

## PRODUÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO MICROALGAS

Juliana Aparecida Homiak<sup>1</sup>, Carina Moresco<sup>2</sup>.

### RESUMO

Com o aumento da população mundial e do consumo *per capita*, a demanda por energia vem crescendo de forma acelerada. Pensando em estratégias para combater os preços do petróleo e diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>, os biocombustíveis surgem como uma das principais alternativas de energia renovável. As microalgas são fontes promissoras para produção de biodiesel por terem um potencial produtivo superior por área de cultivo comparado ao de outros vegetais. Com a produção em larga escala, pretende-se obter uma fonte renovável de energia e a redução de poluição ambiental causada pela extração petrolífera, contribuindo para a redução do efeito estufa consumindo o dióxido de carbono da atmosfera. Os métodos mais utilizados para produção das microalgas é realizado através da utilização de tanques abertos (*raceway ponds*), ou através dos fotobiorreatores tubulares fechados. O principal objetivo desse trabalho é apresentar as vantagens do cultivo de microalgas para produção de biocombustíveis. Espera-se que essas novas tecnologias sejam avaliadas, aceitas e incluídas na produção de biocombustíveis, para minimizar o uso e até mesmo substituir os combustíveis de primeira geração, contribuindo assim principalmente para melhorias no meio ambiente, resultado da menor liberação de poluentes na atmosfera.

**Palavras-chave:** aquecimento global; biocombustíveis; combustíveis fósseis; poluição.

### BIODIESEL PRODUCTION USING MICROALGAE

### ABSTRACT

With the increase of both, world population and the *per capita* consumption, the demand for energy is rapidly growing. Thinking about strategies to fight prices of oil and reduce emissions the CO<sub>2</sub>, the biofuels emerge as a leading of renewable energy alternatives. Microalgae are promising sources for biodiesel production because they have a higher yield potential per area of cultivation compared with other vegetables. With large-scale production, is intended to obtain a renewable energy source and to reduce environmental pollution caused by the oil extraction, what contributes to the reduction of greenhouse by consuming carbon dioxide of atmosphere. The most used methods for microalgae production is realized through the use of open tanks (*raceway ponds*), or by closed tubular photobioreactors. The main objective of this paper is to show the advantages of cultivation of microalgae for biofuel production. Is expected that these new technologies are evaluated, accepted and included in the production of biofuels, to minimize the use and even replace the first generation fuels, thus contributing mainly to improvements in the environment as a result of lower release of pollutants to atmosphere.

**Keywords:** global warming; biofuels; fossil fuels; pollution.

<sup>1</sup>Bióloga. Faculdade Integrado de Campo Mourão.

<sup>2</sup>Professora do curso de Ciências Biológicas da Faculdade Integrado de Campo Mourão

## INTRODUÇÃO

Em função do aumento da população mundial e do consumo per capita, a demanda por energia vem crescendo de forma acelerada, surge então a chamada energia verde, que é capaz de atenuar a gravidade do problema, aproveitando indiretamente a energia solar, para obtenção de combustíveis derivados de vegetais, plantados e cultivados de forma renovável e menos poluidora (1). As mudanças climáticas são um dos maiores problemas ambientais e o uso de combustíveis fósseis tem contribuído consideravelmente para o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera, sendo necessária a substituição dessas fontes de energias por energias renováveis (2). Pensando em estratégias para reduzir o aquecimento global, combater os altos preços do petróleo e diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>, os biocombustíveis surgem como uma das principais alternativas de energia renovável (3).

Com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, criado em 2004, e a aprovação da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, o governo brasileiro introduziu o biodiesel na matriz energética nacional. Desde 1º de janeiro de 2010, tornou-se obrigatório que todo óleo diesel veicular comercializado ao consumidor contenha 5% de biodiesel (4). O governo federal entendeu ser estratégico para o Brasil promover a produção um combustível renovável que pudesse fomentar o desenvolvimento regional, reduzir as desigualdades sociais, gerar emprego e renda no campo e reduzir a necessidade de divisas para importação de diesel (5).

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), a produção global de energia cresceu 295% entre os anos de 2000 a 2005, estima-se ainda que até 2030 a utilização dos biocombustíveis nos transportes rodoviários será de aproximadamente 7%, enquanto que em 2004 era de 1% (6).

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, os biocombustíveis são derivados da biomassa renovável extraído principalmente da cana-de-açúcar, óleos vegetais e de gorduras animais. São compostos por hidrocarbonetos saturados de cadeia longa e vem sendo produzidos com o objetivo de substituir parcialmente os combustíveis derivados do petróleo e gás natural em motores à combustão, sendo adicionados ao óleo diesel em proporções variáveis. Cerca de 45% da

energia e 18% dos combustíveis utilizados no Brasil já são renováveis, enquanto em outros lugares do mundo apenas 14% dos combustíveis consumidos vem de fontes energéticas renováveis (7). A implantação do uso do etanol é atualmente uma das fontes importantes no combate ao aquecimento global, devido à redução nas emissões de gás carbônico, isto porque, parte do CO<sub>2</sub> emitido pelo combustível movido a etanol, é reabsorvido pelas plantações de cana-de-açúcar para a formação de biomassa, ao contrário dos derivados do petróleo, que lançam na atmosfera o CO<sub>2</sub> antes aprisionados nos poços de petróleo (8).

Mesmo com uma série de bio matérias primas sendo utilizadas para produção de biocombustíveis, as microalgas são uma das fontes mais promissoras para produção de biodiesel por ter um potencial produtivo superior por área de cultivo comparado ao de outros vegetais. As algas estão despertando interesse mundial em pesquisas, as quais revelam que, enquanto a soja produz 0,2 a 0,4ton/ha de óleo, o pinhão manso produz de 1 a 6 ton/ha e o dendê de 3 a 6 ton/ha. Utilizando microalgas, estudos otimistas afirmam produzir 237 mil litros de óleo por ha, outros, mais contidos, informam que em uma superfície equivalente a 1ha é possível produzir 100 mil litros de óleo (1).

As microalgas podem ser encontradas em diversos biótopos, por possuírem grande diversidade ecológica e adaptabilidade fisiológica, é possível cultivá-las em água salgada e doce, em ambientes rasos, com luz, calor e nutrientes abundantes (9). Estima-se que existam 350 mil espécies de algas no mundo, das quais a maioria são microalgas (10). São fonte de energia de alta produtividade e podem se reproduzir de 50 a 100 vezes mais rápido do que vegetais tais como a cana-de-açúcar, pinhão-manso, palma, entre outros, que são utilizadas para a produção de biodiesel (11).

Pretende-se nesta revisão, apresentar as vantagens do cultivo de microalgas para produção de biocombustíveis, considerado uma fonte alternativa na substituição dos combustíveis derivados do petróleo, devido ao seu alto potencial de cultivo por área e minimização dos impactos ambientais e seu retorno ambiental positivo para a atmosfera.

**Alternativas para produção de biodiesel com ênfase em microalgas**

Atualmente o consumo de energia no mundo é maior quando comparado ao consumo do homem primitivo, que utilizava a madeira para produção de energia, quando muitas florestas foram desmatadas pela Europa. Com a explosão populacional nos últimos dois séculos o consumo total de energia disparou, aumentando cerca de 100 vezes se comparado a um passado distante (1).

O consumo anual médio de energia *per capita* no mundo em 1998 era de 1,6 toneladas de óleo, mas há uma enorme diferença entre o consumo em países industrializados onde vivem 25% da população mundial e os países em desenvolvimento bem como países pobres com os 75% restantes (1). Segundo este autor, somente nos Estados Unidos, o consumo é de 35% da energia mundial e o esgotamento das fontes de energia fóssil, não é um problema imediato, pois ainda existem reservas por pelo menos trinta ou quarenta anos, o problema é a poluição causada pelo seu uso na biosfera.

Países como o Brasil e os Estados Unidos incentivam a produção dos biocombustíveis, em busca de alternativas viáveis para substituir parcialmente os combustíveis fósseis, e assim minimizar os impactos ambientais causados por eles. Por outro lado, países como Cuba e Venezuela questionam o aumento da produção de biocombustíveis, devido à competição por áreas cultivadas com produção alimentícia, aumentando ainda mais os problemas sociais de fome na América Latina, e outras regiões pobres do mundo. Portanto, o desafio da produção dos biocombustíveis é investir em matérias-primas capazes de atender as expectativas dos programas de energia, sem interferir na produção de alimentos (12).

A competição entre alimentos e combustível vem levantando alguns desafios a serem abordados. Ambos são temas de uma disputa para um futuro sustentável, isto porque mais de 95% dos óleos utilizados para produção de biodiesel, são feitos a partir de óleos comestíveis. Desviar culturas alimentares para produção de biodiesel, em grande escala, pode trazer um desequilíbrio mundial no mercado de alimentos. Outro aspecto a ser discutido é o impacto ambiental negativo causado, pois requer que a maior parte das terras utilizáveis seja arada, provocando grandes desmatamentos em países tropicais como ocorreu na Malásia e Indonésia, que são responsáveis por 80% da

produção do óleo de palma, a fim de satisfazer a procura pelo biodiesel (3).

Dentre as alternativas para produção de biodiesel, está a *Jatropha curcas* L., uma espécie da família Euphorbiaceae, conhecida no Brasil como pinhão-mansão. É uma espécie pouco conhecida, mas tem sido bem aceita para produção de óleo no nordeste brasileiro, por ser uma planta perene e de boa adaptação à região semiárida. Porém, a espécie tem um alto teor de ácidos graxos livres, os quais impedem o seu uso direto em processos alcalinos tradicionais de obtenção de biodiesel, sendo necessário realizar processos prévios de purificação, inviabilizando economicamente o seu uso (12).

Outra alternativa de cultivo é o óleo de palma, amplamente utilizado como óleo de cozinha e em uma variedade de alimentos, tais como margarinas e biscoitos e também como derivados químicos para detergente. Nos últimos anos, vastas áreas de florestas naturais foram desmatadas em um ritmo elevado para liberar mais terra para plantações de palmeiras, por isso sua produção em larga escala é causadora de grandes problemas ambientais, tais como, a poluição pelo aumento das emissões de gases do efeito estufa e os desmatamentos. Em 2001, a produção da Malásia, um dos maiores produtores de óleo de palma, foi de sete milhões de toneladas. Uma grande área foi desmatada para dar espaço às plantações de palma, e esta conversão de habitats implica em perda de biodiversidade, incluindo o declínio das populações de espécies como o orangotango. Para que a Malásia se torne um líder na produção de biodiesel, ela terá que desenvolver outras matérias-primas a fim de garantir sua segurança e desenvolvimento da sustentabilidade para o futuro (3).

Os materiais graxos provenientes tanto de origem doméstica, quanto industrial, também são fontes de matérias-primas para obtenção de biodiesel. São utilizadas em larga escala no Brasil, gorduras animais resultantes do abate de gado, aves e suínos, com um excedente de cerca de 500 mil toneladas por ano, e muita dessa gordura não tem um fim comercial, resultando em um enorme impacto ambiental dos frigoríficos que as produzem, além das gorduras residuais de frituras (1).

Com a investigação de organismos fotossintéticos, as microalgas se sobressaem como as principais responsáveis pela absorção do CO<sub>2</sub> atmosférico nos oceanos,

com uma capacidade de absorção de até 15 vezes maior do que as florestas (6). Elas são alvo de instituições de pesquisa e de empresas do setor de energia e geram grande expectativa no mercado de biocombustíveis (13), que desenvolvem pesquisas com o objetivo de encontrar espécies de microalgas ideais para a produção de combustível. São consideradas grandes filtros naturais de carbono, e responsáveis pela produção de aproximadamente 54% do oxigênio na atmosfera (11).

As microalgas apresentam como vantagem, crescimento rápido com elevada produtividade, podendo chegar entre 200 e 300 vezes superior à produção dos vegetais, ocupando uma área de cultivo, até 100 vezes menor do que as plantas comumente utilizadas para produção de biodiesel. Com a produção de microalgas em larga escala, pretende-se obter uma fonte renovável de energia e a redução de poluição ambiental causada pela extração petrolífera e desta forma, contribuir para a redução do efeito estufa por meio da diminuição das emissões de dióxido de carbono retidos nos poços de petróleo (14). Outra vantagem é que a alga não compete com o setor de produção de alimentos (13).

Além do rápido crescimento, as algas possuem um alto rendimento por hectare e são altamente biodegradáveis (15). Outra vantagem constitui-se na possibilidade de serem também cultivadas em águas salobras e/ou salgadas, deixando assim a água doce disponível para o consumo humano e para a agricultura. Considerando que o Brasil apresenta cerca de 8.500 km de linha de costa, tem-se um enorme sítio de produção e abastecimento ilimitado de água para os cultivos. Microalgas marinhas podem ser produzidas até mesmo no interior de alguns estados do Nordeste, onde poços artesianos produzem água com alta salinidade e a luminosidade é abundante por todo o ano (16). Ainda, apresentam uma ampla tolerância a fatores ambientais extremos, podendo ser cultivadas em ambientes pequenos e em regiões impróprias para atividades agrícolas, representando assim uma alternativa para a diminuição do efeito estufa (17).

Entretanto, alguns riscos também podem ser apresentados na produção de biodiesel com microalgas. Dentre elas está o cultivo em lagoas abertas, o qual é arriscado, pois a água não pode sofrer grandes variações de temperatura para que o cultivo não seja prejudicado. 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 (1).

Para atingir a escala industrial, a produção deste tipo de biodiesel ainda terá de superar vários obstáculos, como a viabilidade econômica do processo, pois seu cultivo exige uma infraestrutura bem diferente das plantações convencionais e laboratório equipado para análises diárias, além de equipamento para coleta e absorção de óleo (13). Mesmo assim, empresas públicas, privadas e o governo brasileiro estão investindo no desenvolvimento da produção de biodiesel a partir de microalgas (1). Mas a pergunta é: se as microalgas têm todo esse potencial realmente, por que então ainda não está sendo produzida em larga escala? Existem alguns “gargalos” tecnológicos que fazem com que o litro do biodiesel produzido a partir de microalgas custe entre US\$ 6 e 10 (R\$ 12 – 20), enquanto que o diesel de petróleo chega às bombas a US\$ 0.50 – 1 (R\$ 1 – 2). Portanto enquanto o litro de Biodiesel de microalgas não atingir a marca de US\$ 0,60, esta produção não será viável economicamente para a população consumidora dos combustíveis fósseis (16).

Considerando as diversas fontes de óleos e gorduras com potencial para produzir um combustível que venha substituir parcial ou totalmente o diesel fóssil, deve-se ter clareza que três aspectos possam ser atendidos: viabilidade técnica e econômica para a produção e obtenção do óleo ou gordura em escala suficiente para atender à demanda pelo biocombustível; viabilidade técnica e econômica para transformá-lo em biocombustível; e garantias da qualidade do biocombustível (12).

### **Algas**

As algas compreendem vários grupos de seres vivos aquáticos e estão divididas em dois grandes grupos: microalgas e macroalgas. As macroalgas marinhas são mais populares por serem maiores e visíveis a olho nu. Já as microalgas se referem a microrganismos não visíveis a olho nu (18). São organismos clorofilados com pigmentos fotossintéticos, os quais são capazes de realizar fotossíntese. Na denominação microalgas, estão incluídos organismos com dois tipos de estrutura celular: as procarióticas e as eucarióticas (19). Esse é um termo geral



que engloba microorganismos (2 – 200  $\mu\text{m}$ ) uni ou pluricelulares que possuem clorofila *a* e estão presentes em praticamente todos os corpos de água do planeta (16). Contém entre 2-40% de lipídios e óleos, os quais são componentes de membrana, produtos de armazenamento, metabólicos e fontes de energia (15). As algas são divididas em uma ampla variedade de classes e se distinguem pela pigmentação, ciclo de vida e estrutura celular (6).

Desde 1978 as algas começaram a ser exploradas como combustível alternativo nos Estados Unidos, nesta época o preço da gasolina disparou e as filas nos postos eram intermináveis, o governo americano então desesperado a procura de ajuda para aliviar a crise, iniciou alguns trabalhos juntamente com o Programa de Espécies Aquáticas dirigido pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável, pesquisou algas com alta produção de óleo para fazer biodiesel (1). Os estudos realizados pelo *Aquatic Species Program* estavam centralizados na produção de microalgas para produção de hidrogênio, mas em 1980 o programa mudou sua ênfase para outros combustíveis, em especial o biodiesel (6). Após testar mais de 3 mil tipos de algas, o programa concluiu que apresentam alta produtividade, e se produzida em quantidades grandes o suficiente, poderia substituir os combustíveis fósseis para calefação caseira e transporte (1).

Nos oceanos, as microalgas são as principais responsáveis pela absorção biológica do  $\text{CO}_2$  atmosférico, já que estão presentes em grande número na coluna de água. Uma parte do  $\text{CO}_2$  absorvido pelas microalgas é transferida para o fundo oceânico num processo conhecido como "bomba biológica". Este processo, juntamente com a difusão direta do  $\text{CO}_2$  para a água, impede que o acúmulo de gases do efeito estufa seja ainda maior (17).

Das microalgas podem-se obter diferentes tipos de biocombustíveis, como o metano produzido a partir da digestão anaeróbia da biomassa algal, o bioetanol, o biodiesel derivado do óleo extraído da biomassa ou o hidrogênio produzido por bioconversão a partir de determinadas espécies (18). Além da produção de biocombustíveis, a biomassa algal também pode ser usada como fonte de nutrientes: animal, humana, corantes naturais e compostos farmacêuticos (20). As microalgas também podem gerar energia elétrica com

eficiência, por meio da queima da biomassa desses microorganismos, onde, cada tonelada de biomassa queimada gera 8,12 MWh. Esta é uma alternativa sustentável para aumentar a oferta de energia elétrica no Brasil, pois a queima da biomassa algal não libera mais  $\text{CO}_2$  do que foi consumido na produção, por isso se trata de uma energia de "emissão zero" (18). Na agricultura, a biomassa pode ser empregada como biofertilizante do solo, por possuírem alta concentração de vitaminas, proteínas e carboidratos e na indústria farmacêutica, podem produzir uma gama de moléculas bioativas com propriedades antibióticas, anticâncer, anti-inflamatórias, antivirais, redutoras do colesterol, enzimáticas e com outras atividades farmacológicas (15,19).

O crescimento fotossintético das microalgas requer presença de luz, água, sais e dióxido de carbono, e a temperatura mantida em torno dos 20-30°C (7). Desta forma, se contribui para resolver dois problemas-chave: a poluição de ar resultante das emissões de  $\text{CO}_2$  e crises futuras por falta de fontes de energia (1).

Estudos apontam que algumas espécies de microalgas podem produzir até 700 toneladas de matéria orgânica por hectare/ano. Este número é significativamente maior do que a incorporação de carbono por reflorestamento que atinge, em média, 3 toneladas de matéria orgânica por hectare/ano. Desta forma, pode-se produzir com as microalgas a mesma quantidade de matéria orgânica que vegetais superiores, porém, em uma área muito menor (16).

### **Modo de Produção do Biodiesel de Microalgas**

As microalgas possuem produção contínua, ou seja, não apresentam regime de safra e sua coleta pode ocorrer diariamente. Para seu cultivo podem ser utilizados resíduos de outras produções, como águas residuais contendo resíduos orgânicos de processos industriais (18) e também dejetos provenientes da suinocultura, sem precisar, portanto da adição de adubos químicos (9). Fontes de nutrientes como o nitrogênio e fósforo podem ser obtidas pelas microalgas em esgotos domésticos e industriais para o seu crescimento. Ao absorver nutrientes provenientes destes efluentes, as microalgas realizam a purificação destes, evitando que sejam lançados no ambiente, prevenindo a eutrofização e consequências danosas como

anoxia, ou surgimento de espécies potencialmente tóxicas (16).

Atualmente os métodos mais utilizados para produção das algas são por meio da utilização de tanques abertos chamados de *raceway ponds*, como mostrado nas Figuras 1 e 2, ou através dos fotobiorreatores tubulares fechados (Figura 3). O primeiro geralmente é constituído por canais de recirculação independente, com cerca de 20-30 cm de profundidade, este método utiliza uma metodologia menos dispendiosa comparado aos fotobiorreatores em termos de custos, construção e manutenção (7). Geralmente são

construídos em concreto, fibra de vidro, policarbonato, com fundo de terra ou revestido com material plástico, sendo as culturas constantemente agitadas (19). Os *raceway ponds*, podem ser construídos em uma única unidade ou em várias unidades operadas em conjunto, sendo a agitação provida por pás giratórias ou injeção de ar (20). Como desvantagem, o sistema está sujeito a flutuações diárias e sazonais da temperatura, evaporação e perdas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, além da contaminação por microrganismos que se alimentam de algas a qual afeta a eficiência da produção de algas (7).



Figura 1. Campo de produção de algas tanques abertos. Fonte: (1)



Figura 2. Tanques individuais de *raceway pond*. Observar pás de agitação. Fonte: (7).

Já os fotobiorreatores consistem em matrizes de tubos transparentes que são montados e alinhados em postos, e normalmente são feitos de plástico, PET, acrílico ou vidro. Os tubos são coletores solares que geralmente possuem 10 cm de diâmetro ou menos. O cultivo em fotobiorreatores proporciona uma série de vantagens com ótimos intervalos de parâmetros que favorecem o crescimento das espécies, ausência de contaminação, além de criar condições propícias de luminosidade à produção de microalgas que constituirão a matéria-prima para a produção de biomassa. Além de consumirem pouca água, os fotobiorreatores ocupam pouco espaço, pois os tubos são estendidos verticalmente produzindo centenas de vezes mais do que

algumas plantações no mesmo espaço, não precisando derrubar mata nativa (18).

São várias as vantagens que os fotobiorreatores apresentam sobre os tanques abertos, visto que, oferecem melhor controle das condições de cultivo e parâmetros de crescimento (pH, agitação), previnem a evaporação, reduzem perdas de CO<sub>2</sub>, oferecem um ambiente mais seguro e protegido, minimizam ou previnem a contaminação por microrganismos competidores. Porém, possuem suas limitações, como possibilidade de superaquecimento, entupimento e a acumulação de oxigênio, além do alto custo de instalação, funcionamento e manutenção do cultivo (21).



**Figura 3.** Produção de biodiesel através de fotobiorreatores fechados. Fonte: (6)

Os fotobiorreatores devem ser construídos para serem resistentes contra os efeitos ambientais (chuva, vento, sol, insetos etc.), de acordo com o microclima local e apresentar sistema de refrigeração. Ainda, devem apresentar agitação constante para que as algas permaneçam suspensas maximizando o aproveitamento luminoso. Reatores bem projetados podem garantir um sistema bem equilibrado e cultivar algas com baixo risco de efeitos externos indesejados (22).

#### **Extração e Obtenção do Biodiesel**

Para realizar uma extração eficaz do óleo contido no interior das células, é necessário rompê-las (7). Sendo assim, a extração de óleos das microalgas se dá pelo uso de solventes orgânicos como clorofórmio e metanol, entre outros, que são caros, tóxicos e inflamáveis (16). O processamento da extração do óleo da microalga é iniciado por meio da separação da suspensão sólido-líquido, como floculação, centrifugação ou filtração, e pode ser realizada de cinco diferentes formas, sendo elas: extração enzimática, choque osmótico, prensagem, extração por solventes e extração fluída



supercrítica (23). Este processamento pode ser laboratorial ou industrial.

Na extração enzimática ocorre um ataque de enzimas que degradam as paredes celulares da microalga e em seguida a água adicionada atua como um solvente. No choque osmótico a pressão osmótica é reduzida, causando a ruptura das paredes das células das microalgas, liberando o óleo e as proteínas, por exemplo. (23). A prensagem de óleo é o método mais comum por ser mais econômico, na qual 75% do óleo podem ser extraídos. O método com solvente hexano (combinado com a prensagem) extrai até 95% do óleo das algas, onde, a prensa extrai o óleo e 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 para líquido ou para o estado gasoso, nesse ponto, o dióxido de carbono é misturado às algas, transformando-as totalmente em óleo (1).

A partir dos lipídios extraídos das microalgas, é possível a obtenção de biodiesel pelo processo de transesterificação, como ocorre com a soja. Para se fabricar um litro de biodiesel são necessários em média cinco quilogramas de microalgas (23).

### **Perspectivas Futuras**

E como está o Brasil na corrida de competição pelo mercado dos biocombustíveis? O Brasil é um país com muitas vantagens, principalmente pela sua tradição em já produzir outros tipos de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel de oleaginosas, entretanto apenas a tradição não basta. É necessário fazer o aporte de recursos significativos e contínuos para o desenvolvimento de tecnologias de produção massiva de microalgas e extração de lipídios. O país também não conta com mão-de-obra qualificada suficiente para desenvolver um

“pacote tecnológico” completo em curto ou médio prazo (16). De acordo com este autor, além de investimentos, precisa-se urgentemente iniciar treinamentos de pessoal e estabelecer o intercâmbio científico entre os poucos grupos de pesquisa existentes no Brasil. Além disso, é necessário fazer da pesquisa sobre as microalgas um programa de Estado que envolva governo, pesquisadores e empresários no estabelecimento de uma tecnologia competitiva, sustentável e que não cause impactos ambientais (16).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O esgotamento das reservas petrolíferas e as emissões de gases que têm favorecido o aquecimento global são temas que vêm sendo discutidos em todo o mundo. O biodiesel produzido com microalgas além de ser uma das melhores alternativas para garantir a disponibilidade de combustíveis, representa também a possibilidade de redução das emissões de dióxido de carbono e que, com a realização da fotossíntese poderá retirar o CO<sub>2</sub> em excesso do ar. A substituição dos combustíveis tradicionais por biocombustíveis apresenta não somente benefícios ambientais, mas também político-econômicas, ou seja, torna as nações mais independentes dos combustíveis fósseis esgotáveis. Como principal vantagem em relação aos vegetais, as microalgas apresentam a possibilidade de serem cultivadas utilizando águas residuais (impróprias para uso), assim como em pequenas áreas com luz solar, CO<sub>2</sub> em quantidade suficiente não comprometendo assim áreas de cultivo utilizadas para alimentação humana. Sendo assim, os biocombustíveis obtidos por meio de microalgas representam claramente uma alternativa promissora para o futuro. No entanto, o grande desafio atual está ligado à necessidade de reduzir os custos de produção para que esta fonte energética se torne economicamente viável relativamente aos combustíveis tradicionais e se torne acessível ao consumidor.



**Juliana Aparecida Homiak, Carina Moresco.**

*Endereço para correspondência: Rua Bela Vista, 572, Lar  
Paraná.*

*Campo Mourão-PR.  
87305-080*

*E-mail: julianahomiak@hotmail.com*

*Recebido em 13/12/2012*

*Revisado em 07/05/2013*

*Aceito em 17/06/2013*

## REFERÊNCIAS

- (1) DEFANTI, L. S.; et al. Produção de biocombustíveis a partir de algas fotossintetizantes. **Bolsista de Valor. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, Campo dos Goytacazes, v. 1, p. 11-21, 2010.
- (2) LEE, D. H. Algal biodiesel economy and competition among bio-fuels. **Bioresource Technology**, Philadelphia, v. 102, p. 43-49, 2011.
- (3) AHMAD, A. L.; et al. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Philadelphia, v. 15, p. 584-593, 2011.
- (4) FRANCO, P. F. Biodiesel, Glicerol e Microorganismos. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2011>>. Acesso em: 16 mar. 2012.
- (5) MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Setorial 31, p. 253-280, 2009. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2012.
- (6) CARVALHO, R. M. **Desenvolvimento e análise energética do processo de obtenção do biodiesel de microalga por metanólise in situ**. 2010. 85f.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2010.
- (7) ANTUNES, R.; SILVA, I. C. Utilização de Algas para a Produção de Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.marcasepatentes.pt/files/collections/>> Acesso em: 15 set. 2012.
- (8) ANP, Agência Nacional do Petróleo. Biocombustíveis, 2010. Disponível em: <[www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 15 mar. 2012.
- (9) MINARÉ, R. Disponível em: <[www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)>. Acesso em: 17 mar. 2012.
- (10) BARSANTI, L.; GUALTIERI, P. **Algae: Anatomy, Biochemistry and Biotechnology**. London: Taylor & Francis, 2006.
- (11) ESCANDIUZZI, F. Estudo de microalgas para produção de combustível. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/producao-biodiesel-microalgas-pesquisada-petrobras-15-03-09.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2012.
- (12) SUAREZ, P. A. Z.; et al. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 768-775, março. 2009.

- (13) REYNOL, F. O biodiesel que vem da água aguarda produção em escala industrial. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 20, p. 6-8, 2008.
- (14) PEDROTTI, E. Microalgas podem ser usadas para produzir biodiesel. Agroinforme-CCA. Informativo do Centro de Ciências Agrárias da UFSC. Disponível em: <<http://www.cca.ufsc.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2012.
- (15) TEIXEIRA, V. L. **Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil**. Brasília: Editora MS, 2010.
- (16) ABREU, P. C. Microalgas e Biocombustíveis: Entre o sonho e a realidade. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 19, n 115, p. 25-26, Setembro/Outubro. 2009.
- (17) BORGES, L.; et al. Potencial de absorção de carbono por espécies de microalgas usadas na aquicultura: primeiros passos para o desenvolvimento de um “mecanismo de desenvolvimento limpo”. **Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG**. Atlântica, Rio Grande, RS, 2007.
- (18) HOLANDA, L. R.; et al. O diesel complementado com o biodiesel de microalgas: uma análise sob a ótica da teoria dos jogos. Disponível em: <<http://www.excelenciaemgestao.org>>. Acesso em: 18 maio 2012.
- (19) DERNER, R. B.; et al. Microalgas, Produtos e Aplicações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1959-1967, 2006.
- (20) BORGHETTI, I.A. **Avaliação do crescimento da microalga *chlorella minutíssima* em meio de cultura com diferentes concentrações de manipueira**. 2009. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos). Universidade Federal do Paraná, 2009
- (21) PEQUENO, M. A.G. **Avaliação do potencial produtivo de óleos obtidos a partir de microalgas por cromatografia gasosa**. 2010. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB, 2010.
- (22) BOCSI, R.; et al. Extration Examinations of Microalgae Propagated for Biodiesel Additives. **University of Pannonia**, Departament the Chemical Engineering Science. v. 39. 2011.
- (23) KOWALSKI, S. C. **Análise da viabilidade técnica econômica do cultivo de microalgas para produção de biodiesel estudo de caso Paranaguá – Estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologias) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC. Curitiba-PR, 2010.