



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO BIODIESEL ETÍLICO A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA EXTRAÍDO COM ETANOL

Palavras-Chave: Biodiesel, Análise do Ciclo de Vida, Impactos Ambientais

Autoras:

Beatriz Sayuri Nakamura [Faculdade de Tecnologia/UNICAMP]

Prof.^a Dr.^a Marcela Cravo Ferreira (orientadora) [Faculdade de Tecnologia/UNICAMP]

INTRODUÇÃO

Atualmente, a maior parte da energia consumida, tanto no Brasil como no mundo, origina-se dos combustíveis fósseis, como os derivados de petróleo, o gás natural e o carvão mineral, que são considerados recursos não renováveis, limitados e finitos. Um recurso energético renovável que vem ganhando bastante destaque no cenário nacional e mundial são os biocombustíveis que são combustíveis derivados de biomassa renovável, utilizados em motores de combustão interna, podendo substituir, parcialmente ou totalmente, os combustíveis fósseis, como o petróleo. Um dos principais biocombustíveis que vem ganhando bastante destaque é o biodiesel que é uma alternativa renovável ao diesel derivado do petróleo.

O biodiesel e o diesel possuem semelhança em praticamente todas as suas propriedades, o que torna possível a mistura do biodiesel com petrodiesel em qualquer proporção e muitos países, inclusive o Brasil, aproveitaram desta propriedade para a adoção do uso de misturas binárias de diesel/biodiesel (KNOTHE *et al.*, 2006). A porcentagem de biodiesel adicionada ao diesel é indicada pela nomenclatura BX, no qual o X representa a porcentagem de biodiesel na mistura, sendo o B100 o biodiesel puro. No Brasil, segundo a Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 16, de 29 de outubro de 2018, artigo 2, estabelece as diretrizes para a evolução da adição mínima obrigatória de biodiesel ao óleo diesel, sendo obrigatório a adição percentual mínima de 12% de biodiesel a partir de 1 de março de 2020 com previsão de aumento para 15% em 2023 (CNPE, 2018).

O biodiesel é formado por ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa, obtidos a partir do processo de transesterificação, podendo ser produzido a partir de várias matérias-primas, como os óleos vegetais de soja, de canola, de milho, de palma, de algodão; gorduras animais, como o sebo bovino e os óleos de descarte, como os óleos de fritura. A escolha da matéria-prima está relacionada com fatores geográficos, como por exemplo, a disponibilidade na região, a tecnologia utilizada na produção, o teor de óleo e a produtividade por unidade de plantio, sendo que no Brasil o mais utilizado é o óleo de soja (ANP, 2020; BARBOSA, 2012; KNOTHE, *et al.*, 2006).

O óleo de soja pode ser obtido por meio da prensagem ou por meio da extração por solvente. O solvente mais utilizado é o hexano devido a sua alta capacidade extrativa, porém ele é derivado do petróleo, que é uma fonte não renovável, possui alta toxicidade, inflamabilidade e um grande poluidor do meio ambiente. Uma alternativa que vem sendo bastante estudada é a utilização de etanol como solvente, pois ele é seguro à saúde humana, não gera resíduos tóxicos e produzido via biotecnológica (FERREIRA, 2016; RODRIGUES, 2011; PORTICH, 2019; SAWADA, 2012).

Os óleos vegetais e a gordura animal utilizados na produção de biodiesel são compostos por triglicerídeos, ésteres de ácidos graxos com glicerol, e uma das características dessas matérias-primas é a alta viscosidade cinemática, que pode ocasionar em problemas operacionais nos motores, como incrustações. Para solucionar este problema os óleos ou a gordura precisam passar por um processo de redução da viscosidade. Atualmente, existem métodos utilizados para reduzir

a viscosidade que são a pirólise, a microemulsificação e a transesterificação. Dentre os métodos citados, o mais utilizado é o da transesterificação, que consiste na reação de um triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, gerando um éster alquílico (biodiesel) e glicerol como subproduto (KNOTHE *et al.*, 2006).

Os álcoois mais utilizados no processo da transesterificação são os álcoois de cadeia curta, como o metanol e o etanol. O metanol é o mais comumente utilizado por geralmente ser o álcool de menor custo. Porém, no caso do Brasil, o país possui programas que incentivam a produção a produção de etanol, o que tornam este álcool economicamente viável e atrativo (KNOTHE *et al.*, 2006; FERREIRA, 2016).

O biodiesel, por ser derivado de plantas oleaginosas ou da gordura animal, é considerado uma fonte de energia renovável e biodegradável, e sua combustão em motores a diesel geram a redução da emissão de CO₂, óxidos de enxofre, óxidos nitrosos, material particulado e os gases de efeito estufa. O ciclo de carbono no biodiesel é fechado, pois o combustível apresenta balanço de carbono nulo, ou seja, o carbono absorvido durante o crescimento fotossintético das plantas oleaginosas é o carbono emitido durante a combustão e que será absorvido por outra planta no ciclo seguinte, para um mesmo volume de biodiesel (CARVALHO *et al.*, 2012; ESTEVES, 2016; GAZZONI, 2014).

Apesar do biodiesel apresentar diversas vantagens que diminuam os impactos ambientais causados pela queima desse combustível, é necessário analisar toda a cadeia produtiva da produção desse combustível, pois são necessários insumos como agrotóxicos, energia para algumas etapas de produção e para as etapas de transporte, e as vantagens ganhas com o uso do biodiesel podem ser anuladas durante o processo de produção.

Uma ferramenta importante e bastante utilizada para analisar os possíveis impactos causados durante todo o processo de produção, desde a extração da matéria-prima à destinação final do produto, é a Análise do Ciclo de Vida (ACV). A ACV avalia todos os processos envolvidos na produção, no uso e na destinação final e os possíveis impactos relacionadas à essas etapas obtendo-se uma visão geral sobre os reais impactos causados no meio ambiente, na economia e na sociedade e quais pontos podem ser melhorados (BARBOSA, 2012; ESTEVES *et al.*, 2016; KNOTHE *et al.*, 2006).

Assim, o presente projeto de iniciação científica tem como objetivo principal avaliar os aspectos ambientais associados à produção do biodiesel etílico a partir de óleo de soja extraído com etanol, por catálise básica, utilizando a metodologia Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) com abordagem atribucional.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da Avaliação do Ciclo de Vida é a padronizada internacionalmente pela norma NBR ISO 14041:2004, esta é dividida em quatro etapas, as quais são: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, análise de impactos e interpretação. Foi analisado desde a obtenção das matérias-primas (grãos de soja, óleo bruto de soja, etanol, catalisador, e outros insumos) até a obtenção do biodiesel final.

Foi utilizado o software SimaPro para as análises de ACV, utilizando o método ReCiPe 2016 Midpoint (H) e foram analisadas as seguintes categorias de impacto: mudanças climáticas, acidificação terrestre, ecotoxicidade terrestre, toxicidade humana carcinogênica e toxicidade humana não carcinogênica. Para o tratamento dos coprodutos foi utilizada a alocação econômica.

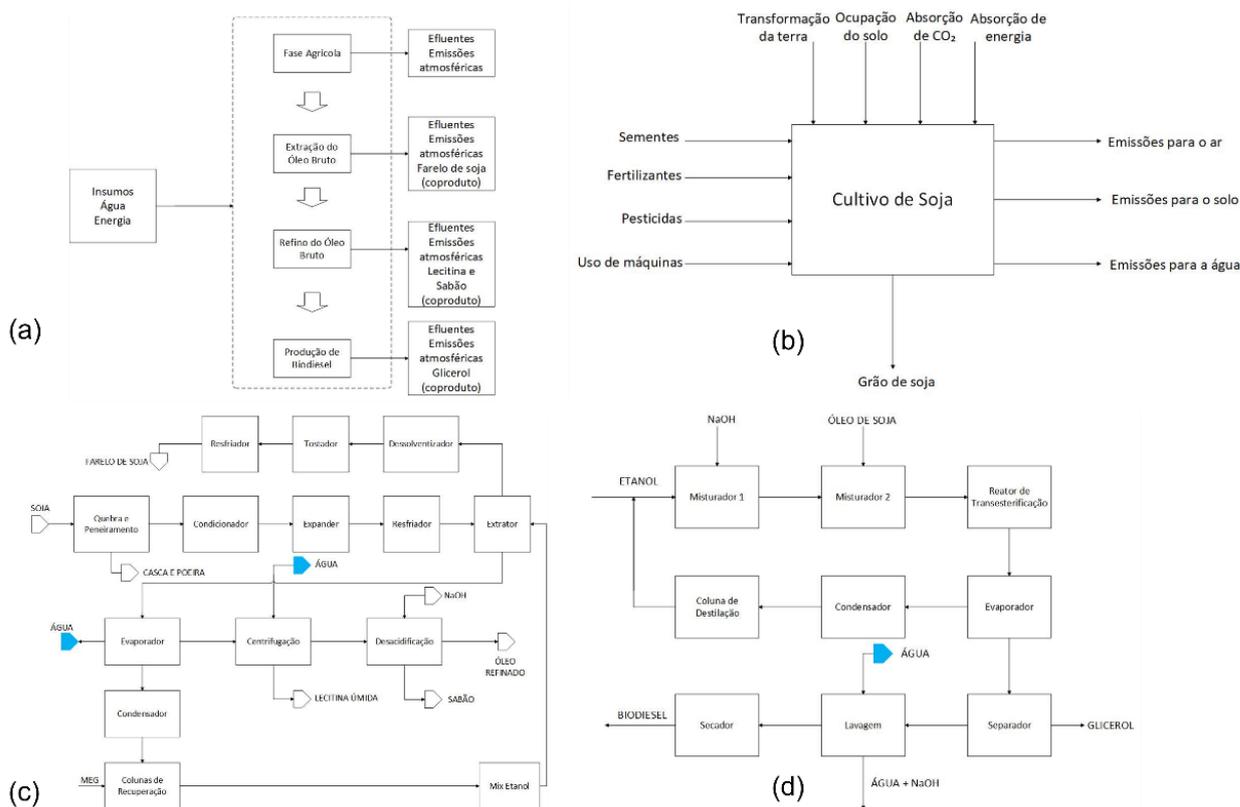
Na primeira etapa do projeto foram definidos os subsistemas de todas as etapas, Figura 1, (agrícola, produção de óleo e produção de biodiesel), compreendendo todos os fluxos de entrada e saída. Após a definição dos subsistemas, montou-se um fluxograma de cada um deles. Não foram consideradas as emissões referentes ao transporte, distribuição e consumo do biodiesel.

Na segunda etapa do projeto foi realizada uma análise de inventário, no qual foram coletados dados do banco de dados do próprio software e em publicações da literatura como apresentados por Potrich (2019), para a fase agrícola e a extração de óleo de soja com etanol, e Altamirano (2013), para a produção de biodiesel.

Na terceira etapa do projeto, foram realizadas simulações dos subsistemas no software.

Na quarta e última etapa, foram feitas análises dos resultados obtidos e recomendações para a melhoria do sistema estudado.

Figura 1. Fluxogramas e subsistemas: (a) fluxograma geral com os subsistemas; (b) subsistema agrícola; (c) subsistema da extração e refino do óleo de soja; (d) subsistema da produção do biodiesel.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

• SUBSISTEMA AGRÍCOLA

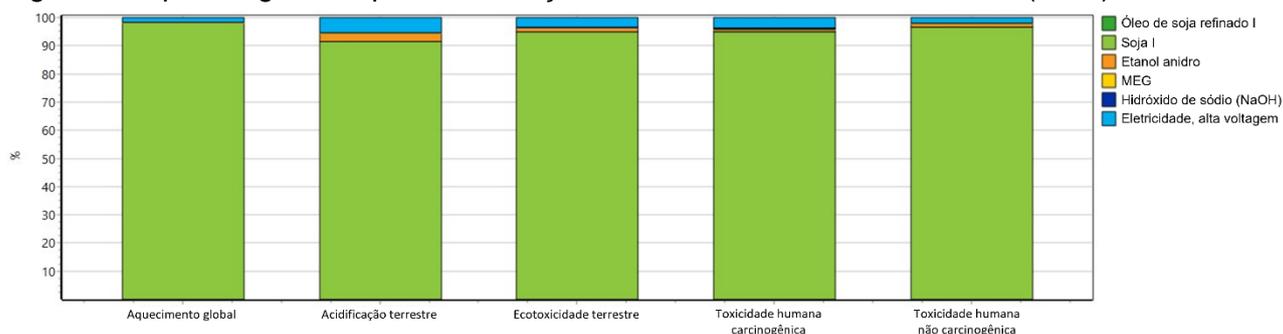
Como mencionado anteriormente, foram utilizados os dados da tese de Potrich (2019) como base para as simulações do subsistema agrícola no software SimaPro, gerando os resultados dos impactos ambientais para as categorias de impacto, mudanças climáticas, acidificação terrestre, ecotoxicidade terrestre, toxicidade humana carcinogênica e toxicidade humana não carcinogênica.

Analisando os resultados obtidos, pode-se observar que o fosfato em fertilizante foi o que apresentou uma contribuição mais expressiva em quatro das cinco categorias estudadas, sendo elas a acidificação terrestre, ecotoxicidade terrestre, toxicidade humana carcinogênica e toxicidade humana não carcinogênica. Outro produto que apresentou uma contribuição significativa foi a soja sem o uso da terra, que representou cerca de 54% do valor obtido para a categoria de mudanças climáticas, devido a emissão de CO₂ e NO₂ resultantes do calcário e resíduos agrícolas, respectivamente.

• SUBSISTEMA EXTRAÇÃO E REFINO DO ÓLEO DE SOJA

No subsistema de extração e refino do óleo de soja foi realizada somente uma simulação, no qual foram utilizados os dados apresentados por Potrich (2019) e a fase agrícola da soja, previamente analisada. Analisando os dados apresentados pela Figura 2, tem-se que a soja é a que mais contribuiu nos resultados obtidos para as cinco categorias de impacto, chegando a representar mais de 90% em todas as categorias.

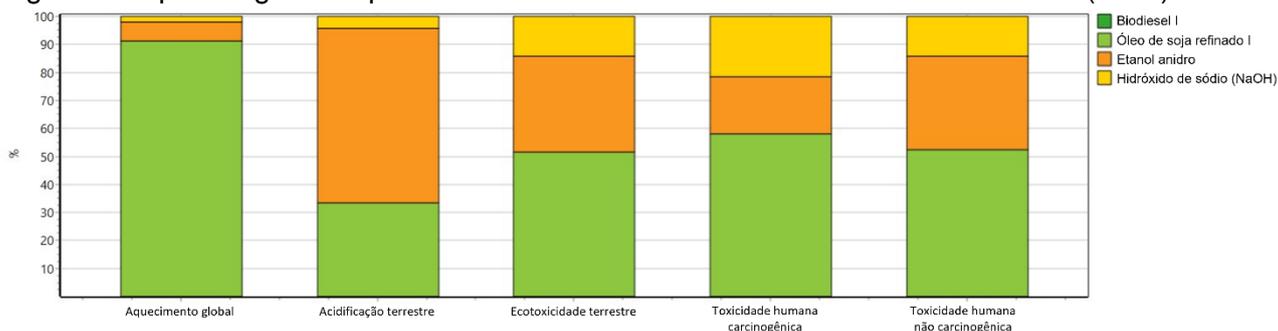
Figura 2. Impactos gerados pelo de extração e refino. Base de dados: Potrich (2019)



• SUBSISTEMA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Para o subsistema de produção do biodiesel foram utilizados os dados apresentados por Altamirano (2013) utilizando o hidróxido de sódio (NaOH) como catalisador e o processo de extração e refino do óleo de soja previamente simulado. Analisando os resultados obtidos e apresentados pelo gráfico da Figura 3, tem-se que o óleo de soja refinado I apresenta o maior valor em quatro das cinco categorias analisadas, aquecimento global, ecotoxicidade terrestre, toxicidade humana carcinogênica e toxicidade humana não carcinogênica. Outro componente que apresentou uma contribuição significativa foi o etanol anidro, que apresentou o maior valor na categoria acidificação terrestre e valores relevantes nas categorias: ecotoxicidade terrestre e toxicidade humana carcinogênica e não carcinogênica.

Figura 3. Impactos gerados pelo subsistema biodiesel. Base de dados: Altamirano (2013)



A colaboração relevante do óleo de soja refinado nos impactos estudados deve-se em parte à produção de soja, pois como foi verificado na simulação do subsistema de extração e refino do óleo de soja, a produção agrícola de soja foi a que mais contribuiu em todas as categorias, chegando a representar mais de 90% dos resultados obtidos.

Em relação à acidificação terrestre, segundo Ferreira (2014) cerca de 50% do impacto ocorre devido à produção de soda cáustica, o hidróxido de sódio uma vez que, durante o processo pode ocorrer a formação e emissão de óxidos de enxofre e nitrogênio, que em contato com o vapor de água da atmosfera e retornar ao solo em forma de chuva ácida. Contudo, na Figura 3 não é observado uma contribuição relevante do hidróxido de sódio, apenas 4,3%, e a colaboração do óleo de refinado de soja, que também possui a adição de hidróxido de sódio, não foi a maior (33,3%), a maior contribuição na acidificação terrestre foi a do etanol anidro com 62,4%.

Analisando os resultados apresentados acima, pode-se observar que a fase agrícola é o subsistema que mais contribuiu nas categorias de impacto, sendo o fosfato utilizado nos fertilizantes o maior contribuidor para esses valores. O subsistema da produção do biodiesel também apresentou valores consideráveis, principalmente nas categorias de acidificação terrestre, ecotoxicidade terrestre e toxicidade humana carcinogênica e não carcinogênica, e o etanol anidro foi o que apresentou uma contribuição significativa nestas categorias.

CONCLUSÃO

Baseando-se nos resultados apresentados acima, pode-se observar que a produção do biodiesel etílico de soja causa impactos ambientais. No entanto, considerando o cenário atual, no

qual há um aumento na busca por fontes de energia renovável e a necessidade de suprir o crescente aumento da demanda de energia, o biodiesel se apresenta como uma opção bastante atraente, pois os valores obtidos podem ser considerados baixos. Visando uma melhor eficiência e a diminuição dos impactos causados, o estudo apontou que uma melhoria que poderia ser realizada nesse processo é a substituição dos fertilizantes que utilizam fósforo na fase agrícola da soja.

BIBLIOGRAFIA

ALTAMIRANO, C. A. A. **Análise de Ciclo de Vida do Biodiesel de Soja: uma comparação entre as rotas metilica e etilica**. 2013. 259 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP). Informações de mercado. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em: 24 de setembro de 2020.

BARBOSA, T. B. C. **Avaliação Comparativa de Estudos de Análise do Ciclo de Vida da Produção de Biodiesel**. 2012. Monografia (Especialista em Saneamento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, [S. I.], 2012.

CARVALHO, H.M.; RIBEIRO, A.B. Biodiesel: **Vantagens e desvantagens numa comparação com o diesel convencional**. Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, Rio de Janeiro, v.2, n.1, p. 49–53, 2012.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA (CNPE). **Resolução nº 16**, publicada em 29 de outubro de 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36074/265770/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/03661cf7-007d-eb99-10b4-61ee59c30941>. Acesso em: 24 de setembro de 2020.

ESTEVES, R. A.; PEREIRA, R. G. **Análise dos impactos ambientais da produção do biodiesel etílico de sebo bovino através da avaliação do ciclo de vida (ACV)**. ESPACIOS (CARACAS), v. 37, p. 26-42, 2016

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, O. A. **Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia**. Química Nova, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005. Apud SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. Biodiesel: Uma Alternativa de Combustível Limpo. Química Nova na Escola. Vol. 31 Nº 1, fev. 2009.

FERREIRA, G. S.; CARVAS, R. N. **Análise comparativa do ciclo de vida do biodiesel obtido a partir do óleo de dendê e etanol versus diesel de petróleo**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia química) - Universidade de São Paulo - USP, [S. I.], 2014.

FERREIRA, M.C. **Avaliação do uso do etanol para a extração sólido-líquido de óleo de soja e para a produção de biodiesel etílico pela análise do equilíbrio líquido-líquido**. 2016. 157 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

GAZZONI, D. L. **Balço de emissões de CO₂ por biocombustíveis no Brasil: histórico e perspectiva**. KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de biodiesel (The Biodiesel Handbook)**. São Paulo: E. Blücher. 1ª Ed. 2006.

PALANEDI, T. **Avaliação do ciclo de vida na produção de biodiesel de dendê**. Orientador: Aulus Roberto Romão Bineli. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UFTPR, [S. I.], 2017.

POTRICH, E. **Modelagem, simulação e análise técnico-econômica-ambiental do processo de extração de óleo de soja por hexano e etanol e da produção de biodiesel**. Tese de Doutorado, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

RODRIGUES, C. E. C. **Utilização de solvente biorenovável nos processos de extração e desacidificação de óleos vegetais**. 2011. Tese de Livre Docência. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

SAWADA, M. M. **Estudo da viabilidade técnica da substituição de hexano por etanol no processo de extração de óleo de soja: cinética de extração e índices de qualidade**. 2012. 128 f Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.