

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA AUTOPRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL PARA
ABASTECIMENTO DA ESTRADA DE FERRO CARAJÁS**

AURÉLIO LAMARE SOARES MURTA, DSC

Universidade Federal Fluminense

aureliomurta@yahoo.com.br

HUMBERTO SANTIAGO PAZZINI, MSC

Universidade Federal Fluminense

humpazzini@yahoo.com.br

CRISTINA KURTZ MOTTA

Mestrando em Administração de Empresas

Universidade Federal Fluminense

cristinakm@gmail.com

RESUMO

A dependência mundial em relação à indústria do petróleo e as mudanças climáticas, que resultam no aquecimento global e aumento dos níveis dos oceanos, têm suscitado uma crescente necessidade de desenvolver novas formas de energia, renováveis e de menor impacto ambiental, como o biodiesel. Além da viabilidade econômica, o estudo abrange testes realizados por instituições de pesquisa e empresas que comprovam a viabilidade técnica do uso do biodiesel em veículos pesados. Deste modo, uma metodologia foi desenvolvida com o propósito de permitir que os testes sejam realizados com segurança e confiabilidade; conforme os procedimentos recomendados para percentuais maiores de mistura de diesel e biodiesel. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise de viabilidade financeira, contemplando a autoprodução de biodiesel pela empresa Vale, para abastecimento da Estrada de Ferro Carajás – EFC, a partir análise de custos de produção do biodiesel de soja e palma. Como resultado final, verificou-se que o custo do biodiesel produzido nesta unidade foi significativamente superior ao preço final de venda do diesel obtido pela empresa junto às distribuidoras.

Apesar de o investimento não oferecer o retorno mínimo esperado, existe a expectativa de que o aprimoramento dos processos produtivos do biodiesel, a fixação de limites de controle de emissões, assim como a alta no preço de combustíveis fósseis, tornem o preço desse biocombustível competitivo em relação diesel.

Palavras-chaves: Vale, biodiesel, soja, palma, viabilidade.

ABSTRACT

FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF BIODIESEL AND SELF-PRODUCTION FOR SUPPLY OF THE CARAJÁS RAILROAD

Due to the great changes brought about by climate change associated with the effects of global warming and oil shortages, new forms of energy have been investigated aiming to mitigate these impacts. Thus, this work addresses the tests made by different companies and universities that demonstrate the technical feasibility of the biodiesel use in heavy vehicles. Therefore, a methodology was developed to allow the tests to be conducted in a secure and reliable way, following the procedures recommended for larger percentage of mixture of diesel and biodiesel. This work also includes a case study of biodiesel production by the Vale Company for the Carajás Railroad, from where was made a cost of deployment and production of biodiesel from soybean and palm. The final conclusions are that the cost of biodiesel produced in this unit was set up well above the final price of diesel acquired by the company at the distribution, similar to what happens in the market. However, with the expectation that with the development of production processes of biofuel, the fixation of limits of emissions control, as well as the high price of oil, make the price of biodiesel competitive regarding to diesel.

Key-words: Vale, biodiesel, soybean, palm, feasibility.

1. INTRODUÇÃO

Devido à grande dependência mundial em relação à indústria do petróleo, diversos países têm alcançado grandes avanços nas áreas de combustíveis alternativos como forma de reduzir esta dependência. Este fato tem sido cada vez mais relevante, sobretudo em função de uma possível e futura redução nas reservas mundiais de petróleo, uma vez que se trata de um combustível não renovável.

Paralelamente à escassez, existem os problemas relacionados às grandes taxas de emissões de poluentes oriundos da queima dos derivados do petróleo. Assim, se fazem necessários investimentos em fontes menos agressivas ao meio ambiente e que possam ser obtidas, se adequadamente produzidas, infinitamente através da renovação das fontes, como acontece com a cana-de-açúcar para o álcool e as oleaginosas para o biodiesel. Em face dos problemas apresentados, o desenvolvimento de combustíveis alternativos tornou-se uma questão vital para a redução destas emissões.

A necessidade de estudos relacionados às questões de novas alternativas de energia fundamenta-se na dependência que os sistemas de transporte têm dos derivados do petróleo. O setor de transportes experimenta progressivas taxas de crescimento de demanda por seus serviços e, conseqüentemente, de combustíveis. Este fato é explicado, em parte, pelo processo de globalização entre as nações, no qual as trocas comerciais entre os países estão sendo cada vez mais estimuladas.

O objetivo principal deste artigo é analisar a viabilidade da produção própria e uso do biodiesel em veículos pesados de transporte de cargas, visando assim reduzir a dependência do setor de transportes dos derivados do petróleo, assumindo como hipótese que esta alternativa seria interessante do ponto de vista econômico e estratégico para empresas com elevado consumo de diesel.

O artigo desenvolve um estudo que permite a análise da viabilidade econômica da implantação e operação de uma usina produtora de biodiesel pela Companhia Mineradora Vale, que dentre outras atividades realiza o transporte ferroviário de cargas

e passageiros. Salienta-se que a escolha se deve ao fato de que a Vale já utiliza biodiesel em suas locomotivas na proporção de 20% em volume adicionado ao diesel (B20).

O estudo ainda analisou o desempenho dos veículos, possíveis acréscimos na frequência das manutenções, as taxas de emissões, bem como a qualidade do biodiesel usado nos testes. Para isso, foram utilizadas duas locomotivas de transporte de carga, operando em trechos conhecidos e amplamente utilizados pela Vale e ainda, sob condições normais de trabalho. Os dados foram resultados de um estudo realizado pelo IVIG/COPPE, intitulado “Monitoramento de Testes de Campo com Biodiesel em Locomotivas”, que contou com a participação de professores e pesquisadores do IVIG.(IVIG, 2007).

A usina permitirá que a Vale produza o seu próprio biodiesel e, deste modo, consiga suprir parte da sua demanda por combustíveis, utilizando misturas de biodiesel com diesel maiores do que as estabelecidas pelo governo federal, que atualmente é de 7% de biodiesel (B7).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são abordados os métodos de produção de biodiesel, bem como as fontes de matéria-prima, destacando sempre o papel desse biocombustível no desenvolvimento sustentável e geração de renda.

2.1 Aspectos tecnológicos e socioambientais da produção do biodiesel

O biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis derivados de fontes renováveis, tais como óleos vegetais (soja, milho, dendê, mamona, palma, amendoim etc.), gordura animal (sebo bovino, gordura de frango) e óleo residual de fritura (HOLANDA, 2004).

A despeito da profusão de matérias-primas, a soja responde pela maior parcela do óleo vegetal brasileiro – mais de 80% - dentre outras causas, por: apresentar uma cadeia produtiva bem estruturada e ampla rede de pesquisa e tecnologia, ser um cultivo adaptado para produzir com igual eficiência em todo o território nacional, oferecer um rápido retorno do investimento, ser armazenada por longos períodos e ter seu óleo utilizado tanto para o consumo humano, quanto para produzir biodiesel, ou ainda para usos na indústria química (BiodieselBR, 2012).

Os processos de obtenção de biodiesel são basicamente a esterificação e a transesterificação. Existe ainda o craqueamento térmico ou pirólise, que consiste na quebra de moléculas por aquecimento a elevadas temperaturas, isto é, pelo aquecimento da substância na ausência de ar ou oxigênio a temperaturas superiores a 450°C, formando uma mistura de compostos químicos com características semelhantes às do diesel de mineral. (PARENTE, 2003).

Em síntese, transesterificação é a separação da glicerina do óleo vegetal. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso. Durante o processo de transesterificação, a glicerina é extraída do óleo vegetal, deixando o óleo mais fino e diminuindo a viscosidade. O processo consiste em uma reação química, a qual demanda a adição de 10 a 15% de álcool etanol ou metanol e catalisador ao óleo vegetal. O resultado deste processo é a obtenção do biodiesel e do subproduto glicerina. (PARENTE, 2003).

De acordo com Ferrari, Oliveira e Scabio (2005), a obtenção de biodiesel pode se dar a partir da reação dos ácidos graxos com álcool etanol ou metanol (esterificação). Esta reação difere da transesterificação por partir de ácidos graxos livres, ao invés de triglicerídeos. Portanto, na esterificação há a possibilidade de uso de resíduos (borra ácida) e não há formação de glicerol.

Por ser derivado de biomassa (açúcar, milho, beterraba, entre outros), o biodiesel, sobretudo o produzido com etanol, torna esse biocombustível verdadeiramente renovável (PERALTA-ZAMORA, P. G.; RAMOS, L. P. ; ZAGONEL, G, 2003).

Já no aspecto social, de acordo com Campos (2003), o biodiesel constitui em uma das alternativas para o processo de desenvolvimento sustentado em diversas comunidades rurais, contribuindo para a fixação do homem ao campo, gerando emprego e renda, permitindo ainda a valorização do meio rural e a integração, quando oportuna, entre os pequenos produtores e as grandes empresas.

A produção de biodiesel, desde o processamento da matéria-prima até a obtenção do produto final é constituída, basicamente, pela extração de óleo (esmagamento), seguida pela produção de biodiesel propriamente dita, descrita neste artigo como transesterificação por rota metílica.

A extração de óleos vegetais tem o objetivo de extrair o óleo contido no interior das oleaginosas. Desta etapa ainda resulta a torta, que pode ser comercializada, dependendo do processamento, como ração animal ou fertilizante. Na reação de transesterificação o óleo obtido da etapa anterior soma-se outros insumos e finalmente resulta em biodiesel e glicerina.

3. METODOLOGIA

Os estudos de viabilidade, sobretudo de projetos, que envolvem a produção de biodiesel são muito importantes, visto que apesar das vantagens socioambientais já comentadas anteriormente, os brasileiros, pelo menos em curto prazo, não estão dispostos a pagar mais por energia.

Para tal, foram aferidos os custos de implantação e operação de uma usina de biodiesel, bem como descrita a planta do complexo, composta pela unidade de esmagamento e pela usina propriamente dita (transformação do óleo em biodiesel). Além disso, foram apresentados os métodos de avaliação de investimento, tais como: o período de payback, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

3.1 O “Complexo de Autoprodução de Biodiesel”

A Vale foi selecionada pela sua tradição no setor de transportes ferroviários e por gerenciar a maior malha ferroviária do Brasil. Dessa forma, optou-se por considerá-la neste estudo sobretudo pela sua importância como transportadora e pelo seu grande consumo de diesel nos veículos ferroviários.

Contudo, conforme já comentado, a unidade produtora de biodiesel projetada será dimensionada unicamente para atendimento à EFC, que é uma das três ferrovias que compõem o sistema ferroviário da Vale.

A malha da Vale é composta pelas seguintes estradas de ferro (Vale, 2008):

- A Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), com 905 quilômetros de extensão, uma das mais modernas e produtivas ferrovias do Brasil. Transporta 37% de toda a carga ferroviária nacional;

- A Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), com 8.023 km de extensão, percorrendo os estados de Minas Gerais, Goiás, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe, além do Distrito Federal;

- A Estrada de Ferro Carajás (EFC), com 892 km de extensão, que liga o interior do Pará ao principal porto marítimo da Região Nordeste, em São Luís, no Maranhão. A EFC transporta, sobretudo minério e carga geral, além de passageiros.

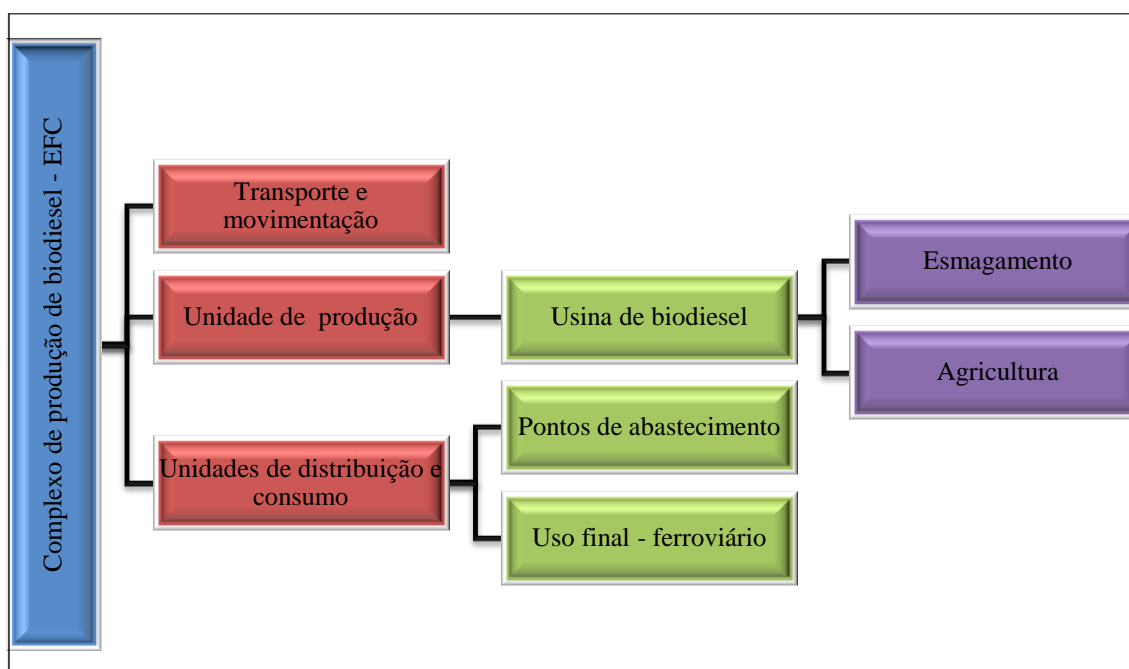
O estudo contemplou a autoprodução de biodiesel pela empresa Vale, visando o abastecimento da EFC, localizada no Estado do Pará, onde foram aferidos e analisados os custos de implantação e produção do biodiesel de soja e palma.

A escolha da EFC se deve ao fato de que a mesma passa por regiões onde há uma expressiva área de plantio de soja e palma (dendê), o que facilita em termos logísticos o deslocamento da matéria-prima, bem como a possibilidade de verticalização de todo o processo produtivo. Este fato foi considerado de suma importância, uma vez que os custos finais de produção de biodiesel também são influenciados por questões de deslocamento de insumos até as unidades de beneficiamento de grãos (esmagamento),

unidades de produção final do biodiesel (usina) e distribuição no mercado consumidor ou pontos finais de consumo (IBP, 2007).

Visto que o sistema produtivo engloba praticamente toda a cadeia produtiva do biodiesel, o mesmo receberá o nome de “Complexo de Autoprodução de Biodiesel” como forma de abrangência a todas as unidades. Para um melhor entendimento, a Figura 1 descreve os componentes deste complexo produtivo.

Figura 1 - Componentes do “Complexo de Autoprodução de Biodiesel” - EFC



Fonte: Elaboração própria

O complexo é constituído por duas unidades principais, sendo a primeira a de produção de biodiesel, onde estão concentradas a usina de biodiesel, composta pela unidade de produção de biodiesel propriamente dita, sede administrativa, laboratório de análises químicas, estação de tratamento de efluentes e sistema de armazenagem; agricultura, responsável pelo desenvolvimento das oleaginosas, que darão origem ao óleo; esmagamento, responsável pela extração do óleo contido nos grãos de soja e coco

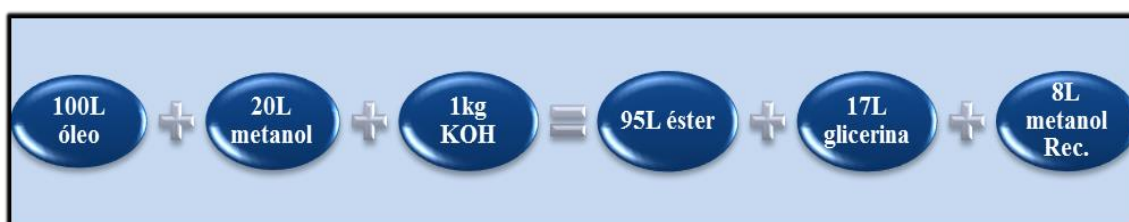
da palma (dendê), bem como a separação da torta, que poderá ser vendida para outros mercados; e por fim transporte e movimentação, que viabilizará o deslocamento de matérias-primas e produtos finais até os respectivos locais de produção e consumo.

A segunda unidade é composta pelo sistema de distribuição do biodiesel nos pontos de abastecimento, localizados ao longo da via férrea, e do consumo pelas locomotivas de transporte ferroviário, que são responsáveis por puxar a demanda pelo produto, imprimindo assim, o ritmo de produção e distribuição de todo o complexo.

3.2 Considerações tecnológicas

Para fins deste estudo e produção de biodiesel, foi considerada a reação de transesterificação por rota metílica e a catalise básica via KOH (hidróxido de potássio,) devido à sua disponibilidade e preço. Nessa reação que, em síntese, consiste em uma etapa de conversão, neste caso, do óleo de soja, em biodiesel, foi considerada a seguinte proporção:

Figura 2 - Reação de transesterificação



Fonte: Elaboração própria

Neste artigo, a transesterificação consiste em uma reação química de óleo de soja com o álcool (metanol), estimulada por um catalisador, nesse caso, hidróxido de potássio (KOH). A principal função do catalisador é acelerar a reação que originará o éster, que após devidamente tratado e ajustado, conforme as nas normas da ANP, poderá ser utilizado como biodiesel. Desse processo também se extrai o subproduto glicerina,

empregado para fabricação de sabonetes e diversos outros cosméticos. Outro *input* considerável é o metanol residual, que provém da separação inadequada durante o processo de purificação do biodiesel.

3.3 Delimitação do estudo

Conforme comentado, o “Complexo de Autoprodução de Biodiesel” terá como fonte de oleaginosas a soja e a palma, sendo a soja produzida nos estados do Pará e Maranhão, e a palma produzida no Pará. O estudo de caso foi realizado para a Companhia Mineradora Vale, que dentre suas atividades, realiza o transporte ferroviário de cargas e passageiros, tomando-se como referência a Estrada de Ferro Carajás – EFC. Com base no consumo de diesel da EFC, foi proposta a criação de um “Complexo de Autoprodução de Biodiesel” para atendimento às locomotivas de transporte que utilizarão o biodiesel a 20% adicionado ao diesel (B20).

Salienta-se que a escolha se deve ao fato de que a Vale já utiliza biodiesel em suas locomotivas de transporte de carga, na proporção de 20% em volume, adicionado ao diesel (B20). Esta utilização foi possível devido a um projeto em parceria com a UFRJ, onde foram analisadas as questões técnicas relacionadas ao uso do biodiesel em motores, obtendo resultados positivos (IVIG, 2007).

Devido à passagem da EFC por esta região e pela posição central em relação às fontes de matérias-primas e demais suprimentos, priorizou-se a instalação da Usina de Produção de Biodiesel na região da cidade de Açailândia - MA, o que certamente irá resultar em vantagens logísticas relacionadas à menor distância de transporte do produto final até os pontos de consumo e facilidades de uso da linha férrea.

3.4 Fluxos de transporte (suprimento e distribuição)

As maiores regiões produtoras de oleaginosas (soja e palma) dos Estados do Pará e Maranhão serão consideradas para o fornecimento de matéria-prima para atendimento às necessidades de biodiesel da EFC. A escolha destas regiões se deu por critérios relacionados às capacidades produtivas de cada região, e às facilidades de escoamento do óleo extraído nestas regiões até a usina de biodiesel em Açailândia.

Assim, as regiões de Paragominas, Conceição do Araguaia e Moju, pertencentes ao Pará, bem como a de Balsas, localizada no Estado do Maranhão, foram priorizadas em razão da sua capacidade de suprimento de óleo e proximidade das usinas.

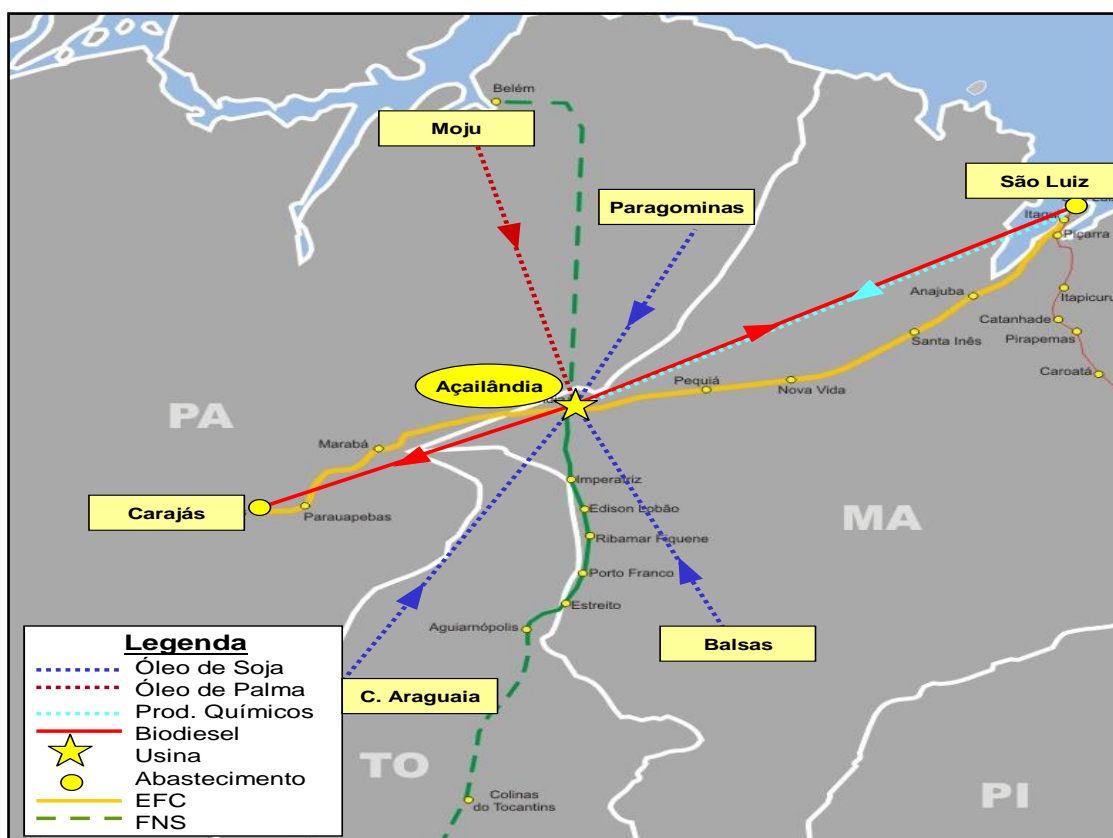
Posteriormente, o óleo extraído nas unidades modulares - instaladas nestas regiões - deverá ser transportado até a unidade de produção de biodiesel por meio de carretas tanque. Os demais insumos, como metanol, catalisador e aditivos químicos, provenientes do porto de Ponta da Madeira (São Luis – MA), serão deslocados até a usina pela própria EFC em suas composições ferroviárias.

Optou-se por transportar 2/3 do biodiesel produzido em Açailândia para os terminais ferroviários que possuem pontos de abastecimento. Desse total, 1/3 iria para Carajás – PA, onde se localiza a unidade mineradora da Vale, e a outra parte (1/3) para o porto de Ponta da Madeira, em São Luiz – MA, onde a mineradora realiza o embarque do minério nos navios que farão a exportação deste produto.

Ressalta-se que Açailândia também funciona como ponto de abastecimento, o que totaliza 3 unidades de abastecimento de locomotivas. Portanto, o biodiesel será misturado ao diesel na proporção de 20% nos próprios pontos de abastecimento em Carajás, Açailândia e Ponta da Madeira, em infraestrutura própria a ser criada para tal atividade.

Os fluxos de transporte para suprimento de matérias-primas e insumos ao processo produtivos, bem como a distribuição dos produtos finais, podem ser vistos na Figura 3.

Figura 3 - Fluxos de Suprimento e Distribuição



Fonte: Adaptado Vale (2008)

O sistema de produção de biodiesel para abastecimento da EFC deverá ser totalmente controlado pela empresa, com exceção do plantio e esmagamento, que serão realizados por outras empresas. Este fato garantirá um maior controle dos processos produtivos e custos envolvidos.

3.5 Metodologias e estratégias de ação

Os levantamentos de custos para a implantação e operação do complexo, bem como o cálculo do custo de produção por litro de biodiesel neste empreendimento, foram realizados considerando o processo de transesterificação por rota metílica. Já o custo do óleo, principal matéria-prima da produção de biodiesel, foi aferido à luz de três cenários, que são: soja, palma e soja+palma ou *blend*.

Foi realizada também uma análise de sensibilidade dos preços de mercado do óleo de soja e palma, utilizados como matéria-prima, visando obter respostas acerca do comportamento dos preços finais do biodiesel em relação ao diesel. Por meio desta análise foi possível identificar as condições de contorno ideais dos preços das oleaginosas, que permitem tornar o preço final do biodiesel competitivo, se comparado ao diesel.

A produção do biodiesel apresentou custos superiores ao do diesel adquirido junto às distribuidoras pela Vale, o que acabou incrementado o preço final do B20 em relação ao diesel em 10,73%; 18,28% e 14,50% respectivamente para a soja, palma e soja+palma, tornando-o inviável economicamente.

Salienta-se que como os preços das oleaginosas no mercado são os que mais têm sofrido alterações, e que no processo de produção do biodiesel este insumo representa cerca de 83% de todas as matérias-primas necessárias. Dessa forma, optou-se por realizar a análise de sensibilidade apenas com o preço de aquisição do óleo vegetal. É possível observar que como a análise de sensibilidade simula valores superiores e inferiores para o óleo vegetal em percentuais diversos, permite-se constatar quais seriam as variações proporcionais sofridas no preço final do biodiesel

Para as simulações Preço Final do Biodiesel B100, Preço final do B20, Preço do B100 com Variação dos Percentuais do *Blend* e Preço do B20 com Variação dos Percentuais do *Blend* foram aplicados percentuais positivos e negativos no preço do óleo vegetal, que representariam respectivamente ágio e deságio nos preços do mercado de óleos.

A despeito dos inúmeros resultados das simulações, para a análise econômica e aferição da TIR, do Payback e do VPL considerou-se a hipótese de redução de 45% no preço dos óleos no mercado, e um biodiesel fabricado a partir do *blend* com 70% de óleo de soja e 30% de óleo de palma.

O estudo de caso analisou a viabilidade econômica da produção e utilização do biodiesel de óleo de palma e soja em mistura com o diesel, em uma proporção de 20% (B20), como opção para substituição de parte do combustível consumido pela Vale, em suas atividades de transporte ferroviário de cargas.

Também foi planejada e orçada a construção do sistema de produção de biodiesel nos moldes industriais, de modo que o mesmo possa fabricar o biodiesel a ser consumido pela empresa em estudo em seus veículos de transporte ferroviário de carga. Além disso, a Vale poderia calcular o custo final de produção de biodiesel em função da necessidade de matérias-primas, insumos, recursos humanos, impostos devidos, logística e do processo industrial de produção de biodiesel.

3.6 Análise econômica do empreendimento

As avaliações de projetos dependem, significativamente, das expectativas futuras de desempenho. Assim, a viabilidade de um empreendimento passa por decisões de investimento e de financiamentos (ASSAF, 2003).

Para a análise econômica será levado em consideração que no horizonte de 30 anos, o “Complexo de Autoprodução de Biodiesel” será utilizado até a sua total amortização. Considerou-se também que, de acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2008), a taxa de juros utilizada para empreendimentos de biocombustíveis será de 9,25% ao ano.

Como parâmetros de análise serão utilizados a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL). O VPL determina o valor presente de pagamentos futuros, descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento

inicial. A TIR trata-se da taxa de desconto que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento a \$ 0 (porque o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial). É a taxa composta pelo retorno anual que a empresa obteria se concretizasse o projeto e recebesse as entradas de caixa previstas (GITMAN, 2010).

O empreendimento em questão fará uso, para o cálculo da viabilidade econômica, de um método conhecido como Fluxo de Caixa Descontado (FCD), onde uma vez constituídos os fluxos de caixa futuros do empreendimento, pode-se então efetuar sua avaliação através desta metodologia. Deste modo, este método consiste basicamente em trazer a valor presente (Valor Presente Líquido) os fluxos futuros (no caso do complexo: 30 anos), a uma taxa de desconto tecnicamente definida.

4. ANÁLISE DA VIABILIDADEECONÔMICA DA AUTOPRODUÇÃO DE BIODIESEL PARA FROTISTAS DA EFC

Nesta seção é apresentado um estudo de viabilidade econômico-financeira, contemplando a autoprodução de biodiesel pela empresa Vale para abastecimento da Estrada de Ferro Carajás – EFC, a partir análise de custos de produção do biodiesel de soja e palma. A seção expõe e discute os dados coletados e os resultados alcançados durante a pesquisa.

4.1 Considerações preliminares

Com o intuito de analisar a viabilidade técnica e econômica do que foi apresentado até o momento sobre o uso do biodiesel em frotas cativas, serão apresentados os resultados dos cálculos de custos de implantação, bem como da operação de uma usina para a produção própria (autoprodução) de biodiesel por empresas frotistas.

Assim, este estudo pretende demonstrar que pode ser viável a inserção de um biocombustível na matriz energética de transportadores que utilizam frotas cativas de veículos equipados com motores de ciclo diesel. Para que tal experiência fosse possível, optou-se por tomar como estudo de caso uma transportadora de cargas com expressivo consumo de combustível. A empresa escolhida foi a Vale, que possui locomotivas que movimentam diversos tipos de cargas, sendo em maior quantidade o minério de ferro.

4.2 Consumo de diesel na operação da Estrada de Ferro Carajás - EFC

O sistema ferroviário da empresa Vale consumiu, no ano de 2007, 592 milhões de litros de diesel, sendo que a EFC obteve uma participação de 30% deste consumo (ANTT, 2008). Portanto, a Unidade de Autoprodução de Biodiesel deverá ser capaz de atender a uma demanda aproximada de 40 milhões de litros de biodiesel por ano, já considerado um incremento no consumo de combustível de aproximadamente 14%. Salienta-se que esta capacidade de produção da unidade atenderá à mistura B20, a ser adotada por todas as locomotivas de transporte da EFC.

4.3 Demanda por óleo vegetal e área produtiva necessária

A partir dos dados de consumo da EFC, foi possível estipular as necessidades de óleo e área plantada para as oleaginosas utilizadas neste estudo (soja e palma).

Salienta-se que foram elaborados três cenários para os cálculos, sendo o primeiro utilizando somente a soja como insumo, o segundo somente a palma e o terceiro utilizando-se um *blend* de metade soja e metade palma, conforme pode ser visto a seguir.

4.3.1 Produção de biodiesel exclusivamente de óleo de soja

Considerando-se como matéria-prima somente o óleo de soja para atendimento aos 40 milhões de litros de biodiesel anuais, seria necessário esmagar mensalmente cerca de 20 mil toneladas de grãos para obtenção do óleo de soja degomado, sendo que anualmente seriam necessários quase 96 mil hectares colhidos, tendo como base uma produtividade de 2,5 toneladas por hectare cultivado. Demais informações podem ser visualizadas na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Produção de biodiesel de óleo de soja

1- Soja		
Soja em Grãos	%	100,00%
Rendimento (Óleo)	%	18,00%
Produtividade de Grãos	t/ha	2,50
Produtividade de Óleo	t/ha	0,45
Densidade Óleo de Soja	kg/l	0,92
Produtividade de Óleo	l/ha	414,90
Quantidade Necessária (Grãos)	t/mês	19.919,17
Área Colhida Necessária	ha/ano	95.612,01
Custo Óleo (FOB - PA e MA)	R\$/l	1,39

Fonte: Elaboração própria a partir de dados Conab, 2008.

4.3.2 Produção de biodiesel exclusivamente de óleo de palma

Neste cenário, seriam necessários cerca de 16,5 mil toneladas de cachos de palma para a extração do óleo e uma área de colheita de 12,5 mil hectares, assumindo-se uma produtividade de 15,8 toneladas de cachos por hectare cultivado. Demais informações podem ser visualizadas na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Produção de biodiesel de óleo de palma

2 - Palma (dendê)		
Palma em Cachos de Frutos	%	100,00%
Rendimento (Óleo)	%	22,00%
Produtividade de Cachos	t/ha	15,80
Produtividade de Óleo	t/ha	3,48
Densidade Óleo de Palma	kg/l	0,91
Produtividade de Óleo	l/ha	3.166,64
Quantidade de Necessária (Cachos)	t/mês	16.494,29
Área Colhida Necessária	ha/ano	12.527,31

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Conab, 2008.

4.3.3 Produção de biodiesel a partir do blend (soja + palma)

No terceiro cenário será considerada uma mistura de 50% de óleo de soja e 50% de óleo de palma, que resultará no insumo básico para a produção do biodiesel. Deste modo, os valores anteriormente descritos para a soja e para a palma ficarão linearmente divididos. Assim, para demais informações, deve-se observar a tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Produção de biodiesel de óleo de soja e palma (blend)

3 - Soja e Palma (blend)		
Soja em Grãos	%	50,00%
Quantidade Necessária (Grãos)	t/mês	9.959,58
Área Colhida Necessária	ha/ano	47.806,00
Palma em Cachos de Frutos	%	50,00%
Quantidade de Necessária (Cachos)	t/mês	8.247,14
Área Colhida Necessária	ha/ano	6.263,65

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Conab, 2008.

4.4 Disponibilidade de matérias-primas na região

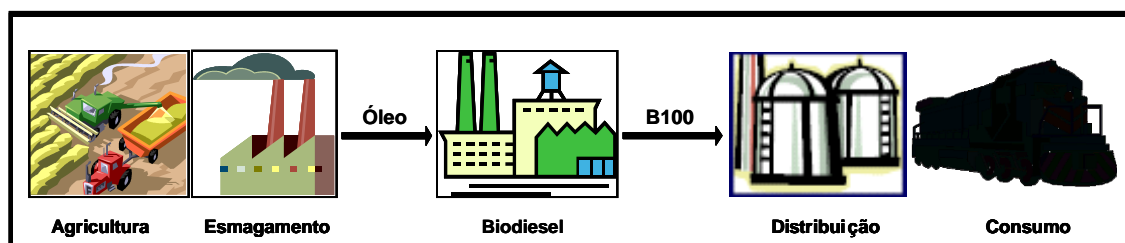
Com base nas necessidades de insumos para a produção de biodiesel, observou-se que a produção de soja no estado do Pará não seria suficiente para atender as necessidades produtivas da usina de biodiesel da EFC, sendo necessário um incremento desta matéria-prima a partir de outro estado.

4.5 Definição da cadeia de produção de biodiesel a ser utilizada

Na cadeia de produção projetada, os grãos/cachos deverão ser esmagados nas próprias áreas de plantio em unidades modulares de extração de óleo, fornecidas pela empresa Vale, e condizentes com a oferta de grãos. Posteriormente, apenas o óleo deverá ser transportado até a unidade de produção de biodiesel. Assim, assumiu-se que a operação das unidades de esmagamento, bem como a destinação final do farelo, fosse terceirizada pela empresa a fim de que a mesma concentrasse seus esforços na produção e qualidade do biodiesel produzido.

Portanto, o sistema de produção de biodiesel para atendimento às necessidades da EFC deverá seguir o fluxograma da figura 4 a seguir.

Figura 4 - Cadeia de Produção a ser Priorizada



Fonte: Adaptado de IBP, 2007

Salienta-se que o processo de produção de biodiesel será beneficiado pela relativa proximidade entre as áreas de plantio da soja e da palma, que serão utilizadas

como principal fonte de matéria-prima, e a unidade de produção de biodiesel, que estará em um raio máximo de 650 km.

4.6 Custos de implantação do complexo produtivo

Os recursos necessários à implantação do “Complexo de Autoprodução de Biodiesel” da Vale - para a produção de 40 milhões de litros anuais de biodiesel e atendimento à EFC - totalizarão R\$ 24,2 milhões (Dedini, 2008 e Tecbio, 2008).

Tais recursos físicos serão divididos em três partes, a saber: edificações, equipamentos e sistema de armazenagem.

4.6.1 Edificações

As obras civis compreendem toda a estrutura de acomodação e proteção dos equipamentos e viabilização dos trabalhos a serem desenvolvidos no complexo.

A área total construída para a edificação, composta por galpão industrial de 1.000 m², sede administrativa e laboratório de análises químicas, compreenderá 1.313 m², apresentando um valor equivalente a R\$ 1,2 milhões.

4.6.2 Equipamentos

Os equipamentos necessários ao funcionamento do complexo representam a maior parte dos recursos, totalizando investimentos da ordem de R\$ 20,1 milhões (Tecbio, 2008).

4.6.2.1 Unidade de extração de óleos

Esta unidade será dividida em módulos, que estarão localizados nas quatro regiões de produção de soja e palma, conforme comentado. Ela será responsável por esmagar e extrair dos grãos de soja e cachos de palma o óleo necessário ao processo produtivo do biodiesel, bem como comercializar o farelo resultante do processo de extração do óleo. Compreenderá unidades de cozimento, esmagamento, filtração e armazenagem de óleo, e estará localizada nas proximidades das áreas de cultivos.

4.6.2.2 Usina de produção de biodiesel

A Usina de Biodiesel (unidade produtora) será composta por todos os equipamentos, como reatores, tanques auxiliares, decantadores, torres de destilação, bombas de transferência e vácuo, trocadores de calor, caldeira industrial e demais, inclusive a estrutura metálica (*rack*) que suporta toda a usina. Soma-se a estes, equipamentos e tubulações necessárias à transferência de óleo e biodiesel para o sistema de armazenagem e transporte.

4.6.2.3 Estação de tratamento de efluentes

Será construída uma estação de tratamento de efluentes que impactos ao meio ambiente. Além desta, farão parte do complexo uma subestação de energia elétrica; uma unidade de preparação de óleos, a ser utilizada no controle da acidez e purificação do óleo; um sistema anti-incêndio e uma plataforma de carregamento/descarregamento, que permitirá o embarque dos produtos acabados e desembarque da matéria-prima e insumos necessários.

4.6.3 Sistema de armazenagem

Este sistema terá um valor aproximado de R\$ 2,9 milhões e será composto por tanques e silos, os quais permitirão a armazenagem dos produtos finais (biodiesel e glicerol) e insumos necessários (metanol, catalisador, aditivos, água de processo e óleo). Os pontos de abastecimento serão dotados de tanques e sistemas de bombeamento para o recebimento do biodiesel, além de válvulas de mistura para adição de 20% de biodiesel ao diesel, quando as locomotivas estiverem sendo abastecidas. Deste modo, baseando-se na disponibilidade de distribuição e suprimento do complexo, estabeleceu-se que produtos acabados e óleo possuem capacidade de armazenagem de 10 dias, enquanto os demais insumos possuem capacidade de armazenagem de 30 dias (Tecbio, 2008).

4.7 Custos operacionais do complexo produtivo

Com base no consumo de combustíveis das locomotivas da EFC e das necessidades de biodiesel para atendimento à mistura B20, foram calculadas as quantidades de matérias-primas e demais insumos necessários à produção do biodiesel, bem como os custos operacionais de todo o complexo.

4.7.1 Insumos necessários ao processo produtivo

Para a produção de 40 milhões de litros de biodiesel anuais, será necessária uma usina que possua capacidade nominal de processamento de 48 milhões litros, uma vez que no processo de obtenção deste biocombustível são gerados subprodutos, como glicerol e metanol em excesso, água de lavagem (purificação) e resíduos do processo. Deste modo, todo o volume anualmente processado é composto por óleo, metanol, KOH e água de processo, necessitando ainda da energia elétrica para o funcionamento do

maquinário. Somam-se a estes os aditivos químicos necessários à correção da acidez do óleo antes do processamento e estabilização do biodiesel quanto à oxidação até o seu uso final.

Todos os valores referentes às necessidades diárias, mensais e anuais dos insumos estão descritos na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Insumos necessário ao processo industrial

Usina	Unidade	Diária	Mensal	Anual
Capacidade nominal projetada	1	160.000,00	4.000.000,00	48.000.000,00
Produção Final de Biodiesel	1	133.333,33	3.333.333,33	40.000.000,00
Rendimento Glicerol	1	16.000,00	400.000,00	4.800.000,00
Consumo de energia Geral (380v)	kwh	4.218,18	105.454,55	1.265.454,55
Consumo de água geral	1	24.000,00	600.000,00	7.200.000,00
Demanda Óleo	1	132.231,40	3.305.785,12	39.669.421,49
Demanda Metanol	1	26.446,28	661.157,02	7.933.884,30
Demanda de KOH	kg	1.322,31	33.057,85	396.694,21
Demanda Aditivos Químicos	1	533,33	13.333,33	160.000,00

Fonte: Elaboração própria

4.7.2 Resumo dos custos operacionais

Tomando-se como referência a produção do biodiesel de óleo de soja e com base nas necessidades de insumo do item anterior, foram quantificadas as necessidades financeiras para a operação do complexo.

Destaca-se que, de todos os custos necessários, o mais representativo, com quase 86%, será o de matérias-primas, composto por óleo, metanol, KOH, aditivos e água de processo. Isto demonstra que o processo industrial de obtenção do biodiesel é muito intensivo em matérias-primas, o que torna bastante relevante o preço de aquisição das mesmas no mercado. Este percentual também indica que o preço final do biodiesel deverá ser sensivelmente afetado por variações nos preços destas matérias-primas.

Como exemplo, os custos operacionais necessários à produção do biodiesel de soja estão demonstrados na tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - Custos de produção do biodiesel de soja

Item	Mês	dia	litro	%
Matéria Prima	R\$ 5.633.085,02	R\$ 225.323,40	R\$ 1,690	83,3%
Transformação	R\$ 35.191,42	R\$ 1.407,66	R\$ 0,011	0,5%
Impostos	R\$ 771.644,91	R\$ 30.865,80	R\$ 0,231	11,4%
Logística	R\$ 298.982,04	R\$ 11.959,28	R\$ 0,090	4,4%
Salários	R\$ 23.370,60	R\$ 934,82	R\$ 0,007	0,3%
Total	R\$ 6.762.273,99	R\$ 270.490,96	R\$ 2,029	100,0%

Fonte: Elaboração própria

Observando o item salários, descrito na tabela 5, pode se constatar que a produção de biodiesel neste complexo é pouco intensiva em mão de obra, necessitando basicamente de um diretor, um engenheiro químico responsável, 10 auxiliares (técnicos, operadores e demais operários) e três vigilantes. Isto pode ser explicado pelo fato de que as usinas de biodiesel são geralmente automatizadas ou semi-automatizadas, o que dispensa grande parte do efetivos de operários.

Verifica-se também a baixa demanda por recursos no processo de transformação, que é composto por necessidades energéticas, custos de gerenciamentos e manutenções, e ainda os custos operacionais burocráticos.

Ainda baseado na tabela 5, observa-se que depois das matérias-primas, os custos mais significativos são os de impostos. Estes impostos são oriundos das esferas de governo municipal, estadual e federal. Também serão contabilizados como impostos no presente estudo os aprovisionamentos mensais das atividades empregatícias, como décimo terceiro salário, férias, aviso prévio e rescisão contratual dos funcionários do complexo.

Outra atividade a ser destacada é a logística necessária ao suprimento e distribuição de insumos e produtos finais para atendimento a EFC. Esta atividade será composta por dois sistemas de distribuição, sendo um deles o rodoviário, que tratará do transporte do óleo até a usina em Açailândia - MA. O outro sistema, o ferroviário, contará com os vagões-tanque das composições ferroviárias, que conforme comentado,

fará a distribuição do B100 ao longo da via nos demais pontos de abastecimento da EFC e ainda o suprimento dos insumos químicos provenientes de São Luís - MA.

4.8 Custos de produção do biodiesel

A partir dos dados coletados e calculados para todo o processo de fabricação do biodiesel no complexo, tornou-se possível calcular todos os custos do empreendimento. Estes custos podem ser melhor visualizados na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Custos fixos, variáveis e total

CUSTOS	Soja		Palma		Soja + Palma	
1 - Custos Fixos						
Tributos	R\$	7.139,40	R\$	6.847,73	R\$	6.847,73
Gerenciamentos	R\$	6.900,00	R\$	6.900,00	R\$	6.900,00
Manutenções	R\$	3.600,00	R\$	3.600,00	R\$	3.600,00
Salários	R\$	17.800,00	R\$	17.800,00	R\$	17.800,00
Provisionamentos	R\$	5.570,60	R\$	5.570,60	R\$	5.570,60
Subtotal	R\$	41.010,00	R\$	40.718,33	R\$	40.718,33
2 - Custos Variáveis						
Tributos	R\$	812.193,83	R\$	654.205,00	R\$	764.797,18
Custo Óleo	R\$	4.593.236,36	R\$	5.797.272,73	R\$	4.954.447,27
Custo Metanol	R\$	588.270,33	R\$	588.270,33	R\$	588.270,33
Custo KOH	R\$	53.553,72	R\$	53.553,72	R\$	53.553,72
Custo Aditivos	R\$	32.000,00	R\$	32.000,00	R\$	32.000,00
Custo Transporte	R\$	265.220,89	R\$	377.758,08	R\$	298.982,04
Custo Telefone	R\$	1.000,00	R\$	1.000,00	R\$	1.000,00
Custo Água	R\$	4.813,69	R\$	4.813,69	R\$	4.813,69
Custo Energia	R\$	23.691,42	R\$	23.691,42	R\$	23.691,42
Custo Gás Natural	R\$	-	R\$	-	R\$	-
Subtotal	R\$	6.373.980,24	R\$	7.532.564,97	R\$	6.721.555,66
Custo Total	R\$	6.414.990,24	R\$	7.573.283,30	R\$	6.762.273,99

Fonte: Elaboração própria

A partir dos valores calculados na tabela 6, tornou-se possível chegar ao preço final do biodiesel produzido no complexo. Assim, o custo final por litro de biodiesel

(B100) produzido terá os seguintes valores: Soja (R\$ 3,156), Palma (R\$ 3,932) e Soja+Palma (R\$ 3,544).

Para efeitos de análise, foi calculado também o custo de produção do biodiesel (B100) sem impostos, verificando-se os seguintes valores: Soja (R\$ 2,806), Palma (R\$ 3,497) e Soja+Palma (R\$ 3,151).

Assim, com base nos cálculos realizados para o “Complexo de Autoprodução de Biodiesel”, pode-se constatar que o custo final de transformação de 1 litro de óleo vegetal em 1 litro de biodiesel terá um valor médio com impostos equivalente a R\$ 0,63; R\$ 0,74 e R\$ 0,69; respectivamente para soja, palma e o *blend*.

O valor final do biodiesel proveniente das duas fontes ou do *blend* terá um valor final superior ao valor do diesel, que na região do Estado do Maranhão é de R\$ 2,134 para o consumidor final (ANP, 2008). Entretanto, ressalta-se que as locomotivas da EFC não utilizarão o biodiesel puro, mas sim a mistura B20, o que impactará menos no preço final do combustível. Ressalta-se também que a Vale, por ser um grande frotista, que utiliza grandes volumes de diesel, não adquire este combustível pelo mesmo preço praticado nos postos de combustíveis e sim direto das distribuidoras, a preços inferiores. Em média, no Estado do Maranhão, os preços finais de diesel para grandes frotistas possuem valores entre R\$ 2,054 e R\$ 2,098 (ANTT, 2008).

Deste modo, assumindo-se que o preço e aquisição de diesel pela Vale seja de R\$ 2,054 e adicionando-se a este valor o preço final do biodiesel produzido no complexo, os valores finais do B20 seriam: Soja (R\$ 2,274), Palma (R\$ 2,430) e Soja+Palma (R\$ 2,352).

Nota-se que o preço final do B20 ficará superior ao preço do diesel nos 3 casos, tornando inviável a produção do biodiesel neste complexo, se analisada apenas sob o ponto de vista econômico.

4.9 Viabilidade econômico-financeira do empreendimento

De acordo com os valores encontrados para a produção do biodiesel no complexo, observou-se que o preço final de produção do biodiesel situa-se acima do preço de aquisição do diesel pela EFC. Deste modo, não seria possível o retorno sobre o investimento no empreendimento, uma vez que a diferença entre o preço de aquisição do diesel a ser substituído (40 milhões de litros/ano) e o preço de produção do biodiesel (que substituirá este volume de diesel) seria a responsável por pagar o valor investido.

Após a montagem do fluxo de caixa e realização os cálculos, foi possível chegar aos seguintes resultados, conforme tabela 7 a seguir:

Tabela 7 - Resultados da análise econômica

Parâmetro considerado	Resultado obtido
Valor presente líquido do complexo	R\$ 9.211.370,16
Taxa interna de retorno	14%
Tempo de retorno	13º ano

Fonte: Resultado do trabalho

Observando-se os valores da tabela 7, pode-se concluir, sob o ponto de vista econômico, que a implantação do empreendimento é viável, uma vez que foram consideradas as seguintes premissas e seus comentários.

- O VPL retornou um valor positivo (R\$ 9.211.370,16), o que demonstra que ao trazer os valores futuros para um valor presente, o empreendimento irá se pagar e gerar uma receita positiva para a empresa;
- A TIR retornou o valor de 14%, que é superior à taxa de juros considerada nos cálculos e sugerida pelo BNDES (9,25%), demonstrando que a rentabilidade do empreendimento estará acima do valor considerado;
- O tempo de retorno ou *payback* ocorrerá no 13º ano, o que significa que o retorno sobre o investimento acontecerá dentro do período estipulado para a amortização do empreendimento, que conforme já comentado será de 30 anos.

Convém ressaltar que os resultados da TIR, do Payback e do VPL já apresentados foram aferidos considerando como hipótese a redução de 45% no preço dos óleos no mercado e um biodiesel fabricado a partir do *blend*, com 70% de óleo de soja e 30% de óleo de palma, isto é, um dos poucos cenários que tornam viável a produção de biodiesel no complexo.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Atualmente, o custo do biodiesel não é competitivo, se comparado ao diesel, por várias razões, tais como: o preço das oleaginosas no mercado, a infraestrutura já montada para atender a indústria do petróleo e o ainda modesto nível de conhecimento da produção de biodiesel. Assim, entende-se que pesquisas relacionadas às matérias-primas e aos demais insumos deverão ser incentivadas como forma de se adquirir maiores conhecimentos sobre o biodiesel, já que possivelmente levaria à redução de preços.

Devido à diversidade de oleaginosas, torna-se difícil o cálculo de um custo único para o produto final, já que isto depende de outros fatores, como os processos produtivos e a matéria-prima. Apesar dos processos tecnológicos disponíveis atualmente no Brasil serem a esterificação e transesterificação, a maior parte das unidades produtoras de biodiesel tem utilizado a transesterificação por rota metílica e a catálise básica via KOH (hidróxido de potássio) devido à sua disponibilidade e preço.

O estudo demonstrou que os custos do biodiesel a ser produzido pelo “Complexo de Autoprodução de Biodiesel” da Vale tornaram inviável a produção do mesmo, sob o ponto de vista econômico, com os atuais preços das oleaginosas apresentados pelo estudo. Assim, o preço final do B20 a ser utilizado ficaria mais caro do que o preço de aquisição do diesel para uso nas locomotivas.

Ressalta-se que, para que o B20 se tornasse viável, os preços das oleaginosas consideradas deveriam sofrer um decréscimo de 40% e 55%, respectivamente para a soja e para palma. Para o *blend*, este deságio poderia ser de 45% para ambas, considerando-se uma mistura de 60% de óleo de soja e 40% de óleo de palma.

Salienta-se também que não foram considerados os ganhos indiretos da autoprodução e uso do biodiesel pela empresa Vale, como por exemplo, as receitas dos ganhos de imagem. Sabe-se que pelo fato da atividade de mineração ser impactante do meio ambiente, uma imagem sustentável gerada pelo uso de um biocombustível poderia gerar maiores dividendos para a empresa, sendo estes incorporados aos custos de produção do biodiesel, o que poderia reduzi-los.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Derivados e Biocombustíveis. Disponível em: <www.anp.gov.br>. Acesso em: 04.11.2008.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <www.antt.gov.br>. Acesso em: 07.09.2008.

ASSAF NETO, A. Finanças corporativas e valor. São Paulo: Atlas, 2003. BiodieselBR. Matérias-primas do biodiesel, 2012. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel>>. Acesso em: 17 ago. 2012.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento-Taxa de juros de longo prazo. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Ferramentas_e_Normas/Custos_Financeiros/Taxa_de_Juros_de_Longo_Prazo_TJLP/>. Acesso em: 09.10.2008.

CAMPOS, I. Biodiesel e Biomassa: duas fontes para o Brasil. Revista de Ecologia do Século 21, Rio de Janeiro, v.80, edição julho de 2003. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos>>. Acesso em: 02.01.2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 22.05.2008.

GITMAN, L.J. Princípios de Administração Financeira. 12. ed. São Paulo: Pearson Education, 2010.

IBP – Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás, Planejamento Estratégico, Tecnológico e Logístico para o Programa Nacional de Biodiesel, 2007, Módulos I e II, Disponível em: <<http://www.ibp.org.br/main.asp>> Acesso em: 17.04.2008

IVIG – Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - COPPE/UFRJ, Projeto de Monitoramento de Testes de Campo com Biodiesel em Locomotivas – Contrato COPPETEC/CVRD nº. 262.754 (Monitoramento de Testes do Biodiesel), executado pela equipe formada por, Professores: Marcos Aurélio Vasconcelos Freitas, Márcio de Almeida D’Agosto, Carlos Rodrigues Pereira Belchior e Suzana Kahn Ribeiro. Pesquisadores: Beatriz Maria Cohen Chaves, Aurélio Lamare Soares Murta, Pedro Paulo Pereira e Marcileny Barbosa Porto; Rio de Janeiro – RJ, 2007.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; Scabio, A. Quim. Nova, v. 1, n. 19. 2005.

HOLANDA, Aristo. Biodiesel e inclusão social. Brasília: Câmara dos Deputados, p. 212. 2004.

PARENTE, E. J. S.; 2003, Uma aventura tecnológica num país engraçado. Disponível em: <www.tecbio.com.br>. Acesso em: 12.08.2008.

PERALTA-ZAMORA, P. G. ; RAMOS, L. P. ; ZAGONEL, G. Estudo de otimização da reação de transesterificação etílica do óleo de soja degomado. Ciência & Engenharia, Uberlândia, v. 12, n. 1, p. 35-42. 2003.

TECBIO – Tecnologias Bioenergéticas LTDA; 2008, Fornecimento de Plantas Industriais, disponível em: <http://www.tecbio.com.br/> e orçamento de plantas industriais Acesso em: 14.05.2008.

VALE – Companhia Mineradora Vale, Logística (Transporte Ferroviário).Disponível em: <<http://www.vale.com/vale/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>>.Acesso em: 07.06.2007.