

Cultivo de microalgas utilizando resíduos agroindustriais para a produção de biocombustíveis: perspectivas e desafios

ORTENZIO, Ygor Tadeu
AMARAL, Gustavo Garcia do
ALMEIDA, Sara dos Santos
OLIVEIRA, Eláiny Cristina A. Martins de

Resumo

O setor energético exige uma grande demanda por recursos naturais, sendo de suma importância o uso de fontes renováveis para geração de energia. Em vista disso, este artigo teve como objetivo apresentar uma visão a respeito do cultivo de microalgas para a produção de biocombustíveis. O uso das microalgas como fonte viável de biomassa tem causado grande expectativa neste setor, apresentando vantagens como a não competição com alimentos e grande potencial no uso em biorremediação e biofertilização. Além disso, tem a capacidade de produzir uma alta gama de combustíveis, como metano, biodiesel e etanol.

Palavras-chaves: Microalga; Biocombustível; Energia; Produção.

Abstract

The energy sector requires a great demand for natural resources, making the use of renewable sources for power generation extremely important. In view of this, this article aimed to present a vision of the microalgae cultivation for the production of biofuels. The use of microalgae as a viable source of biomass has caused great expectation in this sector, with advantages such as no competition with food and great potential using in bioremediation and biofertilization. Moreover, it has the ability to produce a high range of fuels such as methane, biodiesel and ethanol.

Key-words: Microalgae; Biofuel; Energy; Production.

Resumen

El sector de la energía requiere una gran demanda de recursos naturales, haciendo el uso de fuentes renovables para la generación de energía extremadamente importante. En vista de esto, este artículo tuvo como objetivo presentar una visión del cultivo de microalgas para la producción de biocombustibles. El uso de microalgas como fuente viable de biomasa ha causado gran expectativa en este sector, con ventajas como la no competencia con los alimentos y un gran potencial en el uso de la biorremediación y biofertilización. Además, tiene la capacidad de producir una alta gama de combustibles tales como metano, biodiesel y etanol.

Palabras-clave: Microalga; Biocombustibles; Energía; Producción.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com questões ambientais tem se tornado cada vez mais evidentes, isto porque os processos produtivos da atualidade exploram demasiadamente os recursos naturais, provocando danos ao meio ambiente e a escassez desses recursos (BARCELLOS *et al.*, 2009, p. 33; ARAUJO *et al.*, 2012, p. 1).

O setor energético é um dos que mais demandam recursos naturais, segundo projeções U. S. Energy Information Administration (EIA), publicadas no relatório International Energy Outlook 2010, o consumo mundial total de energia aumentará cerca de 49% entre 2007 e 2035. Diante desse cenário, é de suma importância que se busque a diversificação da matriz energética mundial por meio do uso de fontes renováveis de geração de energia ou através de processos que aliem o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental (SCHMITZ *et al.*, 2012 p. 48).

Deste modo, os biocombustíveis surgem como uma opção que se ajusta a esse processo de desenvolvimento sustentável, uma vez que são produzidos a partir de fontes de energia renováveis, contribuindo para a diminuição dos impactos ao meio ambiente e proporcionando uma alternativa promissora para diversificar o setor energético (ARAUJO *et al.*, 2012, p. 1).

Entre as possibilidades para a produção de biocombustíveis, o uso das microalgas como fonte viável de biomassa tem causado grande expectativa no setor de bioenergia (FRANCO *et al.*, 2013, p. 437). Estes micro-organismos fotossintetizantes são utilizados em aquicultura, para produção de suplemento alimentar e também para a extração de compostos de alto valor comercial, além disso, também possuem potencial para uso em biorremediação e biofertilização, bem como para a produção de vários tipos diferentes de biocombustíveis (CHISTI, 2007, p. 294), incluindo o metano, biodiesel, bio-hidrogênio, bio-óleo e o bioetanol, por meio de diversos processos (FRANCO *et al.*, 2013, p. 437).

Apesar de apresentar vantagens, como a não competição com alimentos e a possibilidade de serem cultivadas em vários locais, o cultivo de microalgas para biocombustíveis apresenta-se hoje como uma tecnologia cara e pouco competitiva. Desse modo, é necessário que se aprimore os processos envolvidos na produção de biomassa de microalgas de modo a consolidar o uso dessa tecnologia (TAHER, 2013, p. 19).

O cultivo autotrófico é o mais usado no cultivo de microalgas, principalmente quando a produção é em larga escala. Contudo, várias espécies podem ser cultivadas tanto em processos autotróficos, heterotróficos e mixotróficos (VIERIRA *et al.*, 2014, p. 3478). Em vista disso, uma forma de reduzir os custos é a utilização de resíduos agroindustriais como fonte nutriente para o cultivo de microalgas. Entre os resíduos com grande potencial para essa finalidade destacam-se a vinhaça e as águas residuárias.

2. MICROALGAS

As microalgas compõem um grupo muito heterogêneo de organismos. São organismos unicelulares autotróficos predominantemente aquáticos, que crescem tanto em ambientes de água doce ou

salgada, podendo formar colônias, e apresentar pouca ou nenhuma diferenciação celular (SCHMITZ *et al.*, 2012 p. 49).

Para a manutenção de suas estruturas, as microalgas podem utilizar diferentes metabolismos energéticos, como a fotossíntese, respiração e fixação/assimilação de nitrogênio, o que as destaca como organismos únicos com um grande potencial de aplicação tecnológica.

As microalgas possuem ampla capacidade de desenvolvimento em ambientes com baixos níveis de nutrientes, gerando uma biomassa muitas vezes rica em ácidos graxos, proteínas e carboidratos (PEREIRA *et al.*, 2013, p. 2013), cuja composição apresenta cerca de 50% de carbono, o que faz com que o fornecimento deste nutriente aos cultivos seja um componente importante dos custos de produção (VONSAHK, 1997, p. 13)

A composição bioquímica das microalgas, concentração total de proteínas, lipídeos e carboidratos, podem variar com as espécies e com as condições de cultivo, como a intensidade da luz, temperatura, nutrientes, agitação, pH e fase de crescimento (BROWN *et al.*, 1997, p. 320; MIAO e WU, 2004, p. 87)

O grande destaque destes organismos microscópicos é a sua enorme capacidade de produzir biomassa por unidade de área e tempo. Além disso, algumas espécies armazenam grandes quantidades de óleo, o que faz com que elas possam ser economicamente exploradas em diversos campos (CAMPOS, BARBARINO e LOURENÇO, 2010, p. 340). Em 1950 teve início a utilização das microalgas como fonte de alimentos e de substâncias biologicamente ativas (AZEREDO, 2012, p. 10). Já em 1960 iniciou-se seu uso em escala comercial com o gênero *Chlorella* e a partir de 1970 as microalgas passaram a ser destinadas a aquicultura e outros fins biotecnológicos, incluindo a produção de biocombustíveis (SPOLAORE *et al.*, 2006, p 88).

Atualmente, as espécies de microalgas mais cultivadas no mundo são: *Chlorella* sp. e *Spirulina* sp., utilizadas principalmente para a suplementação alimentar; *Dunaliella salina*, fonte de caroteno e *Haematococcus pluvialis*, para produção e processamento de astaxantina (Azeredo, 2012, p. 14).

Entre os biocombustíveis que podem ser obtidos a partir de microalgas destacam-se: o biogás, a partir da biodigestão anaeróbia da biomassa microalgal; o biodiesel, a partir do óleo da microalga, e o bio-hidrogênio gasoso produzido fotobiologicamente (TAHER, 2013, p. 23). Sendo que a produção de biodiesel, a partir dessa biomassa, tem ganhado cada vez mais atenção por apresentar uma série de vantagens. Segundo Azeredo (2012, p. 16), quando comparado com a produção a partir de culturas tradicionais de plantas oleaginosas, a produção a partir da biomassa de microalgas apresenta as seguintes vantagens:

- Podem ser cultivadas em áreas não utilizáveis pela agricultura, portanto, áreas desérticas, semiáridas e degradadas podem ser utilizadas para o seu cultivo;
- Devido à característica anterior o cultivo de microalgas para a produção de biocombustíveis não competiria com a produção de alimentos, um dos principais pontos contra a expansão da produção das culturas tradicionais. Além disso, o cultivo de microalgas não ocasionaria um aumento no desmatamento, outro ponto importante contra as culturas tradicionais;

- As microalgas apresentam rendimentos, tanto em termos de biomassa quanto em produção de óleo, muito superiores aos das principais culturas para a produção de biodiesel, por exemplo. O limite inferior de rendimento de óleo (em litros /ha) das microalgas é cerca de 65% maior do que a cultura terrestre com maior rendimento, que é a palma.

- Além disso, as microalgas podem ser utilizadas para mitigar emissões de gases de efeito estufa de fontes estacionárias, como usinas térmicas à combustível fóssil.

3. SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MICROALGAS

As exigências nutricionais de cada tipo de microalga determinam a forma de cultivo das mesmas, podendo ser cultivadas em cultura autotrófica, heterotrófica e mixotrófica (VIÊGAS, 2010, p. 44).

A produção de biomassa a partir de microalgas, para sua posterior utilização na produção de biocombustíveis, consiste de várias etapas até o produto final. A primeira etapa é o cultivo realizado em sistemas aberto ou fechado e tem, como principais insumos de produção, energia solar, água CO₂ e outros nutrientes como nitrogênio e fósforo. Como o crescimento das microalgas (em termos de aumento do número de células) é muito rápido, a "colheita" da biomassa é feita quase que diariamente. Essa coleta da biomassa ocorre em um sistema, que geralmente apresenta duas etapas, e existem diversas opções tecnológicas para cada uma delas (AZEREDO, 2012, p. 4).

No cultivo autotrófico, as microalgas são fotossintetizantes e utilizam a luz como fonte de energia e o CO₂ do ar como fonte de carbono para sintetizar suas biomoléculas. Embora apresente eficiência com a incidência de luz sobre a cultura de microalgas, este tipo de cultivo pode ocasionar uma redução do crescimento das mesmas, por consequência da limitação da luz, pela alta densidade celular, ou o seu excesso (fotoinibição) (VIÊGAS, 2010, p. 44).

O cultivo desses micro-organismos apresenta várias características interessantes quando comparado à cultura dos vegetais superiores, uma vez que possuem maior eficiência fotossintética e podem ser cultivadas em condições que seriam adversas a culturas convencionais (regiões desérticas; águas degradadas, salinas ou salobras, entre outras). Além disso, são eficientes na fixação de CO₂ (dióxido de carbono) e possuem produtividade maior em biomassa seca quando comparada com espécies vegetais (TAHER, 2013, p. 23).

Outro tipo de cultivo é o heterotrófico, que se difere do primeiro pelo fato das microalgas utilizarem compostos orgânicos (glicerol, glicose e acetato) como fonte de energia e carbono. Apresenta como vantagem o maior controle do processo de cultivo e o baixo custo na colheita de biomassa (FRANCO *et al.*, 2013, p. 437; VIÊGAS, 2010). No cultivo mixotrófico atuam o metabolismo autotrófico e heterotrófico, fazendo com que microalga assimile de forma simultânea o CO₂ e a fonte de carbono fornecida a ela (FRANCO *et al.*, 2013, p. 437).

Os sistemas de cultivo de microalgas incluem fotobiorreatores, lagoas e tanques abertos. Grande parte das microalgas, atualmente está sendo cultivada em lagoas e tanques abertos, sendo considerada a

forma de cultivo mais natural, pela sua suscetibilidade à variações de parâmetro como temperatura, luminosidade e qualidade do ar. Por outro lado, apresenta como desvantagem o maior risco de contaminação, visto que não fazem o uso de um sistema de controle eficiente, sendo introduzidas de forma inevitável espécies indesejáveis, reduzindo assim o rendimento do processo (AZEREDO, 2012 p. 30; VIÊGAS, 2010, p. 35; FRANCO *et al.*, 2013, p. 437).

4. RESÍDUOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE MICROALGAS

A geração de resíduos na indústria é um problema crescente, sendo muitos deles não possuem destinação adequada. Alguns desses resíduos possuem potencial para ser reutilizados em outros processos industriais, a exemplo do cultivo de microalgas, onde alguns resíduos ricos em matéria orgânica podem ser usados como fonte de nutrientes.

A formulação de meios de cultivo baseados em resíduos diversos se mostra uma saída eficiente para diminuir os custos de produção de microalgas. Para a produção de 1000 litros de cultivo são gastos em torno de R\$ 28,02. Por outro lado, com a utilização de efluentes o custo com a formulação de meios de cultivo é mínimo, sendo o maior gasto com a logística e transporte desses resíduos até os locais de produção (MIYAWAKI, 2014, p. 32).

A vinhaça, por exemplo, que é o principal resíduo gerado do processo de destilação do caldo fermentado da cana de açúcar, e que pode acarretar uma série de problemas para o meio ambiente. Como uma das medidas que podem minimizar os efeitos deste subproduto das usinas de álcool esta o seu uso como agente de fertirrigação, destinando seu uso como adubo nas lavouras de cana de açúcar (CORTEZ, 1992, p.1 46). Apesar dessa alternativa de destinação sempre ter sido vista como viável, existe um risco considerável de saturação do solo e contaminação do lençol freático, (SILVA, 2007, p 108).

Sendo assim, outra possibilidade para o uso da vinhaça pode ser o cultivo de microalgas, segundo Oliveira (2011, p. 72), a utilização da vinhaça como substrato para crescimento das microalgas representa um desafio biotecnológico, em razão da elevada carga de nutrientes que este resíduo apresenta, e por sua elevada quantidade gerada durante a produção de álcool. O uso de microalgas pode representar uma nova alternativa para o tratamento da vinhaça, tendo por base que são produzidos em média 10 litros de vinhaça por cada 1 litro de álcool.

Outros resíduos que podem ser utilizados no cultivo de microalgas são efluentes provenientes de atividades industriais como a criação e abate de bovinos, suínos e aves e até mesmo os efluentes domésticos, visto que esses efluentes podem constituir parte de meios de cultura utilizados na produção de biomassa microalgal.

5. CONCLUSÃO

As microalgas representam uma importante alternativa para a geração de energia, além de proporcionar maior independência das fontes de combustíveis fósseis utilizadas atualmente, a exemplo do petróleo, elas são capazes de diminuir os impactos ao meio ambiente reduzindo os níveis de poluição.

Contudo, para que o uso da biomassa de microalgas realmente seja visto como vantajoso e viável do ponto de vista comercial, é necessário que se façam melhorias quanto aos sistemas de cultivos. As formas de condução desse cultivo podem ser autotrófica, heterotrófica e mixotrófica, o mais utilizado atualmente é cultivo autotrófico, porém a geração de biomassa por meio dele deixa muito a desejar. Desse modo, o cultivo heterotrófico apresenta a vantagem de gerar um volume de biomassa muito maior e ainda tem a possibilidade de utilizar resíduos como fonte nutricional.

Alguns dos resíduos mais utilizados são as águas residuárias de diversas atividades industriais, como do abate de bovinos e aves e também de dejetos suínos. Outro resíduo que se destaca é vinhaça, que atualmente, representa um sério problema no setor agrícola por não possuir uma destinação final satisfatória.

Deste modo, o uso desses resíduos no cultivo de biomassa de microalgas para a produção de biocombustíveis tem grande potencial.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. P.; DA PAZ, G. M.; DE OLIVEIRA, Y. L.; LEITE, C. H. P. *Estudo da viabilidade de microalgas para produção de biodiesel*. VII CONEPI. Piauí, 2012.

AZEREDO, V. B. S. *Produção de Biodiesel a partir do cultivo de microalgas: estimativa de custos e perspectivas para o Brasil*. 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

BARCELLOS, F. C.; OLIVEIRA, J. C.; CARVALHO, P. G. M. Investimento ambiental em indústrias sujas e intensivas em recursos naturais e energia. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, v. 12, p. 33-50, 2009.

BROWN, M. R.; JEFFREY, S. W.; VOLKMAN, J. K.; DUNSTAN, G. A. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*. v. 151 p. 315-331, 1997.

CAMPOS, V. B.; BARBARINO, E.; LOURENÇO, S. O. Crescimento e composição química de dez espécies de microalgas marinhas em cultivos estanques. *Ciência Rural*, v. 40, n. 2, p. 339-347, 2010.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. *Biotechnol. Adv.* 2007, 25, 294. Disponível em: <[http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2012\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2012).pdf)>. Acesso em 15 Maio 2015.

CORTEZ, L. *et al.* Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. *Revista Brasileira de Energia*, v. 2, n. 2, pp. 111-146, 1992.

FRANCO, A. L. C.; LÔBO, I. P.; CRUZ, R. S. Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. *Química Nova*, v. 36, n. 3, p. 437-448; 2013.

bioenergia em revista: diálogos, ano 5, n. 1, p. 58-65, jan./jun. 2015.

ORTENZIO, Ygor Tadeu; AMARAL, Gustavo Garcia do; ALMEIDA, Sara dos Santos;

OLIVEIRA, Eláiny Cristina A. Martins de

Cultivo de Microalgas utilizando resíduos agroindustriais para a produção de biocombustíveis: perspectivas e desafios

MIAO, X.; WU, Q. High yield bio-oil production from fast pyrolysis by metabolic controlling of *Chlorella protothecoides*. *Journal of Biotechnology*, v. 110, p.85-93, 2004.

MIYAWAKI, B. *Purificação de biogás através de cultivo de microalgas em resíduos agroindustriais*. Tese (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

OLIVEIRA, M. Vinhaça alternativa - Resíduo da produção de etanol pode ser usado para produzir biodiesel. *Revista Pesquisa Fapesp*, v. 186, p. 71-73, 2011.

PEREIRA, C. M. P.; HOBUSS, C. B.; MACIEL, J. V.; FERREIRA, L. R.; DEL PINO, F. B.; MESKO, M. F. Biodiesel renovável derivado de microalgas: avanços e perspectivas tecnológicas. *Química Nova*, vol. 35, N. 10, 2013-2018, 2012.

SPOLAORE, P.; JOANNIS-CASSEN, C.; DURAN, E.; ISAMBERT, A. Commercial applications of microalgae: *Review*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 101, n. 2, p. 87-96, 2006.

TAHER, D. M. *Biodiesel de microalgas cultivadas em dejetos suíno biodigerido*. 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais). Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2013.

TOMASELLI, L. Morphology, Ultrastructure and taxonomy of *Arthrospira* (*Spirulina*) *maxima* and *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*. IN: VONSAHK, A. *Spirulina platensis* (*Arthrospira*) *Physiology, cell-biology and biotechnology*. London: Taylor & Francis, 1997, p. 1-16.

VIÊGAS, C.V. *Extração e caracterização dos lipídeos da microalga Chlorella pyrenoidosa visando à produção de ésteres graxos*. 2010. Dissertação (Mestrado). Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande, 2010.

VIEIRA, T. Q.; FERREIRA, W. B.; ARAÚJO, H. W. C.; CUNHA, T. H. C. S.; VIDAL, I. C. A.; MELO, D. J. N. Estudo da viabilidade do uso de resíduos líquidos no cultivo da microalga *Chlorella* sp visando a produção de biocombustíveis. *Revista Monografias Ambientais – REMOA*, v. 13, n. 4, p. 3477-3490, 2014.

ZCHMITZ, R.; MAGRO, C. M.; COLLA, L. M. Aplicações ambientais de microalgas. *Revista CLATEC – UPF*, vol. 4 (1), p.48-60, 2012.

bioenergia em revista: diálogos, ano 5, n. 1, p. 58-65, jan./jun. 2015.

ORTENZIO, Ygor Tadeu; AMARAL, Gustavo Garcia do; ALMEIDA, Sara dos Santos;

OLIVEIRA, Eláiny Cristina A. Martins de

Cultivo de Microalgas utilizando resíduos agroindustriais para a produção de biocombustíveis: perspectivas e desafios

1 Ygor Tadeu ORTENZIO é graduando em Engenharia Biotecnológica pela Fundação Universidade Federal do Tocantins, UFT, Brasil.

2 Gustavo Garcia do AMARAL é graduando em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela Fundação Universidade Federal do Tocantins, UFT, Brasil.

3 Sara dos Santos ALMEIDA é graduanda na Fundação Universidade Federal do Tocantins no curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia trabalhando como bolsista na área de imunologia.

4 Eláiny Cristina A. Martins de OLIVEIRA é Mestre em Agroenergia pela Universidade Federal do Tocantins, Professora na Universidade Federal do Tocantins e Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede Bionorte.