

# Biocombustíveis : uma alternativa eficaz e menos agressiva ao meio ambiente

Lis Peixoto Rocha\*

## Resumo

Segundo Mendonça, “o efeito estufa, um dos principais riscos ambientais que o nosso planeta enfrenta, está intimamente associado ao consumo de energias fósseis” (apud ABREU et al., 2010, p. 11). Desta forma, uma das alternativas para tentar reduzi-lo é a utilização de biocombustíveis. Este artigo retrata a importância da utilização de biocombustíveis em aspectos ambiental e econômicos.

**Palavras-chave:** Energias renováveis. Efeito estufa. Dióxido de Carbono.

## Introdução

A história dos biocombustíveis no Brasil começa a partir de testes pioneiros realizados, entre os anos de 1905 e 1925, com o álcool combustível. Em 1931, o governo brasileiro estabelece um decreto que obriga a mistura de 5% de álcool na gasolina importada pelo país; sete anos depois, o Decreto-Lei nº 737 estende a obrigatoriedade da mistura de 5% de álcool também à gasolina produzida por aqui. Na década de 60, a descoberta de extensas reservas petrolíferas no Oriente Médio diminui um possível interesse mundial por biocombustíveis. Porém com a primeira crise mundial do petróleo, em 1973, a procura por novas fontes de energia ressurge.

Em 1975, o Brasil lança o Programa Nacional do álcool (Proálcool) – maior programa comercial de uso de biomassa para fins energéticos no mundo. Dois anos depois, o professor Expedito Parente, da Universidade Federal do Ceará, descobre o biodiesel a partir do óleo de algodão e, em 1980, ele registra a primeira patente mundial de biodiesel, hoje de domínio público.

Até a década de 60, planejava-se, no Brasil e no mundo, apenas a oferta de energia. Segundo Sousa “O desafio das projeções da demanda era simplesmente tentar capturar as principais tendências do mercado. Os choques dos preços do petróleo, em 1973 e 1979, mostraram a necessidade de se planejar também a demanda, por exemplo, com programas de conservação de energia” (SOUZA et al., 2009, p. 42).

Segundo Ramos, “Em 1985, 92% dos carros vendidos no País rodavam a álcool hidratado e a mistura de álcool anidro à gasolina chegou a 22%.

Parecia que o Brasil iria seguir firme nesse sentido” (apud TÁVORA, 2011, p. 19).

No mundo inteiro, com o passar dos anos e as intermitentes crises de energia, associadas à maior demanda por combustíveis fósseis, surgem novos e fortes estímulos para o desenvolvimento de tecnologias de produção tanto do etanol quanto do biodiesel. E estes dois produtos passam a ter um papel de destaque na matriz energética mundial e no mercado internacional de combustíveis.

Segundo Sousa, “O Brasil dispõe de muitas alternativas para aumentar seu suprimento energético a partir de fontes próprias. Poucos países no mundo têm tal diversidade e disponibilidade de recursos naturais que podem ser utilizados como combustíveis ou para gerar energia elétrica” (SOUSA et al., 2009, p. 43).

Graças ao seu clima, à sua geografia, a vastas terras disponíveis para o cultivo de grãos e cana-de-açúcar e, ainda, à alta tecnologia desenvolvida pela Petrobrás, o Brasil se transformou nos últimos anos num dos maiores produtores de biocombustíveis em termos globais, com um potencial de crescimento singular e invejável. Hoje, nove em cada dez carros vendidos no país têm motores *flex fuel*, ou seja, são movidos a gasolina e álcool. Já há em circulação frotas de ônibus, trens e caminhões movidos a biodiesel – e a tendência, indiscutível, é que este mercado se amplie muito nos próximos anos.

## Poluição atmosférica causada pela queima de combustíveis fósseis

Segundo Helene, “O carbono tornou-se um dos principais detritos do modo de vida da civilização industrial moderna. Os países ricos, ou desenvolvidos, consomem 70% da produção mundial de combustíveis fósseis e são responsáveis por cerca de 70% das emissões de globais de carbono” (HELENE et al., 1994, p.21).

Existem três grandes tipos de combustíveis fósseis: o carvão, o petróleo e o gás natural. Os três foram formados há milhões de anos atrás na época dos dinossauros, daí o nome de combustível fóssil. O impacto dos combustíveis

\* Técnica em Química do IF Fluminense, Campus Campos-Centro.

fósseis no ambiente é prejudicial. A sua queima origina produtos de combustão, que poluem o ar em nível local e regional e sua prospecção e transporte têm também impactos negativos no ambiente. Entretanto a maior parte da energia consumida pelas sociedades atuais é proveniente dos combustíveis fósseis, como mostra a figura 1.

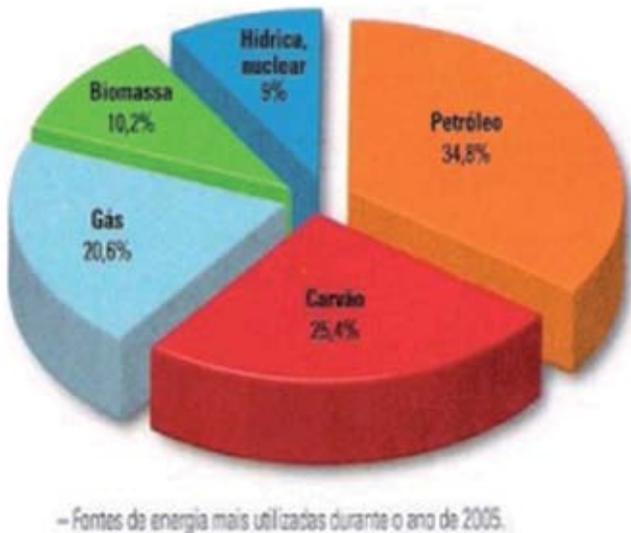


Figura 1 - Energia proveniente de diferentes fontes consumida pelas sociedades

Segundo Helene, “A queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) emite por ano cerca de 5,8 bilhões de toneladas de carbono” (HELENE et al., 1994, p.18). Contribuindo assim, para o aquecimento global e o efeito estufa, que ocorre quando gases ( $CO_2$ ,  $CH_4$ , CFCs) estão presentes na atmosfera em quantidade maior que o natural, absorvendo a energia em forma de calor emitida pela superfície terrestre ao receber os raios solares, e irradiando de volta à superfície.

O aquecimento decorre das atividades humanas que aumentam a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera: principalmente dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. Segundo Sousa, “O aumento da concentração promove o aquecimento gradual da superfície, o que mudará, se nada for feito, a dinâmica dos oceanos e da atmosfera. E mais grave: essa mudança ocorreria mais rapidamente do que a capacidade de adaptação da natureza ou da humanidade” (SOUSA et al., 2009, p. 22).



Figura 2 - Ocorrência do efeito estufa

O desenvolvimento industrial deve caminhar juntamente com a preservação ambiental, pois o planeta não será capaz de suportar uma população global de 8 bilhões de pessoas (projeção da ONU para 2020) provocando emissões de carbono a uma velocidade igual à dos cidadãos que vivem na Europa Ocidental.

Se forem buscadas por meio de tecnologias tradicionais e intensas em carbono, essas tão necessárias expansões produzirão mais gases do efeito estufa e, portanto, mais mudanças climáticas.

Na figura 3 observa-se que as concentrações médias mensais atmosféricas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), o mais importante gás do efeito estufa, ficaram na faixa crescente de 315 a 355 partes por milhão (ppm) em 32 anos, principalmente por causa da queima de combustíveis fósseis e, em menor escala, da agricultura e alteração no uso da terra.



Figura 3 - Relação entre a concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) ao longo dos anos

## Alternativa para a diminuição dos problemas ambientais ocasionados pela queima de combustíveis fósseis

As fontes renováveis de energia assumem importante presença no mundo contemporâneo pelas seguintes razões: 1) os cenários futuros apontam para a possível finitude das reservas de petróleo; 2) a concentração de petróleo explorado atualmente está em áreas geográficas de conflito, o que impacta no preço e na regularidade de fornecimento do produto; 3) as novas jazidas em prospecção estão situadas geograficamente em áreas de elevado custo para a sua extração; e 4) as mudanças climáticas com as emissões de gases de efeito estufa liberados pelas atividades humanas e pelo uso intensivo de combustíveis fósseis, com danosos impactos ambientais, reorientam o mundo contemporâneo para a busca de novas fontes de energia com possibilidade de renovação e que assegurem o desenvolvimento sustentável.

Os biocombustíveis são combustíveis produzidos a partir da biomassa (matéria orgânica), isto é, de fontes renováveis—produtos vegetais ou compostos de origem animal. Eles são biodegradáveis, por isso provocam menor impacto à natureza.

Segundo Ometto, “Os Biocombustíveis têm papel de imensa importância na transformação da matriz energética brasileira e mundial e sua adequação a um cenário de escassez paulatina de petróleo e necessidade de substituir fontes esgotáveis e poluentes por outras renováveis e mais limpas” (OMETTO, 2008, p. 28).

Com vista a um desenvolvimento sustentável, as atenções estão muito dirigidas para as energias solar, eólica, geotérmica, marinha e da biomassa: energias limpas e alternativas que contribuem para um desenvolvimento sustentável.

### Biocombustíveis a partir de diferentes matérias-primas

#### Álcool (Etanol)

O etanol é um álcool, um composto orgânico oxigenado, também denominado álcool etílico, e sua fórmula química é  $C_2H_5OH$ .

O tipo mais difundido de biocombustível no Brasil é o álcool proveniente da cana de açúcar. Sua principal vantagem é a menor poluição que causa, em comparação aos combustíveis derivados do petróleo. Segundo Medina, “A cana é um produto completo porque produz açúcar, álcool e bagaço, cujo vapor gera energia elétrica. Contudo, possui diversas desvantagens, como o fato de não resolver o problema da dependência do petróleo, devido à inflexibilidade no refino do mesmo” (MEDINA,

1996). Segundo Sousa, “O bagaço passou a ser aproveitado na produção de energia em um processo conhecido como cogeração. Trata-se da geração simultânea de energia mecânica e térmica, a partir de um mesmo combustível. A energia mecânica pode ser transformada em eletricidade por meio de geradores. A energia térmica pode ser utilizada como fonte de calor em um processo industrial” (SOUZA et al., 2009, p. 31).

Como se pode observar na Tabela nº 1, em 2006, a produção mundial de etanol alcançou 13,49 bilhões de galões. Segundo Botelho, “Os Estados Unidos produziram 4,86 bilhões de galões de etanol (69,78%) a partir do milho, e o Brasil produziu 4,49 bilhões de galões (35,99%) a partir da cana-de-açúcar. Países como China e Índia têm mostrado interesse na produção de etanol, mas em níveis menores” (BOTELHO et al., 2008, p. 5).

**Tabela 1 - Principais produtores mundiais de etanol em milhões de galões, todos os tipos de etanol**

Pais	2005	2006	Principal M-P
Brasil	4.227	4.491	Cana-de-açúcar
Estados Unidos	4.264	4.855	Milho
China	1.004	1.017	Milho
Índia	449	502	Cana-de-açúcar
Outros	2.206	2.024	
<b>Total</b>	<b>12.150</b>	<b>13.489</b>	

Fonte: Renewable Fuels Association RFA (2007)

O etanol tem origem na fermentação alcoólica de diversos vegetais, como a uva, na obtenção do vinho, ou a cana-de-açúcar, na produção da cachaça. No Brasil, a produção do álcool para a utilização como combustível se dá a partir da cana-de-açúcar.

Segundo Furlani

É a partir da sacarose, um carboidrato (açúcar), que o processo de fermentação se inicia. A fermentação ocorre em presença de leveduras. A sacarose sofre hidrólise, formando glicose e frutose (também açúcares). Em presença de leveduras, ocorre a fermentação alcoólica, formando etanol e liberando  $CO_2$  (FURLANI, 2010, p. 3).

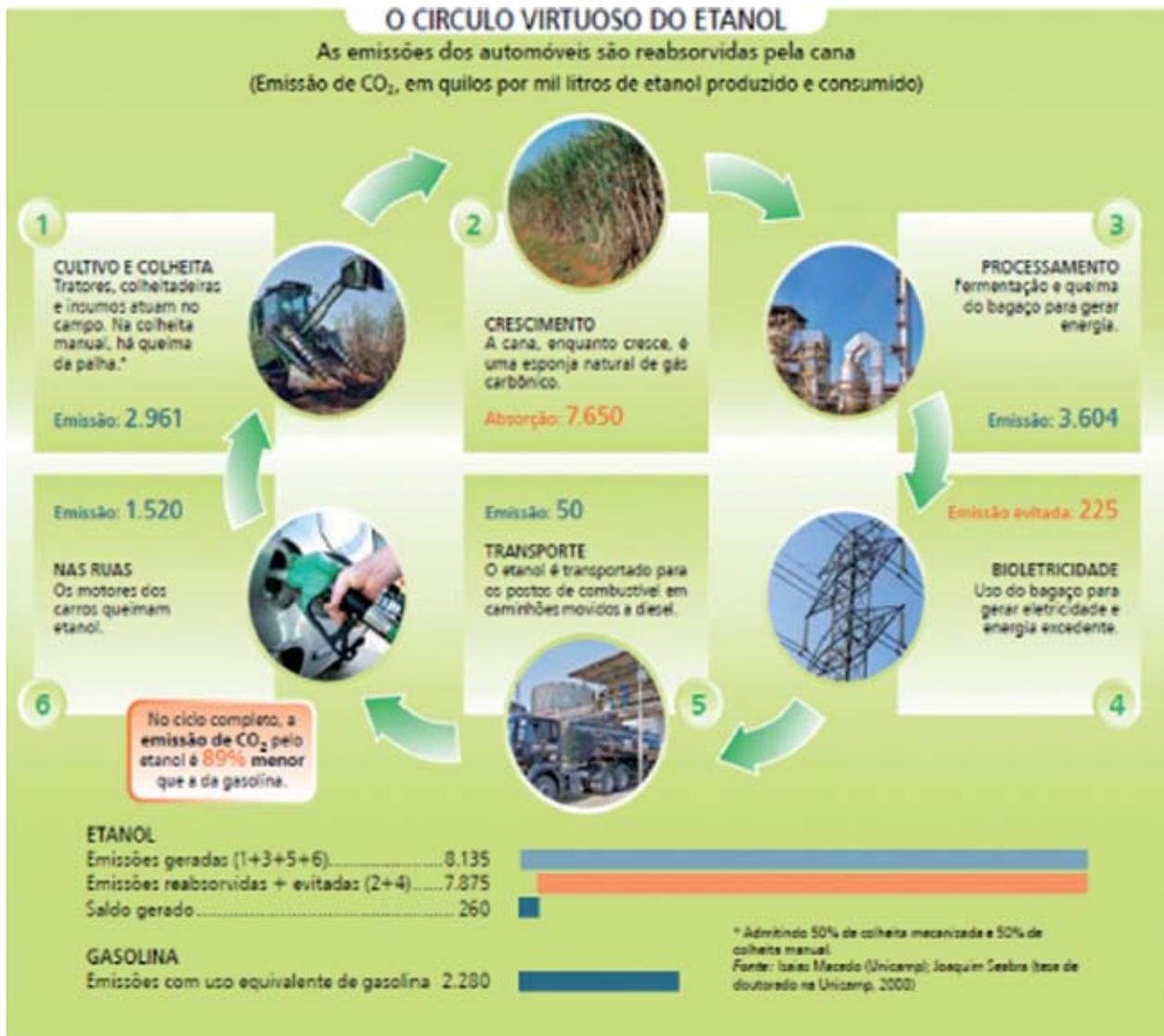


Figura 4 - Ciclo do etanol emite menos dióxido de carbono que a gasolina

A Figura 5 mostra a hidrólise da sacarose (contida no caldo de cana) em presença da enzima invertase formando-se glicose e frutoses as quais, sob a ação da enzima zimase, fornecem o álcool etílico.

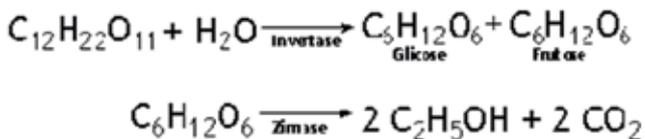


Figura 5 - Reações químicas para a obtenção de etanol a partir da sacarose

fermentação direta do caldo de cana. Nesse caso, a fermentação é iniciada sob a ação do malte, que é a cevada germinada. O malte elabora as enzimas denominadas amilase e maltase, que transformam o amido em glicose.

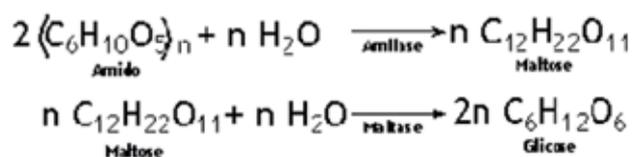


Figura 6 - Reações químicas para a obtenção de glicose a partir do amido

Quando se obtém etanol a partir de matérias-primas como milho, mandioca, arroz e cevada, tem-se que transformar o amido presente nestes alimentos em açúcar, antes da fermentação. Esta etapa adicional aumenta os custos e reduz o rendimento do processo, quando comparado à

Depois que todo o amido se transformar em glicose, é adicionada a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) ou a enzima (invertase); sob a ação da zimase (enzima), a glicose se transforma, finalmente, em álcool etílico (Figura 5).

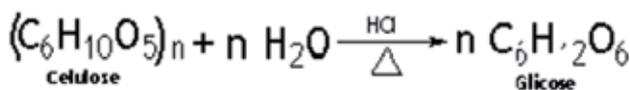


Figura 7 - Reação química para a obtenção de glicose a partir da celulose

Além das substâncias açucaradas e amiláceas (milho, cevada, arroz e outros cereais), a indústria também utiliza substâncias celulósicas como fonte de glicose, tais como madeira, papel velho, etc. A celulose dessas substâncias é, inicialmente, hidrolisada até ser transformada em glicose (Figura 7); a seguir, a glicose é fermentada, dando o álcool etílico (Figura 5).

## Biodiesel

Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que substitui total ou parcialmente (atualmente é adicionado 5% ao diesel de petróleo) o óleo diesel de fonte mineral nos motores de combustão interna de ciclo (movidos a) diesel, como os de caminhões, tratores, ônibus e outros veículos, ou em motores estacionários como os utilizados para geração de energia elétrica. É um éster (produto da reação de um ácido, geralmente orgânico, com um álcool). A cor e o odor do biodiesel variam um pouco em relação ao óleo vegetal escolhido como matéria-prima. Em geral, o produto é amarelo podendo ser muito claro ou mesmo alaranjado. O odor é parecido com o do óleo vegetal de origem.

Além de ser renovável, o biodiesel apresenta importantes vantagens ambientais em relação ao diesel: reduz em 78% as emissões de gases do efeito estufa e, em 90% as de fumaça, e seus resíduos podem ser aproveitados como insumos orgânicos ou ração animal. Com a necessidade premente de acelerar a substituição dos combustíveis fósseis, essas vantagens tornaram o biodiesel, ao lado do etanol, alternativa de grande interesse para a maioria dos países do mundo. Nesse contexto, o Brasil é visto como potencial líder na produção mundial de biodiesel.

As matérias-primas utilizadas em sua produção são: algodão, amendoim, babaçu, canola, dendê, gergelim, girassol, linhaça, mamona, óleos de fritura, soja, resíduo da indústria, sebo ou gordura animal, etc.

Existem duas tecnologias que podem ser aplicadas para a obtenção de biodiesel a partir de óleos vegetais (puros ou de cocção) e sebo animal: a tecnologia de transesterificação e a tecnologia de craqueamento. A tecnologia para a produção de biodiesel predominante no mundo é a rota tecnológica de transesterificação metálica, nas quais óleos vegetais ou sebo animal são misturados com metanol que, associados a um catalisador, produzem biodiesel. A opção pelo

metanol, principalmente em outros países, se deu pelo alto custo do etanol.

A Embrapa e a UnB desenvolveram uma rota alternativa à transesterificação, para produção de biodiesel, obtendo um produto chamado bio-óleo. Segundo Sepúlveda, "A rota tecnológica denominada craqueamento (quebra das cadeias de moléculas de carbono) consiste em colocar o óleo vegetal ou a gordura animal em um craqueador de aço inoxidável, submetida a altas temperaturas na presença ou não de catalisadores. Os vapores passam por uma torre de destilação fracionada, com um complexo sistema de fluxo e refluxo, onde ocorre a separação e a recuperação, em diferentes pontos da coluna, do ponto de condensação, de frações destiladas, com características similares às do óleo diesel, da gasolina do querosene e do gás liquefeito de petróleo" (SEPÚLVEDA et al., 2008, p.141).

Segundo Gazzoni, "As principais vantagens da rota de craqueamento são a não produção de glicerol como subproduto, a não utilização de álcool no processo, o menor custo de investimento fixo inicial e a relativa facilidade de operação, o que torna o processo particularmente adaptável para a produção de um substituto do diesel em pequena e média escala" (apud SEPÚLVEDA et al., 2008, p. 142).



Figura 8 - Entradas e saídas do processo de produção de biodiesel

Na transesterificação de óleos vegetais, um triacilglicerídeo reage com um álcool na presença de uma base ou ácido forte (catalisadores), produzindo uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol, conforme esquematizado na Figura 9.

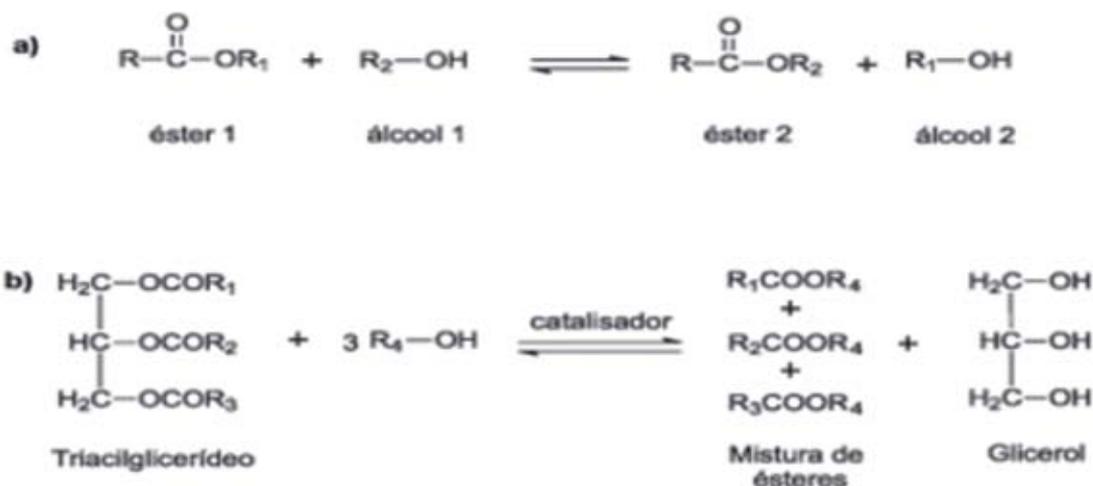


Figura 9 - a) Equação geral para uma reação de transesterificação; b) equação geral da transesterificação de um triacilglicerídeo

Sob o ponto de vista técnico e econômico, a reação via metanol é muito mais vantajosa que a reação via etanol. Os catalisadores de maior utilização são o hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio.

Óleo ou Gordura + Metanol	→	Ésteres Metílicos + Glicerol
Óleo ou Gordura + Etanol	→	Ésteres Etílicos + Glicerol

A primeira equação química representa a reação de conversão, quando se utiliza o metanol (álcool metílico) como agente de transesterificação, obtendo-se, portanto, como produtos os ésteres metílicos que constituem o biodiesel, e o glicerol (glicerina). A segunda equação envolve o uso do etanol (álcool etílico), como agente de transesterificação, resultando como produto o biodiesel ora representado por ésteres etílicos, e a glicerina. Ressalta-se que, sob o ponto de vista objetivo, as reações químicas são equivalente, uma vez que os ésteres metílicos e os ésteres etílicos têm propriedades equivalentes como combustível, sendo ambos, considerados biodiesel.

A reação de craqueamento ou pirólise é realizada a altas temperaturas, acima de 350 °C, na presença ou ausência de catalisadores, conforme ilustrado na Figura 10. Catalisadores típicos para serem empregados na pirólise são o óxido de silício – SiO<sub>2</sub> e o óxido de alumínio – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. No craqueamento faz-se uso de calor para que as transformações químicas ocorram, isto é, pelo aquecimento da substância, na ausência de ar ou oxigênio.

A primeira equação química representa a reação de conversão, quando se utiliza o metanol (álcool metílico) como agente de transesterificação, obtendo-se, portanto, como produtos os ésteres metílicos que constituem o biodiesel, e o glicerol (glicerina). A segunda equação envolve o uso do etanol (álcool etílico), como agente de transesterificação, resultando como produto o biodiesel ora representado por ésteres etílicos, e a glicerina. Ressalta-se que, sob o ponto de vista objetivo, as reações químicas são equivalente, uma vez que os ésteres metílicos e os ésteres etílicos têm propriedades equivalentes como combustível, sendo ambos, considerados biodiesel.

A reação de craqueamento ou pirólise é realizada a altas temperaturas, acima de 350 °C, na presença ou ausência de catalisadores, conforme ilustrado na Figura 10. Catalisadores típicos para serem empregados na pirólise são o óxido de silício – SiO<sub>2</sub> e o óxido de alumínio – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. No craqueamento faz-se uso de calor para que as transformações químicas ocorram, isto é, pelo aquecimento da substância, na ausência de ar ou oxigênio.

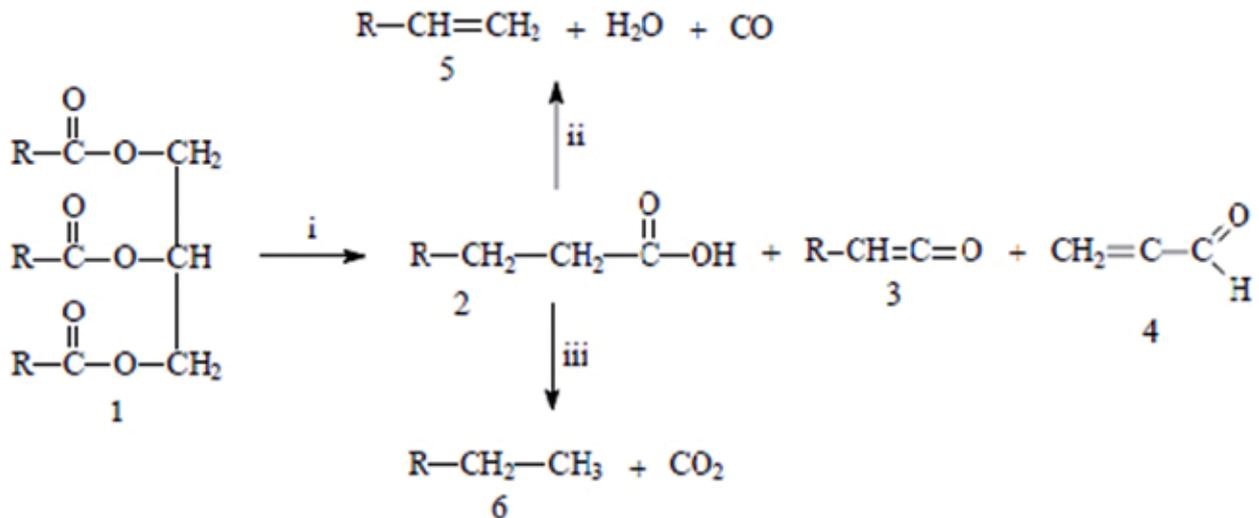


Figura 10 - Pirólise de triacilglicerídeos (1), levando à formação de ácidos carboxílicos (2), cetenos (3), acroleína (4) e hidrocarbonetos com (5) ou sem (6) insaturações terminais. Note que as equações não estão balanceadas e que os grupos R podem ser diferentes em cada caso.

### H-Bio

O H-Bio é um processo para a produção de óleo diesel a partir de óleos vegetais. Consiste na hidrogenação de uma corrente de gasóleo misturada a óleo vegetal por uma unidade de hidrotratamento (HDT).

O processo H-Bio foi desenvolvido para inserir o processamento de matéria-prima renovável no esquema de refino de petróleo e permitir a utilização das instalações já existentes. O óleo vegetal ou animal é misturado com frações de diesel de petróleo para ser hidroconvertido em Unidades de Hidrotratamento (HDT), que são empregadas nas refinarias, principalmente para a redução do teor de enxofre, pois a adição de hidrogênio na composição do combustível reduz drasticamente o teor de enxofre que será emitido no ar, e para melhoria da qualidade do óleo diesel, ajustando as características do combustível às especificações da ANP.



Figura 11 - Rendimento do processo H-Bio

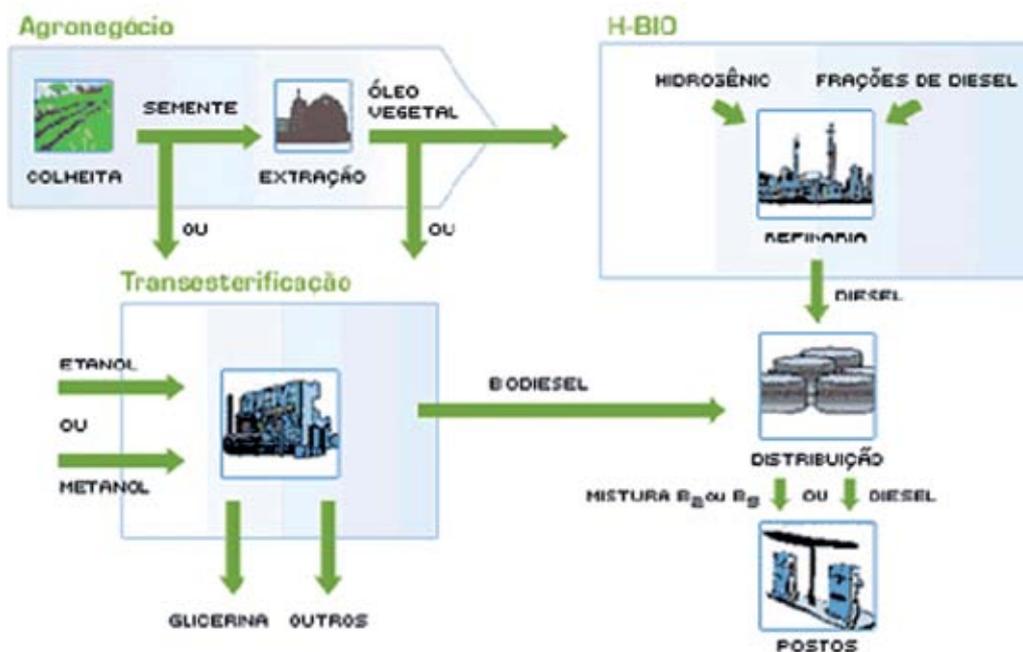


Figura 12 - Rota de produção do H-Bio

A diferença entre H-Bio e biodiesel é que o H-Bio é um processo para produção de óleo diesel (n-parafinas), enquanto o biodiesel é um produto em si mesmo (éster). Como a regulamentação tornará obrigatória a adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado em todo Brasil, e como o produto final do H-Bio é o próprio óleo diesel, não haverá competição entre eles, mas complementaridade.

As principais vantagens do H-Bio:

- Permite o uso de óleos vegetais de diversas origens;
- Não gera resíduos a serem descartados;
- Incrementa a qualidade do óleo diesel, diminuindo o percentual de enxofre;
- Complementa o programa de utilização de biomassa na matriz energética, gerando benefícios ambientais e de inclusão social;
- Flexibiliza a composição da mistura (carga) a ser processada na Unidade de Hidrotratamento (HDT) e otimiza a utilização das frações de óleo diesel na refinaria;
- Perspectiva de minimização de testes veiculares e laboratoriais, sendo o produto final o próprio diesel, já utilizado pela frota nacional;
- Requisitos normais de manuseio e estocagem.

## Materiais e Métodos

O artigo foi construído com base em pesquisa nos livros mais recentes e atualizados que abordam o assunto, cartilhas, e também nos sites citados nas referências bibliográficas.

Foram analisadas informações e dados de regiões que têm disponibilidade de matéria-prima para realizar a produção de biocombustíveis. E ainda informações e dados divulgados por órgãos competentes.

## Resultados

É sabido que a situação ambiental em todo o mundo não é estável. Tem-se que desenvolver tecnologias limpas para minimizar futuras catástrofes, e os biocombustíveis têm lugar garantido entre essas tecnologias, pois consegue equilibrar desenvolvimento e sustentabilidade.

O Brasil tem grandes áreas cultiváveis que estão improdutivas, além de grande recurso hídrico e vegetal. É um lugar perfeito para a implantação efetiva da produção de biocombustíveis. Segundo Mathe, “O Brasil possui um extensão territorial de 8.547.403 km quadrados, o que o faz o quarto maior país do mundo, depois da Rússia, do Canadá e da China. Seu tamanho é o equivalente da Europa inteira sem a Rússia. A Amazônia ocupa perto de 5 milhões de km quadrados, ou seja 59% do território do país, o que equivale a quase dez vezes a França. A Floresta Amazônica, só ela

sozinha cobre 3,45 milhões de km quadrados, ou seja, mais de 40% da superfície do país” (MATHE et al., 2000, p. 6).

Diante dos dados analisados, pode-se dizer que os órgãos competentes estão se mobilizando para desenvolver um desenvolvimento sustentável, mas falta a retirada de ideias do papel para pô-las em prática.

Segundo Veiga, “O gás carbônico, o metano e o óxido nitroso são denominados gases do efeito estufa de longa vida, porque permanecem por algumas décadas na atmosfera, o que possibilita sua distribuição homogênea e sua influência de longo prazo no clima” (VEIGA, 2008, p. 25). A queima (combustão completa) de combustíveis fósseis (que possui átomos de carbono) leva à formação de gás carbônico ou também chamado de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O).

A falta de oxigênio durante a combustão leva à chamada ‘combustão incompleta’ que produz monóxido de carbono (CO). Este gás é muito tóxico para o ser humano, pois ele dificulta a função da hemoglobina, que é responsável pela renovação do oxigênio no nosso sangue. Outro produto indesejável da combustão incompleta é a fuligem (C), que não tem oxigênio na sua constituição. A porção mais fina da fuligem pode impregnar os pulmões e causar problemas respiratórios.

As equações químicas (Figuras 13 e 14) ilustram a quantidade de calor (ΔH) liberada durante a combustão completa e incompleta do gás metano (CH<sub>4</sub>). A quantidade de calor liberado é menor nos casos de combustão incompleta. Portanto, além de a combustão incompleta gerar compostos nocivos à saúde humana, há também uma grande desvantagem econômica, pois com a mesma quantidade de combustível haverá menor quantidade de energia gerada.



Figura 13 - Combustão completa do metano

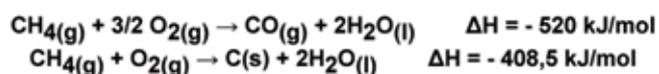


Figura 14 - Combustão incompleta do metano

O nitrogênio gasoso (N<sub>2</sub>) e o oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) da atmosfera podem reagir formando o monóxido de nitrogênio (NO). No entanto, esta reação não é espontânea, necessitando de muita energia para ocorrer. Por exemplo, durante a queima de combustível no motor do carro ou em fornos industriais a temperatura é muito elevada, fornecendo a energia necessária para que ocorra a formação do monóxido de nitrogênio de forma eficiente.



Figura 15 - Formação de monóxido de nitrogênio

O monóxido de nitrogênio pode ser oxidado na atmosfera (que contém  $\text{O}_2$ ) e formar o dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) que tem cor marrom. O dióxido de nitrogênio pode sofrer novas reações e formar o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), que contribui para aumentar a acidez da água de chuva.

Um carro produzido em 1995 produz até 10 vezes mais NO que um carro produzido hoje. Isto porque os carros modernos possuem um conversor catalítico que reduz muito a formação do NO. O conversor catalítico (ou catalisador) contém metais como paládio, platina e ródio, que transforma grande parte dos gases prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, em gases inertes como  $\text{N}_2$  e  $\text{CO}_2$ . Devemos lembrar que o  $\text{CO}_2$  é um gás que não prejudica diretamente a saúde humana, mas colabora para aumentar o efeito estufa.

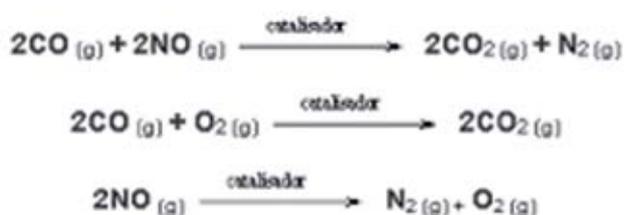


Figura 16 - Conversor catalítico transforma grande parte dos gases prejudiciais à saúde e ao meio ambiente em gases inertes ( $\text{N}_2$  e  $\text{CO}_2$ )

É importante salientar que com ou sem catalisador o carro continua emitindo imensas quantidades de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera. O catalisador tem um papel importantíssimo, mas atua de forma a minimizar apenas as emissões de CO e NO.

O dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) é o responsável pelo maior aumento na acidez da chuva. Este é produzido diretamente como subproduto da queima de combustíveis fósseis como a gasolina, carvão e óleo diesel. O óleo diesel e o carvão são muito impuros, e contêm grandes quantidades de enxofre em sua composição, sendo responsáveis por uma grande parcela da emissão de  $\text{SO}_2$  para a atmosfera. De forma equivalente a outros óxidos, o  $\text{SO}_2$  reage com a água formando o ácido sulfuroso:

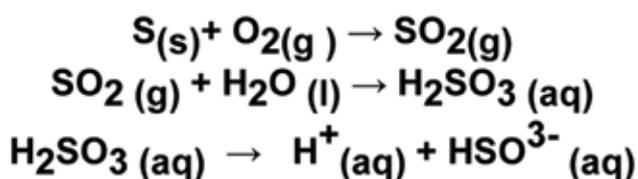


Figura 17 - Produção de dióxido de enxofre, e formação de ácido sulfuroso

O dióxido de enxofre também pode sofrer oxidação na atmosfera e formar o trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ), que por sua vez, em contato com a água da chuva irá formar o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), que é um ácido forte.

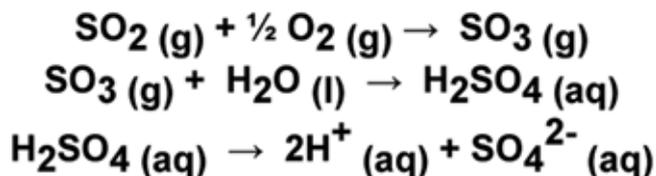


Figura 18 - Formação do ácido sulfúrico responsável pela chuva ácida

Como se pode perceber, são malefícios em efeito cascata, que ocorrem quando se queimam combustíveis fósseis, principalmente os contaminados.

## Discussão

O desenvolvimento industrial trouxe grandes facilidades à humanidade. Pouco se pensou nas consequências deste desenvolvimento, e atualmente essas consequências já podem ser percebidas.

Como visto nas reações mostradas, com a utilização de combustíveis fósseis e principalmente contaminados, há formação de vários compostos que são prejudiciais à vida.

Assim, os biocombustíveis vêm ganhando lugar no cenário energético, pois além de não ter enxofre que causa chuva ácida, o dióxido de carbono gerado em sua queima é consumido durante o tempo de vida da planta que lhe deu origem.

Além dos efeitos ambientais, esses gases, que são produto das reações mostradas, trazem malefícios à saúde humana e em grande quantidade podem provocar a morte. A utilização dos combustíveis a partir da biomassa diminuiria esses efeitos.

## Conclusão

Com base nos dados apresentados neste artigo pode-se concluir que:

- Deve-se diminuir a quantidade das emissões e substituir as fontes mais emissoras por meio de mudanças nos hábitos de consumo;
- Os biocombustíveis são uma alternativa para o desenvolvimento sustentável;
- A queima dos combustíveis fósseis resultam em mais gases indesejáveis que a queima de biocombustíveis;
- O efeito estufa tende a crescer se não houver mudanças na matriz energética mundial, sendo impossível existência de vida na Terra;

- É preciso pôr as pesquisas realizadas na área de biocombustíveis em prática;
- É preciso criar leis que garantam a utilização de energias renováveis.

Desta forma há a necessidade da conscientização de todos para que haja uma mudança profunda no modo de vida da sociedade moderna.

## Referências

ABREU, Yolanda Vieira de et al. Energia Sociedade e Meio Ambiente. Brasil, 2010.

AZEVEDO, Paulo Cesar Lima. Portal de Estudos em Química. Álcoois. Disponível em: <<http://www.profpq.com.br/Resumos%20de%20Qu%C3%ADmica/Qu%C3%ADmica%20Org%C3%A2nica/Rea%C3%A7%C3%B5es%20Org%C3%A2nicas/%C3%81lcoois/%C3%81lcoois.htm>>. Acesso em: 19 maio 2011.

BIOCOMBUSTÍVEIS 50 Perguntas e Respostas sobre este novo mercado. 2007. Cartilha da Petrobras.

BIODIESEL de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. Sociedade Brasileira de Química. Química Nova, São Paulo, v. 30, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000500053](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000500053)>. Acesso em: 20 maio 2011.

BIODIESEL o novo combustível do Brasil. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Governo Federal. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2011.

BIODIESEL. SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cartilha\\_Sebrae.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cartilha_Sebrae.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2011. Cartilha.

BOTELHO, Lávio Borges Filho et al. Mercado internacional de biocombustíveis: etanol e biodiesel. 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/446.pdf>> Acesso em: 17 maio 2011.

BRASIL produzirá diesel a partir de óleo vegetal. Ecolmeia “ecologia, faça a sua parte. Disponível em: <<http://www.ecolmeia.com/destaques/hbio.html>>. Acesso em: 21 maio 2011.

COMBUSTÃO e Energia. Universidade de São Paulo. Disponível em: <[http://www.usp.br/qambiental/combustao\\_energia.html](http://www.usp.br/qambiental/combustao_energia.html)>. Acesso em: 24 maio 2011.

COMBUSTÍVEIS Fósseis. Disponível em: <[http://www.ceeeta.pt/energia/files/09/01-Combustiveis\\_Fosseis.pdf](http://www.ceeeta.pt/energia/files/09/01-Combustiveis_Fosseis.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2011.

COMBUSTÍVEIS fósseis: Petróleo, Carvão e Gás Natural. Disponível em: <<http://www.abcdenergia.com/enervivas/cap05.htm>>. Acesso em: 12 maio 2011.

ESTUDOS de cenários energéticos e projeção da matriz energética do Tocantins 2030. Governo do estado do Tocantins, Secretaria de Planejamento (SEPLAN). Cartilha.

FURLANI, Juliana Maria Sampaio. Energias: combustíveis fósseis. Disponível em: <[http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/index.aspid\\_projeto=27&ID\\_OBJETO=58480&tipo=ob&cp=ff9933&cb=&n1=&n2=M%F3dulos%20Did%Eticos&n3=Ensino%20M%E9dio&n4=Qu%EDmica&b=s#topo](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspid_projeto=27&ID_OBJETO=58480&tipo=ob&cp=ff9933&cb=&n1=&n2=M%F3dulos%20Did%Eticos&n3=Ensino%20M%E9dio&n4=Qu%EDmica&b=s#topo)> Acesso em: 17 maio 2011.

H-BIO: O novo diesel da Petrobras. Maio 2006. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/destaques/2006/h-bio-novo-diesel-petrobras.htm>>. Acesso em: 20 maio 2011.

HELENE, M. Elisa Marcondes et al. Poluentes atmosféricos. Editora Scipione. 1994

MATHE, Fernando Gomes et al. Brasil Graves violações de direitos humanos na zona rural. Dezembro de 2000. Disponível em: <[http://www.dhnet.org.br/dados/relatorios/nacionais/r\\_fidh\\_brasil.pdf](http://www.dhnet.org.br/dados/relatorios/nacionais/r_fidh_brasil.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2011.

MEDINA, Branca M. O. Ecologia hoje, Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.biologo.com.br/ecologia/ecologia8.htm>>. Acesso em: 17 maio 2011.

NETO, Manoel Castro. Biodiesel feito por craqueamento térmico. 2007. Disponível em: <<http://brasilbio.blogspot.com/2007/01/biodiesel-feito-por-craqueamento-trmico.html>>. Acesso em: 20 maio 2011.

OLIVEIRA, Sara. Recursos Geológicos: Exploração sustentada. 1 Maio 2009. Disponível em: <[http://e-porteflio.blogspot.com/2009\\_05\\_01\\_archive.html](http://e-porteflio.blogspot.com/2009_05_01_archive.html)>. Acesso em: 12 maio 2011.

OMETTO, João Guilherme Sabino. Os biocombustíveis na matriz energética. Jornal Mundo Lúsiada, 10 nov. 2008. Disponível em: <[http://www.mundolusiada.com.br/COLUNAS/ml\\_artigo\\_539.htm](http://www.mundolusiada.com.br/COLUNAS/ml_artigo_539.htm)>. Acesso em: 17 maio 2011.

POLUIÇÃO Atmosférica & Chuva ácida. Universidade de São Paulo. Disponível em: <[http://www.usp.br/qambiental/chuva\\_acidafront.html](http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html)>. Acesso em: 24 maio 2011.

Processo H-BIO. Petrobras-tecnologia. Departamento de Engenharia Química, 15 fev. 2007. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/TecnologiaH-Bio.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2011.

RELATÓRIO sobre o desenvolvimento mundial de 2010: desenvolvimento e mudança climática. Banco Mundial. Disponível em: <<http://pagina22.com.br/index.php/2010/07/clima-economia/>> . Acesso em: 14 maio 2011.

SANTOS, Alcir dos. Efeito estufa. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://wwwp.fc.unesp.br/~lavarda/procie/dez14/luciana/index.htm>>. Acesso em: 18 maio 2011.

SEPÚLVEDA, Sergio et al. Agroenergia e Desenvolvimento de Comunidades Rurais Isoladas. Brasília. 1º ed. v.7, nov. 2008.

SOUZA, Eduardo L. Leão de et al. Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. Out. 2009. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/downloads/estudosmatrizenergetica/>>. Acesso em: 17 maio 2011.

TÁVORA, Fernando Lagares. História e economia dos biocombustíveis no Brasil. Abr. 2011. Disponível em: <[http://www.senado.gov.br/senado/conleg/textos\\_discussao/NOVOS%20TEXTOS/TD%2089%20-%20Fernando%20Lagares.pdf](http://www.senado.gov.br/senado/conleg/textos_discussao/NOVOS%20TEXTOS/TD%2089%20-%20Fernando%20Lagares.pdf)>. Acesso em: maio de 2011.

VEIGA, José Eli da. Aquecimento Global frias contendas científicas. São Paulo: Ed. SENAC, 2008.