

Produção de biocombustíveis a partir de algas fotossintetizantes

Leonardo S. Defanti*
Nathalia S. Siqueira**
Paolla C. Linhares***

Resumo

Atualmente, o consumo médio de energia é dez vezes maior do que o consumo do homem primitivo. Proporcionalmente ao crescimento do consumo de energia, cresceu a poluição, fazendo-se necessário o desenvolvimento de fontes energéticas “limpas”, que permitam a estabilização desse quadro de poluição, como os biocombustíveis sintetizados por algas. Esses organismos clorofilados convertem substâncias simples presentes na atmosfera, com absorção de luz solar, em energia química acumulada, ou seja, compostos com alto valor energético.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Combustíveis fósseis. Algas. Poluição. Biodiesel.

Introdução

A demanda de energia na Terra vem crescendo de forma acelerada, em função do aumento da população mundial e do consumo *per capita*, em especial nos países em desenvolvimento. No entanto, o uso das principais fontes de energia disponíveis hoje, em sua maioria de origem fóssil, tem sido limitada por disputas comerciais, que levam a litígios de caráter geopolítico e até a guerras regionais. Além disso, os combustíveis fósseis são os responsáveis pela emissão de gases que intensificam o “efeito estufa” (o aquecimento da atmosfera terrestre), que ameaça a própria sobrevivência da espécie humana. A gravidade desse fato poderia ser atenuada através do aproveitamento indireto da energia solar para obter combustíveis derivados de vegetais, que podem ser plantados e cultivados praticamente pelo mundo inteiro, de forma renovável e não poluidora. É a chamada “energia verde” (CARVALHO, 2006, p.28). A história demonstra, que o interesse pela utilização do biodiesel não é novo. Entretanto, à época, por ser mais barato e mais fácil de produzir, o óleo feito a partir do petróleo ganhou o mercado e foi “batizado” com o sobrenome de Diesel.

Atualmente, calcula-se que o consumo mundial de diesel gira em torno de 684 milhões de toneladas, com potencial de crescimento de 8% ao ano. Já a produção mundial de biodiesel representa 0,035% do mercado, ou seja, 2,4 milhões de toneladas. Com o preço do petróleo atingindo patamares proibitivos, principalmente pelo efeito cascata que

provoca em cadeias de produção dependentes de seus derivados e de seu frequente uso como arma econômica, questiona-se a opção feita no passado e cada vez mais se aproxima ou retorna-se ao ponto de partida de Rudolf Diesel.

Pesquisas recentes indicam que a produção de biodiesel a partir de microalgas poderá mudar radicalmente o mercado de combustíveis. Com potencial de produção de óleo muito superior por área equivalente de cultivo do que as culturas tradicionais produzidas em terra e utilizadas na produção do biodiesel, as microalgas despertaram o interesse mundial e as pesquisas e estratégias dos investidores são, em sua maioria, mantidas em segredo. Enquanto a soja produz de 0,2 a 0,4 toneladas de óleo por hectare, o pinhão-manso produz de 1 a 6 toneladas de óleo por hectare e o dendê, de 3 a 6 toneladas de óleo por hectare. Alguns, mais otimistas, afirmam que com um hectare de algas pode-se produzir 237 mil litros de biocombustível; outros, mais contidos, informam que em uma superfície equivalente a um hectare semeado com alga pode-se produzir 100.000 litros de óleo. Sendo possível cultivá-las em água salgada ou doce em ambiente que disponha de calor e luz abundantes, é inegável que o Brasil possui condições ideais para a produção de microalgas, em especial na Região Nordeste. De cultivo simples, as microalgas podem ser produzidas em tanques abertos com profundidade de pouco mais de 10 cm e alimentadas, por exemplo, com dejetos de suinocultura e águas residuais de esgotos. Além disso, sua produção não requer uso de adubos químicos; sua massa pode ser duplicada várias vezes por dia; a colheita pode ser diária; o cultivo pode ser realizado em zonas áridas e ensolaradas, inclusive em regiões desérticas; trata-se de uma matéria-prima não alimentícia e sustentável; e seu cultivo em tanques com água do mar minimiza o uso de terra fértil e água doce potável. Sem dúvida, um achado. Atentos ao movimento mundial, empresas públicas e privadas e o governo brasileiro estão investindo no desenvolvimento da produção de biodiesel a partir de microalgas. Exemplos são a parceria entre a Petrobras, a Universidade Federal

* Técnico em Química pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.
** Técnico em Química pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.
*** Técnico em Química pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

de Santa Catarina e a Universidade Federal do Rio Grande, e o recente edital publicado em conjunto pelos Ministérios da Ciência e Tecnologia e da Pesca e Aquicultura e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. O Edital nº 26/2008, de 11 de agosto de 2008, é o primeiro que tem como objeto o apoio a projetos de pesquisas que contemplem a aquicultura e uso de microalgas como matéria-prima para a produção de biodiesel e tem previsão de repasse de R\$ 4,5 milhões por meio do CNPq. Segundo o edital, serão admitidos projetos que englobem todo o processo de produção e transformação em temas como: desenvolvimento de técnicas de cultivo de microalgas de baixo custo e que visem à produção de óleo como matéria-prima para a produção de biodiesel; estudos de potencial de cepas de microalgas; avaliação da viabilidade econômica do processo global do cultivo à obtenção de biodiesel; processos mais econômicos e eficientes do que os convencionalmente usados para a coleta de microalgas e extração do óleo para a produção de biodiesel. As propostas poderão ser apresentadas até o dia 25 de setembro, os resultados serão divulgados a partir de 27 de outubro e os contratos firmados a partir de 1º de dezembro.

Como resultado da soma do crescimento da demanda por biodiesel no Brasil, estimulada pela publicação da Lei nº 11.097, de 14 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, com as condições climáticas e territoriais favoráveis à produção de algas no Brasil, têm-se condições apropriadas para o investimento em pesquisas, inovação e a instalação de novas plantas industriais para produção de biodiesel nas mais variadas regiões do país. Cenário que pode tornar o Brasil um país ainda mais atraente para os investidores interessados na produção de biocombustíveis, tanto para uso no mercado interno quanto para a exportação.

Investidores certamente não faltarão. O uso das algas como matéria-prima para produção de biocombustíveis vem sendo pesquisado em países como Japão, Estados Unidos da América, Israel, Alemanha, Portugal, Suíça, Argentina e Espanha. Exemplo de investimento é o anúncio feito pela Royal Dutch Shell e HR Biopetroleum, informando a construção de uma planta-piloto na costa de Kona, no Havaí, com o objetivo de cultivar algas marinhas e produzir óleo vegetal para conversão em biocombustível.

Importante observar que o litoral brasileiro, que é banhado pelo Oceano Atlântico, do Arroio Chuí ao Cabo Orange, possui 9.198 km quando consideradas suas saliências. Além disso, a maior bacia hidrográfica do mundo, com 7.050.000 km² é a Bacia Hidrográfica Amazônica, que a ela

podemos somar as Bacias do Rio São Francisco, dos rios Tocantins e Araguaia e do Rio da Prata. “Efetivamente, caso a corrupção, a insegurança jurídica e a burocracia não atrapalhem esse promissor segmento, a economia nacional muito poderá se beneficiar.” (MINARÉ, Reginaldo - Advogado e Diretor Jurídico da ANBio).

Desenvolvimento

O consumo médio de energia no mundo, hoje, é dez vezes superior ao consumo do homem primitivo. Até o final da Idade Média, a quase totalidade de energia provinha do uso da madeira (sob a forma de lenha), o que levou à destruição das florestas que praticamente recobriam toda a Europa. Com a explosão populacional dos últimos dois séculos e com o aumento do consumo de energia *per capita*, o consumo total de energia no mundo aumentou cerca de 100 vezes em relação ao consumo do passado distante. O consumo anual médio de energia *per capita* no mundo, em 1998, era aproximadamente 1,6 tonelada de óleo equivalente (TEP - *ton of equivalent petroleum*) ou 18.000 kcal. Há, contudo, uma enorme diferença (maior que um fator dez) entre um consumo de energia *per capita* dos países industrializados – onde vivem 25% da população mundial – e os países em desenvolvimento, onde vivem os restantes 75%. Somente nos EUA, com 6% da população mundial, consomem 35% da energia mundial.

O esgotamento das fontes de energia convencionais não parece ser um problema imediato, porque existem reservas das principais fontes de energia fóssil para, pelo menos, trinta ou quarenta anos. O problema real é a poluição causada pelo seu uso na biosfera terrestre. Os impactos do uso de energia no meio ambiente não são novidade. Durante séculos, a queima de madeira contribuiu para o desmatamento de muitas áreas. Mesmo nos primórdios da industrialização, chegou-se a altos índices de poluição do ar, água e solo. O que é relativamente novo é a relação entre os problemas ambientais regionais e globais, e suas implicações. Apesar do potencial de energia para melhorar a qualidade da vida humana ser inquestionável, a produção de energia convencional e o seu consumo estão intimamente relacionados com a degradação do meio ambiente. Essa degradação ameaça a saúde humana e a qualidade de vida, além de afetar o equilíbrio ecológico e a diversidade biológica.

A queima de combustíveis fósseis é problemática em vários níveis (embora a utilização de gás natural gere menores emissões prejudiciais que petróleo e carvão). Os principais poluentes gerados

são óxidos de enxofre e nitrogênio, monóxido de carbono e suspensão de particulados. O ozônio é formado na troposfera a partir de interação entre hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e luz do Sol. A atmosfera é quase totalmente transparente à radiação solar incidente: uma pequena fração dessa radiação (principalmente luz visível) é refletida de volta para o espaço, mas a maior parte dela atinge a superfície da Terra, onde ela é absorvida e reemitida em todas as direções como radiação térmica (infravermelho). Porém a atmosfera contém gases que não são transparentes à radiação. Como consequência, a atmosfera fica mais quente do que ficaria na ausência desses gases do efeito estufa. Eles atuam como um “cobertor” ao redor da Terra e a aquecem.

A melhor informação disponível sobre mudança climática global é a avaliação científica do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), criado conjuntamente pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) e pelo Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP), em 1988. O terceiro relatório do IPCC foi publicado no ano de 2001 e as suas principais conclusões são:

A temperatura média da superfície terrestre aumentou desde o fim do século 19.

O aumento da temperatura média da superfície da Terra deverá se situar entre 1,5 e 4,5°C quando a concentração de CO₂ dobrar.

O nível dos oceanos continua a subir.

A precipitação de chuvas continua a aumentar em muitas regiões.

A cobertura de neve e gelo sobre os continentes continuou a decrescer.

Tem havido mudanças nos padrões de circulação da atmosfera e dos oceanos, bem como o aumento do número de eventos climáticos extremos.

Por essas e outras razões, muitas indústrias petrolíferas como a BP (British Petroleum, agora intitulada Beyond Petróleo – Além do Petróleo), a Shell e outras entenderam a mensagem e estão diversificando suas atividades de forma a incluir a produção e venda de recursos renováveis em suas atividades, sobretudo energia eólica e fotovoltaica. Dessa forma poder-se-á garantir a oferta de energia para a redução da pobreza, permitindo que o desenvolvimento seja sustentável e não agrida exageradamente o meio ambiente (GOLDEMBERG, 2005, p.171).

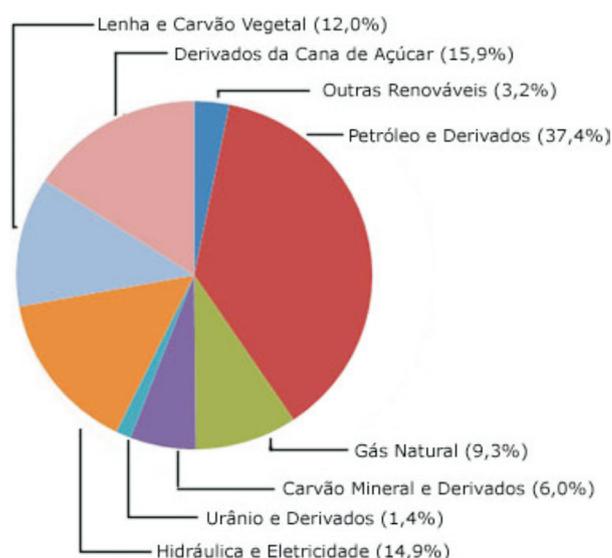


Figura 1 - Painel da matriz energética brasileira

Energia verde (fotossíntese)

A radiação emitida pelo Sol e que chega à superfície da Terra pode ser aproveitada tanto diretamente, em coletores solares (que aquecem água e outros fluidos) e em células fotovoltaicas (que geram energia elétrica), quanto indiretamente, sob a forma de “energia verde”. Esta nada mais é do que a energia luminosa convertida em energia química pela fotossíntese e armazenada em vegetais como gramíneas (cana-de-açúcar, sorgo e outras), leguminosas (soja), euforbiáceas (mamona, mandioca), palmáceas (babaçu, dendê), mirtáceas (eucalipto), pináceas (pinu) e ninféáceas e pontederiáceas (aguapé, jacinto-d’água) e outras. A partir dessas plantas podem ser produzidos combustíveis como o etanol, o biodiesel, o metanol de madeira, a lenha, o carvão vegetal, os biogases e o hidrogênio.

Pouco mais de 46% do total da radiação solar incidente na Terra são absorvidos na atmosfera e na superfície, convertendo-se em calor. Esse calor é em parte reemitido para o espaço na forma de radiação infravermelha (radiação de ondas longas). Parte dessas reemissões, porém, é retida por alguns gases atmosféricos, que desempenham papel semelhante ao de uma estufa (gás carbônico e vapor d’água, por exemplo) ajudando a manter a temperatura média da atmosfera em torno de 15°C, o que possibilita, entre outras coisas, a vida humana, desde que esse ‘efeito estufa’ se mantenha moderado (CARVALHO, 2006, p.28). No entanto, a queima de combustíveis fósseis vem aumentando o efeito estufa, o que induz a elevação constante da temperatura média da atmosfera, o que vem provocando eventos climáticos extremos (CARVALHO, 2006, p.28). A fotossíntese (reação alimentada pela radiação solar para sintetizar compostos orgânicos, convertendo energia

luminosa em energia química) faz com que uma parte mínima da radiação que chega à Terra (0,02% do total) seja armazenada nas plantas (CARVALHO, 2006, p.28). O processo ocorre nas plantas verdes, que contêm clorofila. É a síntese de carboidratos e outros compostos orgânicos de alto valor energético, a partir de substâncias de baixo potencial energético existente na atmosfera, como o gás carbônico e a água. De modo simplificado, pode-se representar esse processo pela reação (na qual $h\nu$ é a energia dos fótons):



Eficiência da Fotossíntese

A eficiência da fotossíntese é a razão entre a energia solar absorvida e a energia química armazenada (CARVALHO, 2006, p.28). A capacidade de armazenar a energia recebida do sol faz das plantas uma fonte energética virtualmente inesgotável. Surge então a ideia de 'plantações de energia', ou seja, cultura de espécies vegetais que possam servir, direta ou indiretamente, como fonte de energia. E o Brasil é um dos países com maior potencial para esse tipo de plantação, por ter uma grande extensão territorial e condições climáticas muito favoráveis.

A energia armazenada dessa maneira é renovável e pode ser utilizada no momento oportuno. As plantações de energia, além de não exigirem grandes investimentos públicos, criam numerosos empregos e não agridem o meio ambiente – ao contrário, contribuem para estabilizar as condições climáticas (CARVALHO, 2006, p.28).

Em princípio, a queima dos combustíveis vegetais não interfere no balanço do gás carbônico da atmosfera, pois as plantas consomem, em sua formação, através da fotossíntese, a mesma quantidade de CO_2 que irão liberar quando de sua utilização como combustível. Deve-se levar em conta que nas operações de plantio e manejo dessas culturas serão usadas tanto máquinas que consomem combustíveis fósseis quanto fertilizantes e pesticidas, todos derivados do petróleo. O biodiesel, formado através da reação de transesterificação, tem como fonte qualquer óleo vegetal (o que inclui espécies como soja, dendê, milho, amendoim, algodão, algas e tantas outras. (CARVALHO, 2006, p.28).

A "energia verde" é uma alternativa técnica e economicamente viável para a substituição gradativa dos combustíveis de origem fóssil, cuja utilização caminha para a exaustão, por força seja das crescentes dificuldades de exploração, seja dos graves problemas ambientais que provocam. O Brasil tem mais de 30 anos de experiência no uso do etanol em veículos movidos a álcool puro

ou a misturas de álcool e gasolina, e uma longa história de aproveitamento de madeira como fonte de energia (na indústria de celulose e na siderurgia) e, na forma de carvão vegetal, como redutor (nesta última). No momento, diversas instituições oficiais investem no desenvolvimento de tecnologias agrícolas (para o cultivo de espécies adequadas) e de tecnologias industriais para a produção do biodiesel e para a otimização de motores para o uso desse combustível (CARVALHO, 2006, p.28).

Definição de Biodiesel

É um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, e sucedâneo ao óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtido da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respectivamente (Figura 2) (PARENTE, 2003 *apud* TEIXEIRA, 2008, p. 9).

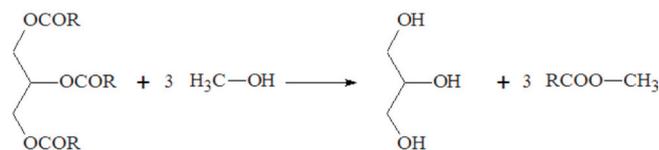


Figura 2 - Reação de transesterificação de um triglicerídeo

O éster metílico de ácido graxo ou biodiesel, formado a partir da reação de transesterificação, é composto por moléculas de carbono, oxigênio, hidrogênio, em que o radical (R') simboliza as cadeias carbônicas de ácidos graxos. São diversas as alternativas para a produção de óleos vegetais, no Brasil. Além de se tratar de um país tropical, com grandes dimensões continentais, o desafio colocado é o do aproveitamento das potencialidades regionais, tanto para as culturas já tradicionais, como a soja, o amendoim, a mamona, o girassol e o dendê, quanto para as novas alternativas, como o pinhão-mansão, o nabo-forrageiro, o buriti, a macaúba, o pequi e uma grande variedade de oleaginosas a serem exploradas. As principais matérias-primas para a produção de biodiesel são: soja, girassol, dendê, canola, mamona, pinhão-mansão, entre outras. No processo de produção, o biodiesel pode ser obtido por diferentes processos tais como o craqueamento, a esterificação ou pela transesterificação. Esta última é a mais utilizada, seus reagentes podem ser óleos vegetais, gorduras animais ou residuais com álcool. É feita uma catálise que pode ser homogênea ou heterogênea usando catalisadores ácidos, básicos ou neutros. Os mais usados são os catalisadores básicos como o hidróxido de sódio. (DÂMASO, 2006 *apud* ANDRADE, 2007, p. 65).



Algas

As algas foram exploradas como combustível alternativo em 1978 durante o governo do presidente Jimmy Carter. Os preços da gasolina haviam disparado, as filas nos postos eram intermináveis e o governo estava procurando ajuda para aliviar a crise. O Programa de Espécies Aquáticas, dirigido pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável, pesquisou algas com alta produção de óleo para fazer biodiesel. Após testar mais de 3 mil tipos de algas, o programa concluiu que essa planta de alta produtividade, e se produzida em quantidades grandes o suficiente, poderia substituir os combustíveis fósseis para calefação caseira e transporte. Mais de 100 mil espécies diferentes de organismos vegetais pertencem à família das algas. Eles têm várias formas e cores, desde pequenos protozoários flutuando em lagoas a grandes bandos de algas marinhas habitando o oceano. Folhas abundantes, musgo graminoso e fungos crescendo em pedras são formas de algas. Você até pode ver algas em cores diferentes, como vermelho, verde e marrom.

As algas são fáceis de plantar e podem ser manipuladas para crescer em grandes quantidades sem perturbar habitats naturais ou fontes de comida. Além disso, é muito fácil “agradá-las” - tudo o que elas precisam é de água, luz do sol e dióxido de carbono.

Então, as algas são todas iguais? Várias algas contêm níveis diferentes de óleo. De todas as algas que existem, a espuma de lagoa, algas que ficam na superfície de lagoas, é a melhor para fazer biodiesel. Durante o processo de produção de biodiesel, as algas consomem dióxido de carbono. Em outras palavras, através da fotossíntese, as algas sugam o dióxido de carbono do ar, substituindo-o por oxigênio. Por esta razão, os produtores de biodiesel estão construindo usinas de biodiesel perto de usinas de produção de energia que produzem muito dióxido de carbono. A reciclagem do dióxido de carbono reduz a poluição.

As algas também podem ser usadas para a criação de alguns outros derivados úteis – fertilizantes e matérias-primas industriais – sem ocasionar o esgotamento de outras fontes de comida. (NEWMAN, 2010). A parte mais interessante do biodiesel de algas é a enorme quantidade que poderá ser produzida. Produtores de biodiesel afirmam que poderão produzir mais de 100 mil galões de óleo de alga por acre anualmente, dependendo do tipo de alga usada, do modo como as algas são plantadas e do método de extração de óleo. A produção de algas tem potencial para um melhor desempenho em

relação ao potencial do biodiesel de outros produtos como palmeira ou milho. Por exemplo, uma usina de algas de 100 acres teria potencial para produzir 10 milhões de galões de biodiesel em apenas um ano. Especialistas estimam que, a cada ano, seriam necessários 140 bilhões de galões de biodiesel de algas para substituir derivados de petróleo. Para alcançar esse objetivo, as empresas produtoras de biodiesel de algas precisarão apenas de 95 milhões de acres de terras para construir usinas de biodiesel. Já que as algas podem ser plantadas no interior de qualquer lugar, elas são promissoras na corrida para a produção de um novo combustível. (VEÍCULOS, 2010).



Figura 3 – Campo de produção de algas

Modo de produção

Extrair óleo das algas é como tirar o suco da laranja: com uma reação química adicional. As algas são plantadas em sistemas de lagoas abertas ou fechadas. Uma vez que as algas são colhidas, os lipídios, ou óleos, são extraídos das paredes das células das algas. Há vários modos diferentes de se extrair óleo das algas. A **prensagem de óleo** é o método mais simples e mais popular. É um conceito similar ao da prensagem do azeite. Até 75% do óleo das algas pode ser extraído através da prensagem. Trata-se, basicamente de um processo em duas partes. O **método com solvente hexano** (combinado com a prensagem) extrai até 95% do óleo das algas. Primeiro, a prensa extrai o óleo. Depois, a sobra das algas é misturada com hexano, filtrada e limpa para não deixar nenhum químico no óleo. O **método de fluidos supercríticos** extrai até 100% do óleo das algas. O dióxido de carbono age como um fluido supercrítico quando a substância é prensada e aquecida para mudar sua composição tanto para líquido quanto para gás. Nesse ponto, o dióxido de carbono é misturado às algas. Quando combinados, o dióxido de carbono transforma totalmente a alga em óleo. O equipamento e o trabalho extras fazem desse método uma opção menos popular. Uma

vez extraído, o óleo é refinado usando-se cadeias de ácidos graxos em um processo chamado **transesterificação**. Aqui, um catalisador como o hidróxido de sódio é misturado com um álcool como o metanol. Isto cria um combustível biodiesel combinado com um glicerol. A mistura é refinada para remover o glicerol. O produto final é o biodiesel das algas.

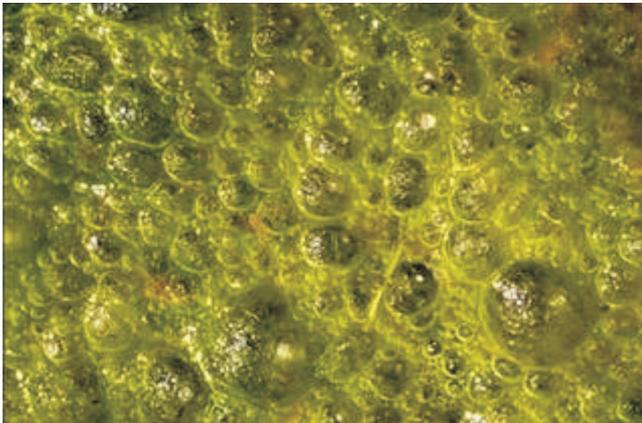


Figura 4 – Óleo extraído de algas

O método mais natural de cultivo de algas para produção de biodiesel é através da **lagoa aberta**. Usando lagoas abertas, pode-se cultivar algas em áreas quentes e ensolaradas do mundo todo para obter produção máxima. Apesar de esta ser uma das técnicas menos invasivas, ela também tem seus poréns. O tempo ruim pode retardar o crescimento, assim como contaminação por uma variedade de bactérias ou outros organismos externos. A água onde as algas crescem também deve ser mantida em certa temperatura, o que pode ser algo difícil. **Crescimento vertical/ produção em laço fechado** foi desenvolvidos por empresas de biocombustíveis para cultivar algas mais rápido e de maneira mais eficiente que em lagoa aberta. Com o crescimento vertical, as algas são colocadas em sacos plásticos transparentes, de modo a serem expostas à luz solar em ambos os lados. Os sacos são empilhados e cobertos para ficarem protegidos da chuva. A exposição extra ao sol aumenta o índice de produtividade das algas, o que, por sua vez, aumenta a produção de óleo. As algas também são protegidas de contaminação.

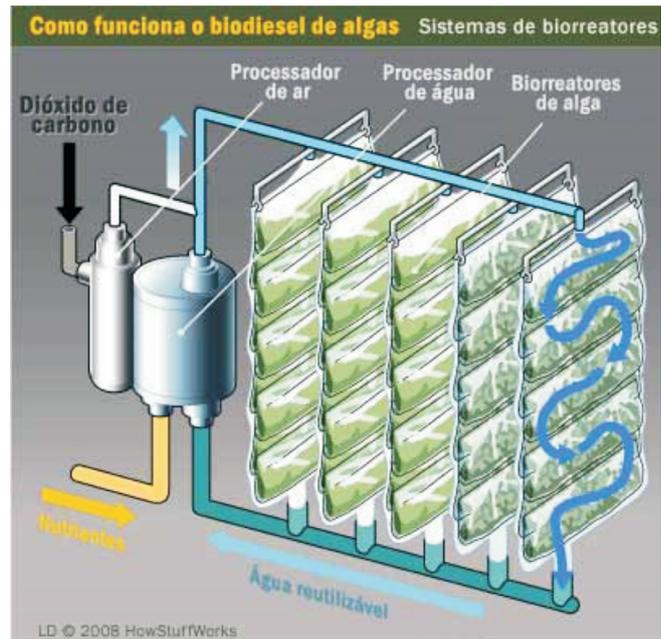


Figura 5 – Esquema de crescimento vertical

Outras empresas produtoras de biodiesel estão construindo usinas de biorreatores em tanques fechados para ajudar a aumentar ainda mais a produção de óleo. Ao invés de cultivar algas exteriormente, as usinas são construídas com tonéis grandes e redondos em seus interiores, para cultivar algas em condições ideais. As algas são manipuladas para crescer ao máximo e serem colhidas diariamente. Isso favorece uma grande produção de algas, o que, por sua vez, favorece a produção de grandes quantidades de óleo para produzir biodiesel. Usinas de biorreatores fechados também podem ser estrategicamente construídas perto de usinas de energia para capturar excesso de dióxido de carbono que, em outro caso, poluiria o ar. Os pesquisadores estão testando outra variação do contêiner fechado ou processo de lagoa fechada - a fermentação. As algas são cultivadas em contêineres fechados e alimentadas com açúcar para promover o crescimento. Esse método elimina todas as margens de erro, já que permite o controle de todos os fatores ambientais. O benefício desse processo é que ele permite a produção de biodiesel de algas em qualquer lugar do mundo. Mas os pesquisadores estão tentando descobrir como obter açúcar. (NEWMAN, 2010)

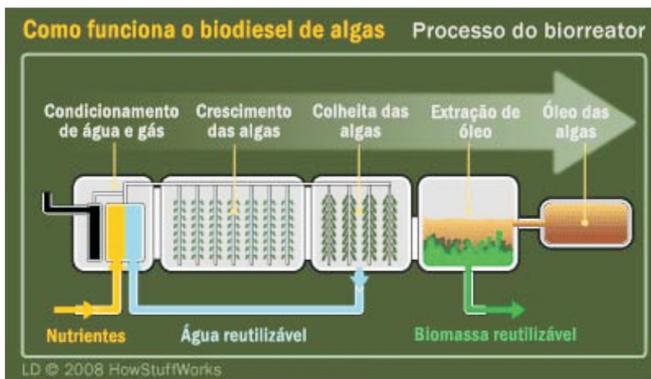


Figura 6 – Esquema do funcionamento de um biorreator

Prós e Contras

Um material vegetal abundante é cultivado, prensado, quimicamente alterado e misturado para fazer um biodiesel mais limpo e eficiente. Pode parecer ideal, mas há muitos contras que os críticos do biodiesel de algas gostam de levantar. Um deles é que o cultivo em lagoas abertas é extremamente arriscado, pois a água deve estar em uma temperatura exata. O dióxido de carbono tem que ser bombeado nas lagoas e há um alto risco de contaminação. No entanto, muitos laboratórios de biodiesel de algas estão resolvendo esse problema com o uso de sistemas de biorreatores fechados.

Outro problema é a falta de testes reais feitos com biodiesel de algas em carros. Empresas em todo o mundo estão fazendo negócios com grandes companhias de petróleo para testar e produzir espuma de lagoas. Neste momento, eles ainda estão em fase de testes. Até onde sabemos, há apenas um carro movido o biodiesel de algas nas ruas. Em janeiro de 2008, uma empresa usou o biodiesel de algas para abastecer uma Mercedes Benz E320 a diesel para passear pelas ruas de Park City, Utah (em inglês), durante o Festival de Cinema de Sundance. No entanto, nenhuma estatística sobre o consumo ou tipos de emissão do carro foi publicada. (NEWMAN, 2010).

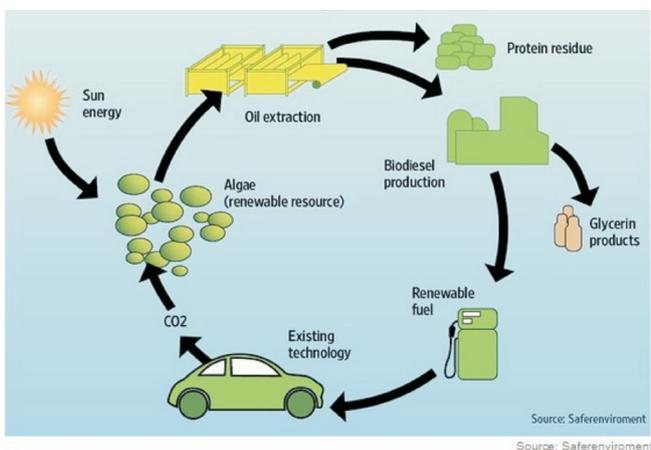


Figura 7 – Diagrama de utilização do óleo das algas como substrato

Conclusão

A partir das pesquisas realizadas acerca do tema, a motivação para síntese do biodiesel cresce, pois sabe-se que é necessário substituir o mais rápido possível as fontes de energia não renováveis pelas renováveis. Encontrou-se nas algas um grande potencial energético, barato e viável para essa substituição, além de contribuir para a diminuição do aquecimento global devido à grande capacidade de realizar a fotossíntese, convertendo o gás estufa CO₂ em glicose (C₆H₁₂O₆) e gás Oxigênio (O₂), necessitando para isso de apenas luz solar e água. Produzir óleo a partir de algas é muito mais simples do que fazê-lo a partir da soja e de outras oleaginosas e tem a metade do custo. Elas se reproduzem muito rapidamente, atingindo a marca de 10 safras ou mais anualmente e a água utilizada no processo pode ser salobra, não se necessitando de água potável.

Referências

- BRASIL. Lei no. 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>. Acesso em: 1 dez. 2010.
- CARVALHO, J.F. Energia verde. Revista Ciência Hoje, v.39, n. 232, p. 28, nov. 2006.
- GOLDEMBERG, J. Meio Ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. 4. ed., 1.reimpressão. Campinas, SP: Armazém do Ipê, 2008.
- NEWMAN, S. Como funciona o biodiesel de algas. Beverly Hills, California, United States. Disponível em: <<http://carros.hsw.uol.com.br/biodiesel-de-algas4.htm>> Acesso em: 29 nov. 2010..
- VEÍCULO elétrico. 2010. Disponível em: <<http://co109w.col109.mail.live.com/default.aspx?wa=wsignin1.0>> Acesso em: 1 dez. 2010.

Anexo



Presidência da República Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI No 11.097, DE 13 DE JANEIRO DE 2005.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1o O art. 1o da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, passa a vigorar acrescido do inciso XII, com a seguinte redação:

“Art. 1o

.....
XII - incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional.” (NR)

Art. 2o Fica introduzido o biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional.

§ 1o O prazo para aplicação do disposto no caput deste artigo é de 8 (oito) anos após a publicação desta Lei, sendo de 3 (três) anos o período, após essa publicação, para se utilizar um percentual mínimo obrigatório intermediário de 2% (dois por cento), em volume. (Regulamento)

§ 2o Os prazos para atendimento do percentual mínimo obrigatório de que trata este artigo podem ser reduzidos em razão de resolução do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, observados os seguintes critérios:

I - a disponibilidade de oferta de matéria-prima e a capacidade industrial para produção de biodiesel;

II - a participação da agricultura familiar na oferta de matérias-primas;

III - a redução das desigualdades regionais;

IV - o desempenho dos motores com a utilização do combustível;

V - as políticas industriais e de inovação tecnológica.

§ 3o Caberá à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP definir os limites de variação admissíveis para efeito de medição e aferição dos percentuais de que trata este artigo.

§ 4o O biodiesel necessário ao atendimento dos percentuais mencionados no caput deste artigo terá que ser processado, preferencialmente, a partir de matérias-primas produzidas por agricultor familiar, inclusive as resultantes de atividade extrativista. (Incluído pela Lei nº 11.116, de 2005)

Art. 3o O inciso IV do art. 2o da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 2o

.....
IV - estabelecer diretrizes para programas específicos, como os de uso do gás natural, do carvão, da energia termonuclear, dos biocombustíveis, da energia solar, da energia eólica e da energia proveniente de outras fontes alternativas;

.....” (NR)

Art. 4o O art. 6o da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, passa a vigorar acrescido dos incisos XXIV e XXV, com a seguinte redação:

“Art. 6o

.....
XXIV - Biocombustível: combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento, para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil;

XXV - Biodiesel: biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.” (NR)

Art. 5o O Capítulo IV e o caput do art. 7o da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, passam a vigorar com a seguinte redação:

“CAPÍTULO IV
DA AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO,
GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS

.....
Art. 7o Fica instituída a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, entidade integrante da Administração Federal Indireta, submetida ao regime autárquico especial, como órgão regulador da indústria do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis, vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

.....” (NR)

Art. 6o O art. 8o da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 8o A ANP terá como finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis, cabendo-lhe:

I - implementar, em sua esfera de atribuições, a política nacional de petróleo, gás natural e biocombustíveis, contida na política energética nacional, nos termos do Capítulo I desta Lei, com ênfase na garantia do suprimento de derivados de petróleo, gás natural e seus derivados, e de biocombustíveis, em todo o território nacional, e na proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos;

.....
VII - fiscalizar diretamente, ou mediante convênios com órgãos dos Estados e do Distrito Federal, as atividades integrantes da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis, bem como aplicar as sanções administrativas e pecuniárias previstas em lei, regulamento ou contrato;

.....
IX - fazer cumprir as boas práticas de conservação e uso racional do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis e de preservação do meio ambiente;

.....
XI - organizar e manter o acervo das informações e dados técnicos relativos às atividades reguladas da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis;

.....
XVI - regular e autorizar as atividades relacionadas à produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, distribuição, revenda e comercialização de biodiesel, fiscalizando-as diretamente ou mediante convênios com outros órgãos da União, Estados, Distrito Federal ou Municípios;

XVII - exigir dos agentes regulados o envio de informações relativas às operações de produção, importação, exportação, refino, beneficiamento, tratamento, processamento, transporte, transferência, armazenagem, estocagem, distribuição, revenda, destinação e comercialização de produtos sujeitos à sua regulação;

XVIII - especificar a qualidade dos derivados de petróleo, gás natural e seus derivados e dos biocombustíveis.” (NR)

Art. 7o A alínea d do inciso I e a alínea f do inciso II do art. 49 da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, passam a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 49.

I -

.....
d) 25% (vinte e cinco por cento) ao Ministério da Ciência e Tecnologia, para financiar programas de amparo à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico aplicados à indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis;

II -

.....
f) 25% (vinte e cinco por cento) ao Ministério da Ciência e Tecnologia, para financiar programas de amparo à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico aplicados à indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis.

.....” (NR)

Art. 8o O § 1o do art. 1o da Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 1o

§ 1o O abastecimento nacional de combustíveis é considerado de utilidade pública e abrange as seguintes atividades:

I - produção, importação, exportação, refino, beneficiamento, tratamento, processamento, transporte,

transferência, armazenagem, estocagem, distribuição, revenda, comercialização, avaliação de conformidade e certificação do petróleo, gás natural e seus derivados;

II - produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, distribuição, revenda, comercialização, avaliação de conformidade e certificação do biodiesel;

III - comercialização, distribuição, revenda e controle de qualidade de álcool etílico combustível.

..... (NR)

Art. 9º Os incisos II, VI, VII, XI e XVIII do art. 3º da Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, passam a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 3º

.....

II - importar, exportar ou comercializar petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis em quantidade ou especificação diversa da autorizada, bem como dar ao produto destinação não permitida ou diversa da autorizada, na forma prevista na legislação aplicável:

Multa - de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) a R\$ 5.000.000,00 (cinco milhões de reais);

.....

VI - não apresentar, na forma e no prazo estabelecidos na legislação aplicável ou, na sua ausência, no prazo de 48 (quarenta e oito) horas, os documentos comprobatórios de produção, importação, exportação, refino, beneficiamento, tratamento, processamento, transporte, transferência, armazenagem, estocagem, distribuição, revenda, destinação e comercialização de petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis:

Multa - de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) a R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais);

VII - prestar declarações ou informações inverídicas, falsificar, adulterar, inutilizar, simular ou alterar registros e escrituração de livros e outros documentos exigidos na legislação aplicável, para o fim de receber indevidamente valores a título de benefício fiscal ou tributário, subsídio, ressarcimento de frete, despesas de transferência, estocagem e comercialização:

Multa - de R\$ 500.000,00 (quinhentos mil reais) a R\$ 5.000.000,00 (cinco milhões de reais);

.....

XI - importar, exportar e comercializar petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis fora de especificações técnicas, com vícios de qualidade ou quantidade, inclusive aqueles decorrentes da disparidade com as indicações constantes do recipiente, da embalagem ou rotulagem, que os tornem impróprios ou inadequados ao consumo a que se destinam ou lhes diminuam o valor:

Multa - de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) a R\$ 5.000.000,00 (cinco milhões de reais);

.....

XVIII - não dispor de equipamentos necessários à verificação da qualidade, quantidade estocada e comercializada dos produtos derivados de petróleo, do gás natural e seus derivados, e dos biocombustíveis:

Multa - de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais).” (NR)

Art. 10. O art. 3º da Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, passa a vigorar acrescido do seguinte inciso XIX:

“Art. 3º

.....

XIX - não enviar, na forma e no prazo estabelecidos na legislação aplicável, as informações mensais sobre suas atividades:

Multa - de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) a R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais).” (NR)

Art. 11. O art. 5º da Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 5º Sem prejuízo da aplicação de outras sanções administrativas, a fiscalização poderá, como medida cautelar:

I - interditar, total ou parcialmente, as instalações e equipamentos utilizados se ocorrer exercício de atividade relativa à indústria do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis sem a autorização exigida na legislação aplicável;

II - interditar, total ou parcialmente, as instalações e equipamentos utilizados diretamente no exercício da atividade se o titular, depois de outorgada a autorização, concessão ou registro, por qualquer razão deixar de atender a alguma das condições requeridas para a outorga, pelo tempo em que perdurarem os motivos que deram ensejo à interdição;

III - interditar, total ou parcialmente, nos casos previstos nos incisos II, VI, VII, VIII, IX, XI e XIII do art. 3º desta Lei, as instalações e equipamentos utilizados diretamente no exercício da atividade outorgada;

IV - apreender bens e produtos, nos casos previstos nos incisos I, II, VI, VII, VIII, IX, XI e XIII do art. 3º desta Lei.

.....” (NR)

Art. 12. O art. 11 da Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, passa a vigorar acrescido do seguinte inciso V:

“Art. 11. A penalidade de perdimento de produtos apreendidos na forma do art. 5o, inciso IV, desta Lei, será aplicada quando:

.....
V - o produto apreendido não tiver comprovação de origem por meio de nota fiscal.

.....” (NR)

Art. 13. O caput do art. 18 da Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 18. Os fornecedores e transportadores de petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis respondem solidariamente pelos vícios de qualidade ou quantidade, inclusive aqueles decorrentes da disparidade com as indicações constantes do recipiente, da embalagem ou rotulagem, que os tornem impróprios ou inadequados ao consumo a que se destinam ou lhes diminuam o valor.

.....” (NR)

Art. 14. O art. 19 da Lei no 9.847, de 26 de outubro de 1999, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 19. Para os efeitos do disposto nesta Lei, poderá ser exigida a documentação comprobatória de produção, importação, exportação, refino, beneficiamento, tratamento, processamento, transporte, transferência, armazenagem, estocagem, distribuição, revenda, destinação e comercialização dos produtos sujeitos à regulação pela ANP.” (NR)

Art. 15. O art. 4o da Lei no 10.636, de 30 de dezembro de 2002, passa a vigorar acrescido do seguinte inciso VII:

“Art. 4o

.....

VII - o fomento a projetos voltados à produção de biocombustíveis, com foco na redução dos poluentes relacionados com a indústria de petróleo, gás natural e seus derivados.

.....” (NR)

Art. 16. (VETADO)

Art. 17. (VETADO)

Art. 18. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 13 de janeiro de 2005; 184o da Independência e 117o da República.

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

Luiz Paulo Teles Ferreira Barreto

Dilma Vana Rousseff

Este texto não substitui o publicado no D.O.U. de 14.1.2005

