

APLICAÇÃO DA MATRIZ DA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE: DIESEL x BIODIESEL

Delano Mendes de Santana ¹
Marcelo Augusto Gonçalves Fonseca
Marcos Henrique Gomes

RESUMO

Uma alternativa de diversificação da matriz energética, buscando uma maior sustentabilidade, pode ser os biocombustíveis. Isso pode favorecer a solução de questões relativas ao bem estar social e ambientais devido a possibilidade de geração e adoção de culturas agrais dedicadas a produção energética. O objetivo deste trabalho é aplicar uma matriz de sustentabilidade para avaliação do biodiesel em relação a questões políticas/econômicas, tecnológicas/ambientais e sociais. Foram definidos alguns indicadores, que foram comparados com o Diesel e avaliações de sustentabilidade foram então realizadas. Constatou-se que a utilização do biodiesel contribui significativamente para a redução da emissão de gases de efeito estufa, em contrapartida gera um consumo de água elevado e pode levar a concorrência com alimentos, o que pode influenciar o seu preço.

Palavras-chave: Biocombustíveis, Sustentabilidade, Biodiesel, Diesel.

ABSTRACT

Biofuels can be an alternative to diversify the energy matrix seeking sustainability. This can solve issues related to social welfare and environmental due to the possibility of family farming dedicated to energy production. The objective of this work is to apply sustainability matrix comparing biodiesel and Diesel using political/economic, technological/ environmental and social indicators. The use of biodiesel contributes significantly to the reduction of emission of greenhouse gases, in turn generates high water consumption, and can lead to competition with food, which can influence its price.

Keywords: Biofuels, Sustainability, Biodiesel, Diesel.

1.INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo o Ministério de Minas e Energia (2007), uma de suas principais fontes corresponde aos combustíveis de origem não renovável contribuindo com 55,49% da

¹ Doutorando em Energia pela UFABC.

produção de energia dos quais 38,66% originados do petróleo e seus derivados e 6,27% do carvão mineral e seus derivados. Entretanto, tais combustíveis demonstram-se grandes agentes poluidores do meio ambiente devido à emissão de gases de efeito estufa (GEE) durante a sua queima, atingindo negativamente o meio ambiente e, assim, o bem estar do homem.

Uma alternativa que se apresenta eficaz, no que se refere a emissão dos GEE durante a sua queima, corresponde a adoção de biocombustíveis. Segundo Iriarte, *et al* (2010) a adoção dos biocombustíveis na matriz energética de um país pode favorecer a solução de questões relativas ao bem estar social e ambientais devido a possibilidade de geração e adoção de culturas dedicadas a produção energética de produtos utilizados na produção de combustíveis renováveis.

Neste contexto cabe o questionamento se o biodiesel corresponde a uma alternativa sustentável por se tratar de combustíveis de origem renovável ou exatamente o contrário devido aos impactos indiretos originados na produção de sua matéria prima, transporte e manufatura (FAVARRETO, 2014).

1.1 Cenário do biodiesel no Brasil

No Brasil segundo Teixeira e Taouil (2010) a pesquisa relativa a produção de biodiesel iniciou-se nas mãos do engenheiro químico e pesquisador Exedito José de Sá Parente, que desenvolveu nos idos de 1977 o processo para obtenção do biocombustível, usando da técnica de transesterificação, que corresponde à quebra da molécula do óleo, com a separação da glicerina e a recombinação dos ácidos graxos com o álcool produzindo assim os ésteres (biodiesel) e a glicerina. Apresentando resultados de pesquisas na produção de biocombustíveis tais como na produção de querosene vegetal destinado a aviação e na produção de óleo proveniente da semente de maracujá (PARENTE, 2003).

O biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100 (MME, 2004).

Segundo Barros *et al.* (2014), o Brasil corresponde ao segundo maior consumidor de e o terceiro maior produtor de biocombustíveis do mundo sendo que sua principal matéria prima

corresponde a soja com 77% da produção, seguida da gordura animal com 20%, e outras fontes com 3%.

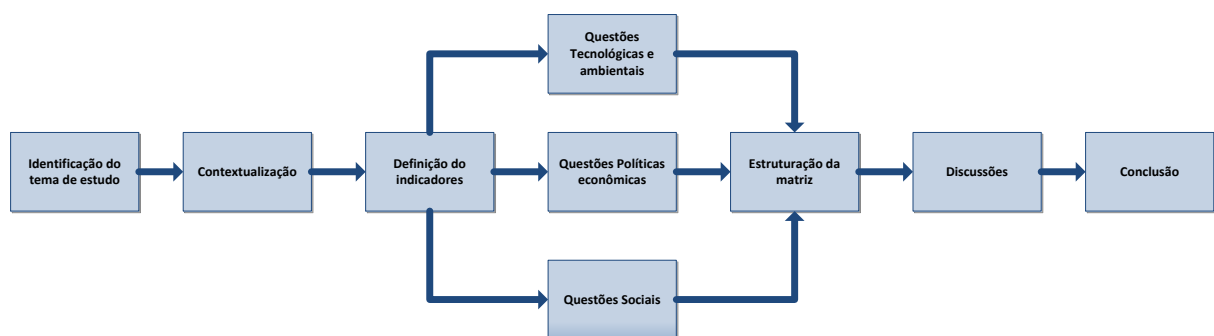
O objetivo deste trabalho é aplicar uma matriz de sustentabilidade, descrita a seguir, para avaliação do biodiesel em relação a questões políticas/econômicas, tecnológicas/ambientais e sociais.

2.METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada neste trabalho corresponde a utilização da matriz de avaliação de sustentabilidade proposta no Guia para Formulação de Políticas Energéticas da CEPAL (2003). Levando em conta indicadores políticos econômicos, tecnológicos ambientais e sociais.

A figura 1 ilustra um diagrama de blocos que representa a metodologia aplicada.

Figura 1 – Diagrama de blocos da estrutura da metodologia.



Fonte: Autores.

2.1 Definição dos indicadores

A partir da análise dos indicadores de sustentabilidade sugeridos pela CEPAL (2003) e os contextualizando-os no cenário do Biodiesel Brasileiro foram selecionados os seguintes indicadores.

Políticos econômicos:

- Custos de Produção de Biodiesel;
- Incentivos do governo para produção, como programa B5, B10 e B20 que exigem a adição de Biodiesel ao Diesel.

Tecnológicos e ambientais:

- Gasto de energia, por unidade de energia produzida (Diesel vs Biodiesel);
- Emissões (Diesel vs Biodiesel);
- Consumo de água por litro de combustível produzido;
- Toxicidade no solo.

Sociais

- Incentivo a agricultura familiar;
- Produção de Biodiesel versus produção de alimentos, no que tange a recursos para produção de oleaginosas.

2.2 Simulação

Para quantificar os impactos causados na emissão dos gases utilizamos o software Simapro®, fabricado pela empresa Pré Cosultants, como proposto por OLUKOYA *et al.* (2014). Ele permite realizar a análise e ciclo de vida (ACV) de diferentes processos e produtos como estabelecido pelo padrão da norma ISO 14004.

Foram comparados dois combustíveis disponíveis na biblioteca ecoinvent com o método IMPACT 2002+: primeiro o Biodiesel (etanol) de origem renovável e o segundo o diesel de origem fóssil. O foco da comparação deu-se nos danos causados ao meio ambiente nas categorias relacionadas à saúde humana, qualidade de ecossistema, mudança climática e utilização de recursos não renováveis, numa escala que varia de 0 a 100%.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1 – Matriz de Sustentabilidade Diesel x Biodiesel

Dimensão	Políticos Econômicos		Tecnológicos e Ambientais				Sociais	
	Indicador	Custo de Produção	Políticas Públicas	Emissões	Toxicidade	Eficiência Energética	Consumo de Água	Concorrência com a produção de Alimentos
Índice de Avaliação	Custo final de produção	Obrigatoriedade legal	Comparação via software	Atividade orgânica	Consumo de energia	Consumo total de água	Elevação de preços	Renda familiar
Diesel	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Alta	Alto	Alto	Baixo
B5	-	Alto	-	-	Média	Médio	Médio	Médio
B20	-	Médio	-	-	Baixa	Médio	Médio	Médio
B100	Médio	Baixo	Alto	Alto	Baixa	Baixo	Baixo	Alto

Fonte: Autores.

3.1 Custo de Produção

O custo do Biodiesel continua sendo um grande obstáculo no aumento da sua produção (SILVA; FREITAS, 2008). Segundo Zhang, et al (2003) o custo de produção do biodiesel (B5) é de aproximadamente US\$ 0,5/ l, enquanto o óleo diesel derivado do petróleo apresenta um custo de US\$0,36/l.

Levando-se em conta estes valores, o Biodiesel foi categorizado como Médio e o Diesel como alto em relação a este indicador na matriz de sustentabilidade.

3.2 Políticas Públicas

Segundo Mendes e Costa (2009), entre os anos de 2005 e 2007, a mistura de 2% (B2) no diesel comercializado foi autorizada de forma não compulsória (período voluntário). O período de obrigatoriedade começou em janeiro de 2008, como previsto na Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, com a mistura a 2% (B2), tendo de passar a 5% até 2013. No segundo semestre de 2008, o governo elevou a mistura para 3% (B3), e no segundo semestre de 2009 para 4% (B4). Embora inicialmente a mistura a 5% (B5) estivesse prevista para vigorar somente em 2013, durante o ano de 2009 esse prazo foi revisto, antecipando a meta de B5 a partir de janeiro de 2010.

Ainda não há uma regulamentação formal do governo para a obrigatoriedade de uma quantidade maior de biodiesel misturado ao diesel, mas a percentagem que tem sido mais cogitada para a mistura no diesel e petróleo é a de 20% de biodiesel - B20 (MARQUES; OLIVEIRA; QUINTELLA, 2015).

Atrelada a essa questão política, outro ponto importante é o lado de soluções institucionais. Segundo Favaretto (2014) a principal referência na área de instituições aplicadas ao uso de recursos naturais é Elinor Ostrom.

Elinor Ostrom, cientista política norte-americana e ganhadora do Nobel de Economia, enfatiza o estudo da gestão dos recursos e bens comuns. Para ela, populações podem adquirir aprendizado crescente sobre as formas de uso social destes bens e recursos que garantam os requisitos de expansão das bases materiais dessas sociedades e a necessidade de conservação do meio ambiente (Ostrom, 1990).

Neste contexto, os atores principais seriam as ações governamentais que estimulassem a produção, como as políticas compulsórias citadas acima e a produção de Biocombustível propriamente dita, lidera pela PETROBRAS e players da área de usinas de Etanol, como a GranBio, por exemplo.

3.3 Emissões

A menor emissão de gases poluentes é uma das principais vantagens do uso do biodiesel frente ao Diesel de Petróleo. Segundo Barnwal e Sharma (2005), a partir da queima do Biodiesel a emissão de SO₂ é totalmente eliminada, a fuligem diminui em 60%, o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos (HC) diminuem em 50%, os hidrocarbonetos poli aromáticos (HCP) são reduzidos em mais de 70% e os gases aromáticos diminuem em 15%.

Um estudo realizado em 1998 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) sobre a emissão de gás carbônico (CO₂) pelo biodiesel produzido de soja, desde a produção agrícola até à queima pelo motor, e do diesel de petróleo, da extração à combustão, aponta que as emissões de CO₂ pelo B20 e pelo B100 foram, respectivamente, 15,7% e 78,5% menores que as do óleo diesel derivado de petróleo.

Entretanto, esse mesmo estudo concluiu que a emissão de alguns gases é maior durante a combustão do biodiesel, como a de óxidos de nitrogênio (NO e NO₂), cuja soma aumenta em 2,6% na mistura B20 e em 13,3% no B100, e a de ácido clorídrico (HCl), que aumenta em 2,8% no B20 e em 13,6% no B100.

A Tabela 2 apresenta um resumo das emissões comparadas entre Diesel e Biodiesel.

Tabela 2 – Emissões comparadas entre Diesel e Biodiesel

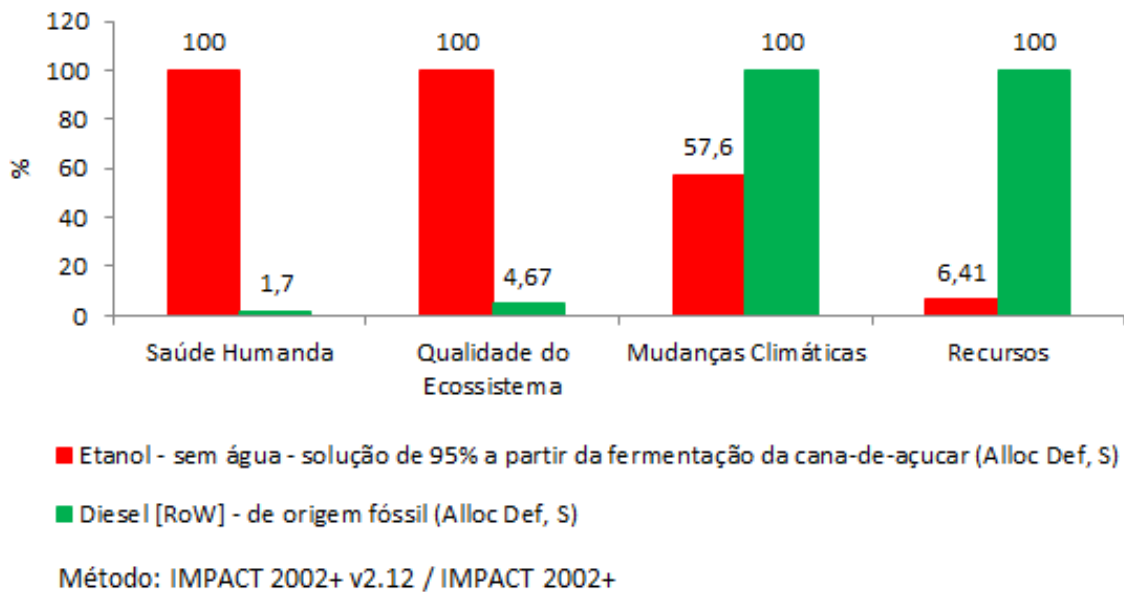
Combustível	SO ₂	Fuligem	CO e HC	HCP	Aromáticos	NO e NO ₂	HCI
Biodiesel	100%	60%	50%	70%	15%	2,6% maior (B20)	2,8% maior (B20)
	menor	menor	menor	menor	menor	13,3% maior (B100)	13,6% maior (B100)
Diesel	Referencia						

Fonte: (BARNWAL; SHARMA, 2005; USDA, 1998).

Para consolidação das categorias para a matriz de sustentabilidade foi realizada uma simulação no Simapro. O foco da comparação deu-se nos danos causados ao meio ambiente nas categorias relacionadas à saúde humana, qualidade de ecossistema, mudança climática e utilização de recursos não renováveis, numa escala que varia de 0 a 100%, onde:

- O ciclo de vida do biodiesel na categoria saúde humana oferece 98,3% de possibilidade na sustentabilidade a mais que o diesel.
- Na categoria qualidade do ecossistema, o ciclo de vida do biodiesel oferece 95,31% de possibilidade na sustentabilidade a mais que o diesel.
- Na categoria mudança climática, o ciclo de vida do diesel tem 42,4% maior interferência em relação ao biodiesel.
- Na última categoria analisada, o ciclo de vida do diesel tem maior interferência sobre os recursos renováveis na ordem de 93,59% a mais que o biodiesel.

Figura 2 – Relação comparativa de impactos ambientais gerado no software Simapro.



Fonte: Autores

Do inventário de emissões, para fins da construção da matriz de sustentabilidade, levantaram-se as emissões para HC, HCP, CO₂, SO₂, C, CO na unidade de gramas. Totalizaram-se 206,69 g de emissões dos gases provenientes do etanol e 500 g dos gases provenientes do diesel, conforme a tabela abaixo.

Tabela 3 - Emissões comparadas via Simapro

	Etanol (B100)	Diesel
HC	0,068281078	0,01337483
HCP	0,002762	0,03131
CO₂	204	496
SO₂	1,04	3,96
C	0,074100552	0,087600248
CO	1,506	0,760309
TOTAL	206,6911436	500,8525941

A menor emissão adotada é a de 206,69 g correspondentes ao etanol e a maior emissão correspondente ao diesel é a de 500,85 g.

3.4 Toxicidade

A toxicidade de um composto para o solo depende das características de cada tipo de solo, e de sua concentração e atividade sobre a biota. Lapinskienè, et al (2006) estudaram a toxicidade do biodiesel e do óleo diesel no solo em concentrações de 1 a 13% de massa do solo.

Em solo contaminado com biodiesel, as atividades respiratórias dos microrganismos e das enzimas desidrogenases cresceram quando a concentração aumentou até 13%. Em solo contaminado com óleo diesel de petróleo, essas atividades aumentaram até a concentração de 3% e diminuíram em concentrações maiores, ficando abaixo da atividade do solo não contaminado (controle), determinando toxicidade do óleo diesel quando em concentração maior que 3%.

Ou seja, o Biodiesel aumenta a qualidade da biota até uma concentração de contaminação de 13% em massa total do solo. Já o Diesel melhora a qualidade até os 3%, quando passa a reduzir a atividade vital dos organismos do solo.

3.5 Eficiência Energética

A eficiência energética do biodiesel foi estudada por Pimentel e Patzek (2005). Estes autores somaram a energia de todos os insumos utilizados na produção de grãos de soja e de girassol. O processo de produção de biodiesel a partir de grãos de girassol apresentou uma perda de 54% de energia, ou seja, 46% de eficiência energética. Nesse mesmo estudo, o biodiesel produzido a partir de grãos de soja apresentou perda energética menor de 21%, com 79% de eficiência energética.

A eficiência energética do biodiesel depende de fatores como gasto energético na produção e o teor de óleo dos grãos utilizados. Autores como Frederiksson, et al (2006); Janulis (2004) e Powlson, et al (2005) vêm estudando o balanço energético de biocombustíveis, como etanol e biodiesel, tendo encontrado resultados variáveis para processos que utilizam a mesma matéria-prima.

Nos estudos realizados pelo USDA (1998), houve uma perda de 19,45% para o biodiesel produzido de soja. O sistema agrícola adotado, com maior ou menor número de operações de preparo de solo, por exemplo, é fundamental para um balanço energético

favorável. Além disso, o balanço energético depende dos fatores considerados pelos autores, que pode somar à energia do biocombustível a energia contida em subprodutos, como o farelo da soja, por exemplo, o que diminui as perdas do processo. A mão-de-obra é um fator muitas vezes desconsiderado no gasto energético.

Segundo Gazzoni, et al (2005) para produção de 1 litro de óleo de Girassol são necessários 60 litros de Diesel. Portanto, sem contar com os demais gastos energéticos na produção de biodiesel, a sua eficiência energética será no mínimo 60 vezes menor do que a do diesel.

3.6 Consumo de Água

Dados do USDA (1998) mostram que para se produzir a quantidade de óleo diesel necessária para acionar um motor de um HP durante uma hora, é gasto menos de 1 litro de água. Para a produção dessa mesma quantidade de energia a partir do B20, o consumo é de 18 litros de água e, para produzir o B100, são consumidos mais de 85 litros de água.

Segundo Sugawara (2012), a produção de Biodiesel B5 gera um consumo de água 21 vezes maior do que a produção de diesel, ou seja, se assemelha a produção de B20.

De acordo com estas afirmações, a produção de grãos para combustível utiliza água em maior quantidade que a produção de óleo diesel de petróleo.

3.7 Concorrência com a Produção de Alimentos

Stewart, et al (2002) analisaram as reservas de fosfato de rocha em vários países e estimaram o tempo de duração dessas reservas, sendo vendidas em diferentes preços, considerando a demanda atual. No cenário mais otimista, com a tonelada do adubo sendo vendida a US\$ 90,00, o mundo possuiria uma reserva suficiente para 343 anos, mas o Brasil para apenas 84 anos. Se a tonelada do adubo for vendida a US\$ 36,00, as reservas mundiais seriam suficientes para apenas 88 anos e as reservas brasileiras para 75 anos.

Com isso os preços do biodiesel e dos alimentos derivados de grãos oleaginosos podem passar a competir no mercado. Como exemplo do Etanol, segundo o DIEESE, o preço do álcool no Brasil passou de menos de R\$ 1,00 em março de 2005 para mais de R\$ 1,60 em março de 2006. Esse aumento é justificado pela valorização do açúcar no

mercado internacional que, no mesmo período, passou de menos de US\$ 0,22/kg para US\$ 0,47/kg (SILVA; FREITAS, 2008).

3.8 Incentivo a Agricultura Familiar

Através do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), criado pelo governo federal em 2003 com o propósito de incentivar a pequenas propriedades na produção e abastecimento de matérias-primas para a produção de biocombustíveis, a renda familiar tem se elevado, principalmente na região do Rio Grande do Sul, onde cooperativas comercializam a produção de pequenas propriedades com fabricas de combustível de todo o Brasil (BARROS, 2014).

4.CONCLUSÃO

Conforme mostrado na matriz de interdisciplinaridade, a utilização do biodiesel contribui significativamente para a redução da emissão de gases de efeito estufa. Esta pode ser encarada como uma alternativa para o setor logístico brasileiro altamente dependente do transporte rodoviário, apesar de ter uma eficiência energética inferior a do Diesel comum e custo de produção superior.

Do lado negativo quanto a sustentabilidade, os principais fatores são o consumo de água muito elevado para a produção do biodiesel quando comparado com o diesel derivado do petróleo e a concorrência com alimentos, o que pode elevar o preço do combustível, assim como no exemplo citado do etanol que ocorreu há dez anos.

REFERÊNCIAS

- BARROS, Carlos Juliano; GOMES, Marcel; SUZUKI, Natália. **Caderno temático, biodiesel 10 anos: Os desafios da inclusão social e produtiva**. Brasil: 2014. 19 p.
- BARNWAL, B. K.; SHARMA, M. P. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v.9, n.4, p.368-378, 2005.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Matriz energética nacional 2030**. Brasília, 2007. 254 p.

FAVARETO, A.; MORALEZ, R. **Energia, Desenvolvimento e Sustentabilidade**. Porto Alegre, RS: Zouck, 2014. 397 p.

FREDERIKSSON, H. et al. Use on-farm produced biofuels on organic farms- Evaluation of energy balances and environmental loads for three possible fuels. **Agricultural Systems**, v.89, n.1, p.184-203, 2006.

GAZZONI, D. L. et al. Balanço energético das culturas de girassol e soja para produção de biodiesel. **Biomassa & Energia**, v.2, n.4, p.259-265, 2005.

IRIARTE, A.; RIERADEVALL, J.; GABARRELL, X. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p 336-345, 2010.

JANULIS, P. Reduction of energy consumption in biodiesel fuel life cycle. **Renewable Energy**, v.29, n.6, p.861-871, 2004.

LAPINSKIENÉ, A. et al. Eco-toxicological studies of diesel and biodiesel fuels in aerated soil. **Environmental Pollution**, v.142, n.3, p.432-437, 2006.

MARQUES, L. S.; OLIVEIRA, O. M. C.; QUINTELLA, C. M. Mapeamento tecnológico da utilização da glicerina coproduto da produção do biodiesel na remediação de áreas impactadas por atividades petrolíferas. **Cadernos de Prospecção**, v.8, n.2, p.301-310, 2015.

MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. **Biocombustíveis**, BNDES Setorial 31, p. 253-280, 2009.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. **Perguntas Freqüentes**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/perguntas.html>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

OLADE, CEPAL e GTZ. Energia y Desarrollo Sustentable em América Latina y el Caribe: **Guía para la Formulación de Políticas Energéticas**, Santiago de Chile 2003.

OLUKOYA, I. A, et al. Life cycle assessment of the production of ethanol from eastern redcedar. **Bioresource Technology**, v. 173, p. 239–244, 2014.

OSTROM, E. **Governing the commons: the evolution of institutions for collective action**. Cambridge, Cambridge University Press. 1990.

PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, Ceara: Tecbios, 2003. 66 p.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. W. Ethanol production using corn, switchgrass and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. **Natural Resources Research**, v.14, n.1, .65- 76, 2005.

POWLSON, D. S. et al. Biofuels and other approaches for decreasing fossil fuel emissions from agriculture. **Annals of Applied Biology**, v.146, n.2, p.193-201, 2005.

SHARPLEY, A.N. **Phosphorus: agriculture and environment**, n.46, p.3-22, 2002.

SILVA, P. R. F.; FREITAS, T. F. S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.843-851, 2008.

STEWART, W. M. et al. Phosphorus as a natural resource. In: SIMS, J.T.; ZHANG, Y. et al. Biodiesel production from waste cooking oil: Process design and technological assessment. **Bioresource Technology**, v.89, n.1, p.1-16, 2003.

SUGAWARA, E. T. **Comparação dos desempenhos ambientais do B5 Etílico de soja e do óleo diesel, por meio de avaliação do ciclo de vida (ACV)**. São Paulo: USO, 2012.

TEIXEIRA, M. C.; TAOUIL, D. S. G. Biodiesel uma energia alternativa e verde. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v.12, n. 3, p. 17-40, set/dez. 2010.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles**. 1998.