

CHORUME COMO FONTE DE NUTRIENTE NA PRODUÇÃO DA BIOMASSA MICROALGAL

LEACHATE AS A SOURCE OF NUTRIENT IN THE PRODUCTION OF MICROALGAE BIOMASS

Najla Postau¹; Leila Cristina Konradt Moraes²; Rosa Maria Farias Asmus³

- 1 Mestre em Bioenergia. Universidade Estadual de Maringá, 2018. Graduada em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Umuarama, PR. najla.postau@live.com.
- 2 Doutora em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2009. Professora dos cursos de Engenharia Ambiental e Química Industrial. Dourados, MS. leilackm@yahoo.com.br.
- 3 Doutora em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, 2004. Professora do curso de Engenharia Ambiental. Dourados, MS. rosa_asmus@yahoo.com.br.

Recebido em 12/04/2019; Publicado em 09/03/2020

RESUMO: A biomassa de microalgas tem apresentado potencial para produção de biodiesel, contudo a viabilidade do cultivo de microalgas depende de fonte de nutrientes de baixo custo. O presente estudo objetivou utilizar o chorume como fonte de nutrientes para microalgas. Os experimentos foram conduzidos visando avaliar a obtenção da biomassa microalgal, conversão de lipídios e rendimento em ésteres metílicos de ácidos graxos, para os meios de cultivos utilizando 5%, 12% e 20% de chorume, com concentrações de 0,02, 0,05 e 0,08 g N. L⁻¹ e para meio de controle contendo 1% de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), na concentração de 20 g L⁻¹, 5 g L⁻¹ e 20 g L⁻¹, respectivamente. A microalga utilizada neste trabalho foi a de classe Chlorophyceae e família Coccomyxaceae. Os resultados demonstraram que o meio com concentração de 12% de chorume obteve melhores resultados, possibilitando alcançar 1,19 g de biomassa, conversão de 108,15 mg g⁻¹ de lipídios e conteúdo de ésteres de 410,77 mg g⁻¹, a microalga utilizada apresentou ainda predominância dos ácidos graxos palmítico e oleico, apresentando baixa quantidade de ácidos graxos saturados o que pode fornecer ao combustível, resistência ao frio. E tais aspectos demonstraram que o chorume pode ser uma fonte promissora de nutrientes para o cultivo das microalgas estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Chlorophyceae. Biomassa Microalgal. Nutriente alternativo. Chorume.

ABSTRACT: Microalgae biomass has presented potential for biodiesel production, however the viability of microalgae cultivation depends on low cost nutrient source. The present study aimed to use leachate as a source of nutrients for microalgae. The experiments were conducted to evaluate the microalgal biomass, lipid conversion and yield in fatty acid methyl esters, for the culture media using 5%, 12% and 20% leachate, with concentrations of 0.02, 0.05 and 0.08 g N. L⁻¹ and for control medium containing 1% Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K), at a concentration of 20 g L⁻¹, 5 g L⁻¹ and 20 g L⁻¹, respectively. The microalgae used in this work was Chlorophyceae class and Coccomyxaceae family. The results showed that the medium with a concentration of 12% of leachate obtained better results, allowing to reach 1.19 g of biomass, conversion of 108.15 mg g⁻¹ of lipids and esters content of 410.77 mg g⁻¹. The microalgae used also presented predominance of palmitic and oleic fatty acids, presenting low amount of saturated fatty acids which can provide the fuel with cold resistance. And these aspects demonstrated that the leachate can be a promising source of nutrients for the cultivation of the studied microalgae.

KEYWORDS: Chlorophyceae. Microalgal biomass. Alternative Nutrient. Leachate.

1 INTRODUÇÃO

A maior parte do biodiesel fabricado mundialmente é produzido a partir de óleos vegetais comestíveis. A utilização desse tipo de matéria-prima pode impactar negativamente a produção de alimentos, encarecendo seu valor de mercado (GEBREMARIAM e MARCHETTI, 2018).

A fabricação de biocombustíveis a partir de óleo residual de fritura ou gordura animal, apesar de não causar impactos na produção de alimentos, ainda exige a superação de alguns desafios. A presença significativa de ácidos graxos saturados na gordura animal dificulta sua utilização em temperatura ambiente, ao mesmo tempo em que confere propriedades ruins, em baixas temperaturas, ao biodiesel obtido a partir dela (AHMAD *et al.*, 2011).

Pesquisas que visam a obtenção de biodiesel a partir da extração de óleo de algas vêm sendo cada vez mais intensificadas. Com base nos principais produtores mundiais, estima-se que a produção atual de biomassa algal seja de 38 milhões de litros anuais, concentrados principalmente na China, Japão, Taiwan, Estados Unidos e Índia. Tendo em vista, que o teor médio de óleo em algas é de 30%, considera-se um potencial de 11,4 milhões de litros para a produção de biodiesel (FRANCO *et al.*, 2012).

A utilização da biomassa de microalgas como matéria-prima na produção de biodiesel apresenta grande potencial, pois é rica em lipídios e o rendimento de óleo por hectare, de algumas espécies, é consideravelmente maior que em culturas oleaginosas tradicionais (MATA; MARTINS; CAETANO, 2010; SUN *et al.*, 2019).

Uma das dificuldades encontradas para o desenvolvimento dos estudos é produzir biocombustíveis de algas em quantidade significativa, a

partir de fontes de nutrientes de baixo custo (PATIL *et al.*, 2017).

O potencial das águas residuais como fonte de nutrientes para o cultivo de microalgas, vem sendo estudado, visando a avaliação da influência dos teores de nutrientes no meio de cultivo e a sua relação com o teor de lipídios (SUTHAR e VERMA, 2018). Dentre os efluentes que podem ser utilizados como nutriente tem-se o chorume, e este é originado devido à degradação de resíduos e percolação de água no aterro, com a precipitação (KAMARUDDIN *et al.*, 2015).

A composição do chorume é variável e depende de fatores como a composição dos resíduos, precipitação, variação sazonal do tempo e a idade do aterro (RENOU *et al.*, 2008). E se tratando da composição, a amônia é um contaminante predominante no chorume, que quando descartado de modo errôneo, pode acarretar grave poluição ao meio ambiente (MIAO *et al.*, 2019).

As microalgas são capazes de realizar a depuração do chorume, o que possibilita a reciclagem de nutrientes como nitrogênio e fósforo, e a biomassa resultante pode ainda ser utilizada para obtenção de carboidratos, lipídios e produção de biodiesel (HERNÁNDEZ-GARCÍA *et al.*, 2019; WU *et al.*, 2018).

Pesquisas a fim de elencar as variedades mais produtivas de microalgas, ou seja, com alto teor de óleo para a obtenção de biodiesel, ainda são necessárias. De acordo com Bicudo e Menezes (2010), estudos revelaram dados relacionados a algumas famílias de algas encontradas no Brasil, dentre elas, algumas no Mato Grosso do Sul, podendo ser citadas *Chlorophyceae*, *Charophyceae*, *Cryptophyceae*, *Synurophyceae*, *Xanthophyceae* e *Cyanophyceae*.

Diversos tipos de lipídios são produzidos pelas microalgas e a distribuição destes nas células depende da espécie, assim como das condições de cultivo (FRANCO *et al.*, 2012). Além disso, a técnica de extração é fundamental, não apenas em relação ao rendimento, mas também para a obtenção de um óleo de qualidade.

Por mais que o processo de valoração de resíduos seja uma grande preocupação, a escassez de pesquisas que avaliem a aplicação de efluentes para o cultivo de microalgas gera a necessidade de mais estudos para identificar a potencialidade da produção de biodiesel a partir dessa fonte. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização de chorume como nutriente para microalgas. Para tal, foi considerado o efeito de diferentes concentrações de chorume, na produtividade de microalgas e rendimento de lipídios.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A microalga utilizada de classe *Chlorophyceae* e família *Coccomyxaceae* foi utilizada de estudos anteriores, realizados na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. O chorume foi cedido por aterro de resíduos sólidos da localidade de Dourados-MS. Como materiais foram utilizados nitrogênio, fósforo e potássio (N:P:K) (20:5:20 g L⁻¹) cedido por empresa de fertilizantes da localidade de Dourados-MS, clorofórmio (Vetec, 99%), metanol (Vetec, 99%PA), cloreto férrico hexaidratado (Synth), hidróxido de sódio (Synth), hexano (Vetec, 98,5%PA) e água destilada (obtida da instituição).

2.1 MEIO DE CULTIVO

Os cultivos foram realizados em escala de bancada, mantido em sistema estático, não estéril, com aeração

constante, temperatura ambiente e fotoperíodo 12 h, claro/escuro. A quantificação de nitrogênio (N) presente no chorume, foi realizada por meio do método fotocolorimétrico (APHA, 1998). As concentrações dos meios de cultivo foram determinadas a partir dos resultados preliminares citados por Jarenkow (2014), com concentrações de 5, 12 e 20% de chorume (C 5%, C 12% e C 20%). Os valores escolhidos representam a adição de 0,02 g L⁻¹, 0,05 g L⁻¹ e 0,08 g L⁻¹ de nitrogênio nos meios.

Os meios contendo diferentes concentrações de chorume foram conduzidos separadamente e em triplicata, e cada um deles foi acompanhado por um meio de controle (comparativo), utilizando como nutriente, 1% de N:P:K (20:5:20 g L⁻¹), e estes foram denominados como N:P:K₅ quando conduzido junto ao meio de C 5%, N:P:K₁₂ cultivado junto ao meio de C 12% e por fim N:P:K₂₀ que foi cultivado no mesmo momento que o meio de C 20%. Totalizando 6 cultivos que foram realizados em três momentos distintos.

A determinação de densidade celular foi realizada através de contagem em câmara de Neubauer, conforme descrito por Ansilago e colaboradores (2016).

2.2 RECUPERAÇÃO DA BIOMASSA MICROALGAL

Ao término de cada ensaio, 30 dias de cultivo, foi realizado o processo de coagulação/floculação/sedimentação para a separação da biomassa. O agente coagulante utilizado foi o cloreto férrico hexaidratado (FeCl₃.5H₂O), na concentração de 0,75 g L⁻¹. A agitação foi realizada manualmente por 2 min. Seguido por sedimentação (1 h) e filtração (Filtro comercial de poliéster). Posteriormente a secagem das amostras a 60 °C foi realizada em estufa convencional, até o peso constante.

2.3 EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS

Para a determinação do teor de lipídios nas microalgas foi utilizado o método de Bligh e Dyer, adaptado por D'Oca e colaboradores (2011). A biomassa microalgal seca (0,050 g) foi adicionada a tubos de ensaio contendo 1,5 mL de clorofórmio:metanol. A amostra foi encaminhada ao ultrassom durante 20 min. Após concluída a sonificação, a amostra foi colocada em centrífuga, a 2000 rpm, durante 3 min.

Esse procedimento foi executado 3 vezes para cada amostra. Uma alíquota de 3,5 mL da mistura contendo clorofórmio:metanol foi adicionada a um tubo de ensaio

Por fim, as amostras foram então encaminhadas à estufa, para completa evaporação do solvente a 60 °C, a amostra foi então diluída em *n*-hexano com adição do padrão interno éster tricosanóico, conforme descrito por Trevisan, Branco e Arroyo (2018).

2.3.1 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

A composição da fração lipídica foi determinada por cromatografia gasosa (GC) usando o equipamento Thermo Scientific - Focus GC, San Jose, CA, (USA) equipado com uma coluna capilar SUPELCOWAX 10 (30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura). A composição da fração lipídica foi calculada em percentagem, e determinada pelas áreas dos picos. As condições de trabalho foram com temperaturas do injetor (split 1:20) e detector (flame ionization detector) mantidas constantes a 250 °C. A temperatura do forno iniciou em 130 °C, foi mantida assim por 1 min, e posteriormente elevada a 170 °C numa razão de 7 °C min⁻¹. Outra elevação de 170 a 215 °C foi realizada a 3 °C min⁻¹ e a temperatura foi mantida por 12 min. Finalmente, uma última elevação foi realizada de 215 para 250 °C a 20 °C

min⁻¹. O gás de arraste, hidrogênio, foi mantido a uma taxa constante de 1,0 mL min⁻¹.

2.4 TRANSESTERIFICAÇÃO DIRETA (TD) DA BIOMASSA MICROALGAL

O rendimento e a análise do perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos foram realizados conforme Hartman e Lago adaptado para microescala por Antoniosi e Lancas (1995).

De forma resumida, foi utilizada 0,2 g de biomassa microalgal, adicionaram-se 3,0 mL de solução 0,5 mol L⁻¹ de hidróxido de sódio em metanol e aqueceu-se por 10 min em banho-maria a 90 °C. A mistura foi resfriada foram adicionados 9,0 mL da mistura esterificante. Aqueceu-se novamente a mistura por 10 min. a 90 °C, após ser resfriada foram adicionados 5,0 mL de hexano e 2,0 mL de água destilada. Para o cálculo do teor dos ésteres da biomassa microalgal retirou-se 1 mL da fase hexânica, obtida via TD e transferiu-se para frasco Eppendorf.

O solvente foi evaporado a temperatura ambiente até a massa de ésteres metílicos de ácidos graxos atingir peso constante. O cálculo foi realizado conforme a Equação 1.

$$ET(\%) = \frac{Et}{M} * 100 \quad (1)$$

em que: ET= ésteres totais [%], Et = massa de ésteres obtida [g], M = Massa de biomassa microalgal utilizada [g].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PRODUTIVIDADE DE MICROALGA

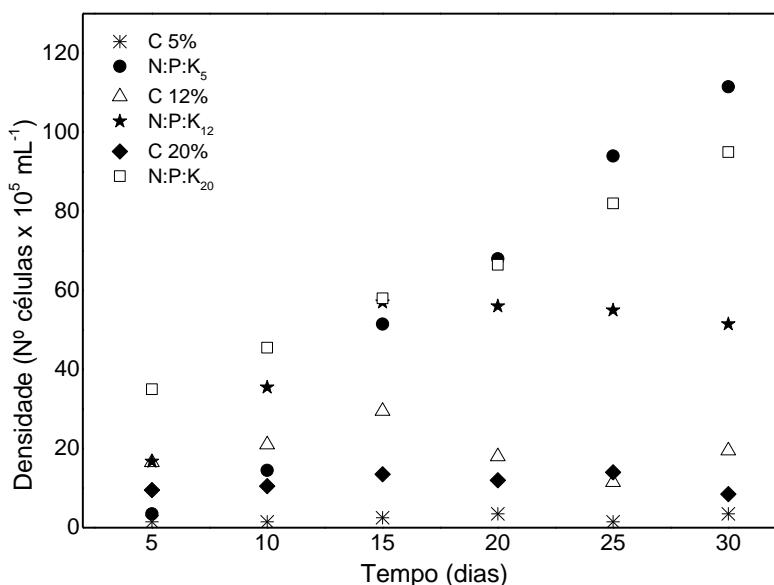
Os dados obtidos através dos cultivos com adição de 5% de chorume (C 5%), 12% de chorume (C 12%) e 20% de chorume (C 20%) e os meios de controle com

o nutriente N:P:K (20:5:20 g L⁻¹) 1% estão apresentados na Figura 1.

A cultura de microalgas obteve maior crescimento celular através dos meios utilizados como controle (N:P:K, 5, 12 e 20), sendo que os controles N:P:K₅ e N:P:K₂₀ apresentaram crescimento constante no

decorrer do tempo avaliado. Com relação aos meios contendo o chorume como nutriente, pode-se observar maior crescimento para a cultura com C 12% seguido pelo meio com C 20%, sendo ainda observado menor desempenho para o meio com concentração de C 5%.

Figura 1- Densidade celular ao longo do tempo obtida para os experimentos com 5, 12 e 20% de chorume



Fonte - Próprio autor.

Apesar dos meios de cultivos utilizando o controle terem apresentado melhor desempenho (Figura 1), vale salientar que o chorume é um rejeito que não possui valor agregado e que demonstrou potencialidade para o cultivo de microalgas, apresentando seus melhores resultados na concentração de 12%, em relação aos experimentos realizados. A Tabela 1 traz os valores referentes à biomassa microalgal obtida nos experimentos

O menor valor observado com relação à obtenção de biomassa foi para o cultivo em C 5%, tal resultado pode indicar que pouca quantidade de nutrientes estava disponível no meio, em estudo conduzido por Srinuanpan e colaboradores (2018) foi observado que o nitrogênio é um nutriente importante para a

proliferação de microalgas e tem grande impacto sobre seu crescimento.

Tabela 1 - Biomassa microalgal obtida após 30 dias de cultivo

Amostra	Média±dp
C 5%	0,14±0,01 ^a
NPK ₅	0,86±0,03 ^b
C 12%	1,19±0,34 ^b
NPK ₁₂	1,26±0,01 ^b
C 20%	0,99±0,03 ^b
NPK ₂₀	0,75±0,08 ^{ab}

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa (p<0,05)

Fonte - Próprio autor.

O cultivo com C 12% possibilitou a obtenção de maior quantidade de biomassa, e a adição do chorume para os demais cultivos não influenciou o aumento da biomassa ($p > 0,05$). As microalgas foram capazes de remover os nutrientes contidos no chorume. Contudo, uma quantidade excessiva de nitrogênio pode causar toxicidade às microalgas (PRAVEEN *et al.*, 2018), este fator associado à redução da passagem da luz, devido a maior concentração de chorume ao meio de C 20%, pode ter corroborado para a obtenção de biomassa semelhante a partir dos meios com C 12% e C 20%.

Os pesquisadores Cavalcanti e colaboradores (2014) relataram o cultivo em fotobiorreatores da microalga *Chlorella vulgaris* e obtiveram cerca de 1,3587 g, que quando comparado com os valores obtidos no presente trabalho (1,19 g) com adição de 12% de chorume, mostram-se aproximados. Dessa forma, entende-se que a aplicação do chorume como nutriente pode trazer resultados satisfatórios para a produção da microalga estudada.

3.2 CONTEÚDO LIPÍDICO

Através da biomassa de microalga foi realizada a extração de lipídios, a Tabela 2 apresenta o rendimento de lipídios.

Tabela 2 - Comparativo do rendimento de lipídios

Amostra	Biomassa Microalgal (g)	Teor de Lipídios (mg)	Rendimento de Lipídios (mg g^{-1})
C 5%	0,0512 \pm 0,0012	1,10 \pm 0,15	21,48 \pm 3,01 ^a
NPK ₅	0,0509 \pm 0,0011	1,40 \pm 0,14	27,50 \pm 2,85 ^{ab}
C 12%	0,0515 \pm 0,0003	5,57 \pm 0,66	108,15 \pm 13,93 ^c
NPK ₁₂	0,0515 \pm 0,0006	3,77 \pm 0,47	73,20 \pm 9,21 ^c
C 20%	0,0524 \pm 0,0002	3,50 \pm 0,40	66,79 \pm 7,69 ^{bc}
NPK ₂₀	0,0509 \pm 0,0012	4,87 \pm 0,32	95,68 \pm 8,49 ^c

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$)
Fonte - Próprio autor.

Através do rendimento de lipídios é possível comparar os resultados obtidos para os meios com diferentes concentrações de chorume. Assim, como o esperado o meio contendo concentração 12% de chorume foi o que apresentou melhores resultados (108,15 mg g^{-1}), com relação ao rendimento por biomassa, sendo inclusive semelhante ao comparativo utilizado (N:P:K). Devido aos resultados obtidos o meio cultivado com 12% de chorume, foi escolhido para produção de ésteres.

Com relação à composição dos ácidos graxos encontrados na microalga estudada, esta se mostrou composta principalmente dos ácidos graxos palmítico, oleico e linolênico, o que pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição em ácidos graxos da Microalga

Ácido Graxo	Área relativa (%)
Cáprílico (C8:0)	0,45
Cáprico (C10:0)	0,81
Láurico (C12:0)	0,33
Mirístico (C14:0)	0,94
Palmítico (C16:0)	25,79
Palmitoléico (C16:1)	2,30
Margárico (C17:0)	0,69
Estearico (C18:0)	1,87
Oleico (C18:1)	18,29
Linoléico (C18:2)	13,04
Linolênico (C18:3)	17,12
Araquídico (C20:0)	2,18
Behênico (C22:0)	1,75
Lignocérico (C24:0)	0,42
ni	14,06

ni-não identificado
Fonte - Próprio autor.

O ácido graxo predominante na microalga foi o palmítico (25,79%), semelhante ao relatado em estudo de Renuka e colaboradores (2017). Entre os ácidos graxos saturados, o que geralmente predomina nas microalgas é o palmítico, variando entre 2,9 e 63 %, resultado que corrobora com o obtido neste trabalho (VIEGAS, 2010).

A quantidade de ácido linoléico é principalmente alta em espécies como da classe *Chlorophyceae* (BASOVA, 2005). Dessa forma, esses se destacam por grandes percentagens na microalga estudada, apresentando 13,04% do ácido linoléico e 14,12% do ácido linolênico, em sua composição.

A composição de ácidos graxos na espécie de microalga avaliada é composta majoritariamente por ácidos graxos insaturados e minoritariamente de ácidos graxos saturados. As insaturações reduzem a viscosidade do biodiesel e melhoram as propriedades de ponto de entupimento de filtro a filtro (TREVISAN *et al.*, 2018). A alta porcentagem de ácidos graxos insaturados, presente na composição do biodiesel de microalgas, pode facilitar a oxidação do biodiesel obtido, e a menor quantidade em ácidos graxos saturados obtidos pode indicar resistência do combustível ao frio (FARIA 2013), sendo esta uma característica de interesse para o produto obtido.

3.3 OBTENÇÃO DE ÉSTERES ATRAVÉS DA FRAÇÃO LIPÍDICA

A Tabela 4 apresenta as massas e as porcentagens do teor de ésteres totais obtidos através da transesterificação direta da biomassa de microalga do meio de cultivo com a concentração de 12% de chorume.

Ao comparar os resultados obtidos neste estudo com os obtidos por Menezes e colaboradores (2013) para a microalga *Chlorellaceae* e para a soja, considerando o rendimento de ésteres, observa-se que as duas

microalgas apresentaram rendimentos semelhantes e superiores ao da soja, o que demonstra potencialidade para a produção e biodiesel.

Tabela 4 - Porcentagem de ésteres obtidas da biomassa microalgal cultivada com 12% de chorume

Ésteres Totais (mg)	Ésteres Totais (%)	Ésteres Totais (mg g ⁻¹)
86,67±3,88	40,46±0,29	410,77±3,88

Fonte - Próprio autor.

Segundo os pesquisadores Chen e colaboradores (2015) a transesterificação direta é preferencialmente aplicada, pois permite a obtenção de alto rendimento de ésteres e procedimentos relativamente simples e eficientes para obter biodiesel à base de microalgas.

4 CONCLUSÃO

A maior quantidade de biomassa dentre os cultivos utilizando chorume como fonte de nutrientes, foi obtida com a concentração de C 12%. Para essa mesma condição, foi possível obter também maior porcentagem lipídica. Demonstrando que o chorume na concentração de 12% apresenta potencial para o cultivo de microalgas, possuindo nutrientes fundamentais mínimos para o seu desenvolvimento. O controle utilizado com NPK 1%, apresentou quantidade de biomassa semelhante ($p > 0,05$) ao obtido utilizando chorume como nutriente, o que aponta o emprego do chorume, antes considerado um rejeito, uma fonte de nutriente financeiramente atraente e ambientalmente correta.

O rendimento de ésteres de ácidos graxos obtidos através da microalga estudada foi superior ao da soja, comparando os resultados deste trabalho com a literatura. Assim, para a produção de biodiesel, o resultado obtido torna o processo realizado atrativo. O baixo índice de ácidos graxos saturados no biodiesel

de microalga indica resistência do combustível ao frio, sendo esta uma característica desejável. Assim, conclui-se que a utilização do chorume como nutriente para produção de microalgas com a finalidade de obtenção de biodiesel se mostrou promissora, principalmente por se tratar de um rejeito, possibilitando a remediação do efluente e a produção de um biocombustível.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, A. L. *et al.*. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 584-593, 2011.
- AMERICAN Public Health association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed., Washington, DC.
- ANTONIOSI F. N. R.; LANCAS, F. M. Identification of FAMES using ECL values and a three-dimensional Kováts retention index system. **Journal of High Resolution Chromatography**, v. 18, p. 167-170, 1995.
- BASOVA, M. M. Fatty acid composition of lipids in microalgae. **International Journal on Algae**, 2005.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Introdução: As algas do Brasil. In: FORZZA, R. C., org., *et al.*
- BRUM, S. A. A.; ARRUDA, F. L.; REGITANO-D'ACRE, B. A. M. Extraction methods and quality of the lipid fraction of vegetable and animal samples. **Química Nova**, vol. 32. SP, 2009.
- CAVALCANTI, F. V. *et al.*. Cultivo da Microalga *Chlorella Vulgaris* em Fotobiorreator de Placas Planas e Produção de Ésteres por Transesterificação In Situ, 2014.
- CHEN, C. *et al.*. Biodiesel production from wet microalgae feedstock using sequential wet extraction/transesterification and direct transesterification processes. **Bioresource Technology**, v. 195, p.179-186, 2015.
- D'OCA, M. G. M. *et al.*. Production of FAMES from several microalgal lipidic extracts and direct transesterification of the *Chlorella pyrenoidosa*, 2011.
- FARIA, D. R. F. Desenvolvimento de Metodologias Analíticas Alternativas por Cromatografia Gasosa para Análise de Biodiesel. 2013.
- FRANCO, A. L. C. *et al.*. Biodiesel de Microalgas: Avanços e desafios. **Química Nova**, Vol. 36, 2012.
- GEBREMARIAM, S. N.; MARCHETTI, J. M. Economics of biodiesel production: Review, **Energy Conversion and Management**, v.168, p. 74-84, 2018.
- GOMES, R. M. M. Produção de Biodiesel a partir da Esterificação dos Ácidos Graxos obtidos por Hidrólise de Óleo Residual de Peixe. Brasil, 2009.
- HERNÁNDEZ-GARCÍA, A. *et al.*. Wastewater-leachate treatment by microalgae: Biomass, carbohydrate and lipid production, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.174, p.435-444, 2019.
- INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 49-60. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0.
- JARENKOW, A. Estudo da produção e extração de lipídios na microalga *Chlorella* sp. Porto Alegre, 2014.
- KAMARUDDIN, M. A. *et al.*. Sustainable treatment of landfill leachate, **Applied Water Science**, v. 5, p. 113-126, 2015.
- MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14(1): p. 217-232, 2010.
- MENEZES, S. R. *et al.*. Avaliação da Potencialidade de Microalgas Dulcícolas como Fonte de Matéria-Prima Graxa para a Produção de Biodiesel. 2013.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul e a FUNDECT (FUNDECT/CNPq/UEMS N° 01/2015).

- MIAO, L. *et al.*. Recent advances in nitrogen removal from landfill leachate using biological treatments – A review, **Journal of Environmental Management**, v. 235, p.178-185, 2019.
- PATIL, P. D. *et al.*. Biodiesel fuel production from algal lipids using supercritical methyl acetate (glycerin-free) technology, **Fuel** 195, 201–207, 2017.
- PRAVEEN, P. *et al.*. Enhancing microalgae cultivation in anaerobic digestate through nitrification, **Chemical Engineering Journal**, v. 354, p. 905-912, 2018.
- RENOU, S. *et al.*. Landfill leachate treatment: Review and opportunity, **Journal of Hazardous Materials**, v. 150, p. 468-493, 2008.
- RENUKA, N. *et al.*. Evaluating the potential of cytokinins for biomass and lipid enhancement in microalga *Acutodesmus obliquus* under nitrogen stress, **Energy Conversion and Management** 140, 14–23, 2017.
- SRINUANPAN, S. *et al.*. Strategies to increase the potential use of oleaginous microalgae as biodiesel feedstocks: Nutrient starvations and cost-effective harvesting process, **Renewable Energy**, v.122, p.507-516, 2018.
- SUN, J. *et al.*. Microalgae biodiesel production in China: A preliminary economic analysis, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.104, p.296-306, 2019.
- SUTHAR, S.; VERMA, R. Production of *Chlorella vulgaris* under varying nutrient and abiotic conditions: A potential microalga for bioenergy feedstock, **Process Safety and Environmental Protection** 113, 141–148, 2018.
- TEIXEIRA, C. M.; MORALES, M. E. Microalga como matéria-prima para a produção de biodiesel. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006, Brasília. Anais do I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, Brasília, DF: MCT/ABIPTI, p.91-96, 2006.
- TREVISAN, E.; BRANCO, K. B. Z. R.; ARROYO, P. A. Transesterificação direta da microalga *Chlorella Vulgaris* produzida em efluentes domésticos utilizando diferentes solventes e temperaturas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.7, p. 423-440, 2018.
- VIÊGAS, V. C. Extração e caracterização dos lipídeos da microalga *Chlorella pyrenoidosa* visando à produção de ésteres graxos. Rio eGrande, Brasil, 2010.
- WU, K. *et al.*. The potential of foodwaste leachate as a phycoremediation substrate for microalgal CO₂ fixation and biodiesel production, **Water Remediation, Energy Management and Sustainable Development**, doi:10.1007/s11356-018-1242-9, 2018.