço do biodiesel, foram considerados os ofertados pelas biorrefinarias e que fossem mais viáveis para a mineradora, ou seja, valores entre R\$ 2,30 até R\$ 2,37, preços finais do biodiesel de acordo com dados da ANP. Para a distância de transporte, foram considerados todos os trajetos possíveis, aplicados ao custo final do biodiesel, sendo entre 294,7 km até 524 km. Foi plotado um mapa decorrente da tabela de dados representando o valor final do biodiesel em função da distância de transporte e preço do biodiesel propriamente.

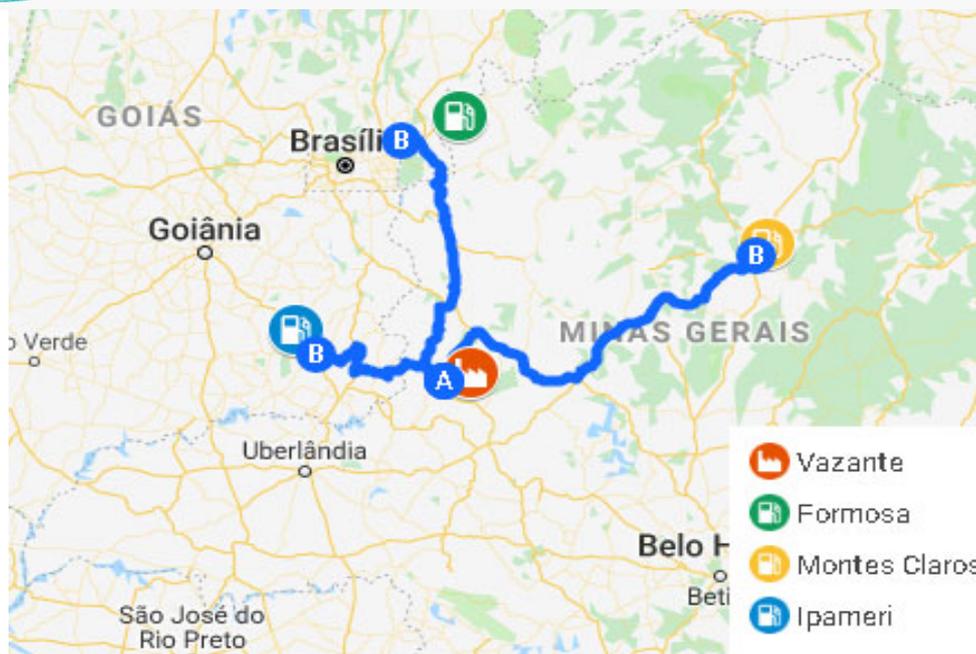
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram divididos em duas etapas: A primeira, um conjunto de informações acerca de algumas biorrefinarias localizadas próximas a mineradora (Vazante – MG) e que pudessem fornecer biodiesel para ser utilizado em sua frota. E a segunda, foi o resultado da Análise de sensibilidade para a escolha da biorrefinaria ideal para fornecimento de biodiesel a mineradora.

Dados referentes às biorrefinarias:

Na 1ª etapa foi realizado um mapeamento das possíveis biorrefinarias que pudessem fornecer biodiesel para ser usado na frota da mineradora, e a partir da identificação dessa biorrefinarias, foram reunidas informações relevantes que identificassem as vantagens e desvantagens das biorrefinarias selecionadas (Figura 1 e Quadro 1).

Figura 1: Biorrefinarias próximas a Vazante-MG



Quadro 1: Informações sobre as Biorrefinarias selecionadas

Biorrefinaria	Localidade	Capacidade de produção	Oferta no último leilão	Preço final do biodiesel
Petrobrás biocombustível	Montes Claros-MG	422,7 m ³ /dia	25.364 m ³	R\$/L: 2, 37
Binatural	Formosa-GO	450 m ³ /dia	27.000 m ³	R\$/L: 2, 30
Caramuru	Ipameri-GO	625 m ³ /dia	37.500 m ³	R\$/L: 2, 31

Com o intuito de definir dados para a análise de sensibilidade e viabilidade econômica, é necessário definir os custos de aquisição e transporte do biodiesel. Os custos de aquisição tratam-se dos preços de mercado obtidos por meio de dados estabelecidos pela ANP, no último leilão do biodiesel (L68). Por meio deste tipo de dados, obteve-se ainda o custo de transporte do biodiesel até a mineradora, definido por sem uma empresa terceirizada. Esse mesmo custo de transporte foi determinado considerando as rotas das biorrefinarias até a mineradora, levando em consideração a utilização de um caminhão com capacidade de carregamento para 60.000L e tanque de 400L, percorrendo 2,5 km/L em média.

O custo de transporte foi determinado considerando as rotas sugeridas por um software gratuito de roteirização. Esse software que tem a finalidade de gerar a informação quanto a melhor rota, a partir do trânsito, obras, condições das vias, pedágios, entre outras informações, que servem para planejar o melhor trajeto, levando tais fatores em consideração.



Quadro 2: Custo de transporte das biorrefinarias até as mineradoras

Fornecedor	Paradas	Trechos	Distâncias
Petrobrás biocombustível	P0: Montes Claros – MG	P0 - P1	146km
	P1: Guaçuí – MG	P1 - P2	138km
	P2: Luizlândia do Oeste – MG	P2 - P3	158km
	P3: Presidente Olegário – MG	P3 - P4	82km
	P4: Vazante – MG		Total: 524 km
Binatural	P0: Formosa – GO	P0 - P1	136 km
	P1: Unaí – MG	P1 - P2	105 km
	P2: Paracatu – MG	P2 - P3	116 km
	P3: Vazante – MG		Total: 357km
Caramuru	P0: Ipameri – GO	P0 - P1	113km
	P1: Divinópolis – GO	P1 - P2	72,7km
	P2: Coromandel – MG	P2 - P3	109 km
	P3: Vazante – MG		Total: 294,7km

Para definir a melhor rota de transporte, foi necessário verificar as paradas que seriam necessárias para abastecimento do caminhão. P0 foi o ponto de partida, ou seja, a biorrefinaria. O Quadro 2 apresenta as distâncias totais reais percorridas pelo veículo durante cada uma das operações de transporte da biorrefinaria até a mineradora. O Quadro 3 apresenta as distâncias totais reduzidas obtidas por meio do software WIKiRota, que faz cálculo para definição do melhor trajeto a ser percorrido. Com base nos fatores combustível, pneus do reboque, aluguel do cavalo mecânico e motorista, é possível obter o valor resultante em função da distância nas operações de transporte de biodiesel.

Quadro 3: Custos relacionados a roteirização

Biorrefinarias	Custo em R\$ por transporte
Montes Claros	R\$ 1.797,32
Formosa	R\$ 1.224,41
Ipameri	R\$ 1.010,82

A economia com relação aos custos de roteirização foi determinada pela redução de custos entre as rotas não planejadas e as rotas planejadas.

Na 2ª etapa da pesquisa, foi realizada uma análise de sensibilidade, onde foi calculada uma margem de referência de R\$ 141.144,22 (média dos 3 casos) no preço final de aquisição do biodiesel, considerando o valor médio do preço de venda e a distância média do transporte, para um lote de 60.000 litros, conforme Figura 2.



Figura 2: Análise de sensibilidade

		Distância do Transporte (km)		
		294,70	357,00	524,00
Preço do Biodiesel (R\$/L)	R\$ 141.144,22			
	2,30	139.010,82	139.224,51	139.797,32
	2,31	139.610,82	139.824,51	140.397,32
	2,32	140.210,82	140.424,51	140.997,32
	2,33	140.810,82	141.024,51	141.597,32
	2,34	141.410,82	141.624,51	142.197,32
	2,35	142.010,82	142.224,51	142.797,32
	2,36	142.610,82	142.824,51	143.397,32
2,37	143.210,82	143.424,51	143.997,32	

Os casos das três biorrefinarias estão destacados em borda branca, a melhor financeiramente é a Binatural, com o valor final mais barato (R\$ 2,30) embora não seja a mais próxima (357 km). O custo final totaliza R\$ 139.224,51.

A Caramuru é a mais próxima (294,7 km), com preço médio na faixa analisada (R\$ 2,31), mas o acréscimo no preço de venda tem relevância superior ao decréscimo na distância de transporte. O custo final é R\$ 139.610,82.

A Petrobrás Biocombustível é a mais cara e mais distante da mineradora. Custa R\$ 2,37 o litro do biodiesel e se localiza a 524 km de distância da mineradora. O custo final é de R\$ 143.997,32, ou seja R\$ 4.772,81 mais caro que a Binatural no lote de 60.000 litros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho decorrido, foram analisadas 3 possibilidades de fornecimento de biodiesel para uma mineradora, foram aplicadas metodologias de análise de custos e seleção com base na análise de sensibilidade dentre dois fatores. A análise foi aplicada de forma a quantificar a relevância de cada fator para definir a melhor opção de acordo com a ponderação dos mesmos.

Os resultados indicam que a biorrefinaria ideal para fornecer biodiesel para a mineradora, é a biorrefinaria Binatural, localizada em Formosa - GO, visto que a mesma apresentou vantagens econômicas quanto ao transporte e aquisição do biocombustível tendo um custo final de R\$139.224,51 no lote de 60.000L, com o combustível custando 2,30/L e 357 km de distância.



Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, pelo apoio financeiro em forma de concessão de bolsas aos autores, para o Doutorado GETEC (processo nº BOL0436/2017) e para a Iniciação Científica em Engenharia Mecânica (processo nº BOL7848405) e ao Centro Universitário SENAI CIMATEC pelo apoio tecnológico.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ BETIOLO C.R *et al.* **Iniciativas da aviação para redução das emissões de co2.** 2009.
- ² DOMINGOS, C. A. *et al.* **Biodiesel – proposal for an alternative fuel.** Revista Brasileira de Gestão e Engenharia, 2012.
- ³ ANP. **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível – ANP**<http://www.anp.gov.br/>Acesso em agosto de 2019.
- ⁴ MOFIJUR, M.; *et al.* **Experimental study of additive added palm biodiesel in a compression ignition engine.** Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, 2012.
- ⁵ MECHI, A.; SANCHES, D.J. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo.** Gestão e Estudos Ambientais, São Paulo, 2010.
- ⁶ SUAREZ, P. A. Z; *et al.* **Oils and fats based biofuels: technological chalendges.** Química Nova, 2009.