

UNIVERSIDADE SALVADOR - UNIFACS

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIO-ÓLEOS UTILIZANDO A BIOMASSA DA
MICROALGA *PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM* PRODUZIDA COM GLICEROL
BRUTO E ÁGUA PRODUZIDA**

Yasmim Porto Rabelo ¹, (MSc) Jamila Sueira de Jesus Silva ², Gabriele Marques
Dos Santos ³, (MSc) Ingrid Rocha Texeira⁴, (MSc) Ravena Maria de Almeida
Medeiros⁴, (MSc) Jadson dos Santos França⁴, (Dr.) Lucas Cardoso Guimarães^{1,5}.

¹ Faculdade de Engenharia Química, Universidade Salvador Campus Tancredo
Neves

² Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Reitor Miguel
Calmon, Canela

³ Faculdade de Farmácia, Universidade Salvador, Campus Professor Barros

⁴Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPEQ UNIFACS-UFBA),
UNIFACS Campus Tancredo Neves

E-mail: 12724134575@ulife.com.br

Salvador

2025

Resumo

As microalgas são consideradas matéria-prima atrativa para obtenção de importantes bioprodutos, como polímeros e biocombustíveis. Nesse sentido, o presente estudo avaliou o efeito do meio de cultivo na pirólise da *P. tricornutum*, comparando o meio sintético Conway com um meio alternativo composto por 15 g/L de glicerol bruto e 50% (v/v) de água produzida. Os resultados mostraram que o meio influencia significativamente a composição dos produtos da pirólise. O dióxido de carbono foi o principal componente do biogás, enquanto hidrocarbonetos leves foram detectados apenas no cultivo alternativo. Os bio-óleos apresentaram potencial como biocombustíveis e intermediários químicos, e a presença exclusiva de ácido crotônico no meio alternativo sugere que condições estressoras podem induzir a síntese de biopolímeros com aplicações industriais. Esses resultados indicam que a modificação do meio de cultivo é uma estratégia promissora para otimizar a qualidade e o valor agregado dos produtos da pirólise de biomassa de microalgas.

Palavras chave: *Microalgas; pirólise; glicerol; água produzida.*

Introdução

As microalgas são organismos unicelulares fotossintetizantes que se destacam pela elevada taxa de crescimento e pela notável capacidade de adaptação a diferentes ambientes e condições ambientais (Aliyu *et al.*, 2021). Nesse contexto, a biorremediação de resíduos industriais por meio de microalgas, como o glicerol bruto (GB), subproduto da produção de biodiesel, e a água produzida (AP), efluente oriundo da extração de petróleo, surge como uma estratégia sustentável com potencial de aplicação na indústria de combustíveis e biocombustíveis (Teixeira *et al.*, 2026). Estudo prévio demonstrou que a microalga marinha diatomácea *P. tricornutum* é capaz de crescer em condições mixotróficas utilizando meio contendo 15 g.L⁻¹ de GB e 50% (v/v) de AP (Teixeira *et al.*, 2022). Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial da biomassa obtida para processos de conversão térmica, com ênfase na pirólise, uma técnica que, na ausência ou em presença limitada de oxigênio, converte a biomassa em três frações principais: bio-óleo, biogás e biochar. Cada uma dessas frações apresenta aplicações industriais relevantes, como na produção de biocombustíveis, geração de energia e uso agrícola (Morais *et al.*, 2023).

Métodos

Produção de biomassa: A *P. tricornutum* foi cedida pelo banco de microalgas do Laboratório de Bioprospecção e Biotecnologia (LaBBiotec) do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), sendo mantidas em fotobiorreatores tipo *Erlenmeyer* de 1 L, contendo 800 mL de volume de trabalho, em câmara climática tipo BOD com fotoperíodo de 12 horas claro/12 horas escuro, iluminação de 124,87 $\mu\text{mol}/\text{fótons m}^2\text{s}^{-1}$ e temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, durante 20 dias (Morais; Costa, 2007). O ar foi utilizado para agitação das culturas, sendo previamente filtrado em lã de vidro para remoção de contaminantes. Os tratamentos consistiram em uma cultura controle (*Conway*) e um meio alternativo formado por 15 g/L de GB e 50% (v/v) de AP (AP50%) (Teixeira *et al.* 2022). Os experimentos foram realizados nas mesmas condições experimentais que o inóculo, tendo concentração inicial de $0,2 \text{ g L}^{-1}$ e os cultivos tiveram duração de 20 dias.

Pirolise e análise dos produtos: Os experimentos de pirólise foram realizados usando um reator μ Frontier Tandem Rx-3050TR acoplado a um GC/MS Shimadzu QP2020, com amostras de $\sim 250 \mu\text{g}$. A pirólise ocorreu a 550°C por 18 s sob hélio, com a amostra colocada em copos de aço inoxidável e coberta por lã de quartzo para evitar perdas. Os vapores passaram por um segundo módulo a 300°C para evitar condensação precoce. A análise foi feita em coluna SH-Rtx-5 ($60 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm} \times 0,25 \mu\text{m}$), com programa de aquecimento de 45°C (5 min) a 280°C ($5^\circ\text{C}/\text{min}$) e manutenção por 10 min. Fonte de íons e injetor a 250°C , interface a 290°C . Espectros de massa do biogás e bio-óleo foram obtidos de 40–400 m/z, e compostos identificados com base na biblioteca NIST, considerando apenas similaridade $>85\%$.

Resultados e discussões:

A caracterização do biogás gerado na pirólise lenta de *P. tricornutum* cultivada em meio controle e no AP50% é apresentada na Figura 1. A composição de biogás representou 39,06% e 41,18% dos produtos gerados na pirólise no controle e no AP50%, respectivamente. Independentemente do meio de cultivo, CO_2 foi o principal componente do gás, consistente com valores reportados na literatura. De modo geral, em baixas temperaturas ($400\text{--}500^\circ\text{C}$), o CO_2 predomina devido ao craqueamento e à reforma de moléculas contendo carbonila (C=O) e carboxila (COO^-) presentes principalmente em carboidratos e proteínas da biomassa microalgal (Morais

et al., 2023). Hidrocarbonetos leves, como isopropeno e propano, foram detectados apenas no AP50%, indicando que a alteração do meio de cultivo pode modificar a composição do biogás. Resultados semelhantes foram observados por Azizi et al. (2020), que avaliaram a pirólise das microalgas *Nannochloropsis* (NC), *Tetraselmis* (TS) e *Isochrysis galbana* (IG), relatando que o biogás foi composto principalmente por hidrogênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono, com pequenas quantidades de hidrocarbonetos leves, como metano, etano, etileno, propano e propeno.

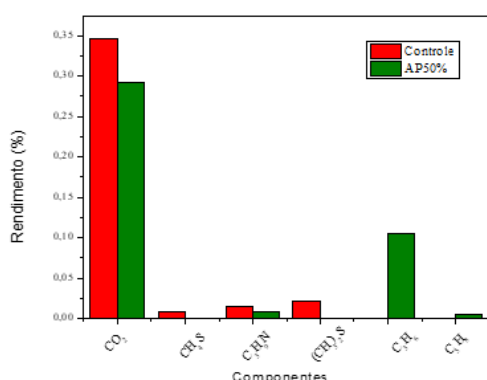


Figura 1. Composição do biogás Dióxido de carbono(CO₂); Metanotiol (CH₄S); Metilamina (C₃H₉N); Dimetilsulfeto (CH₃)₂S; Propeno (C₃H₆);Isopreno - C₅H₈

As composições químicas dos bio-óleos foram analisadas, identificando 41 componentes no controle e 50 no AP50%. A Tabela 1 apresenta os compostos com rendimento superior a 2%. De modo geral, hidrocarbonetos, compostos nitrogenados, fenóis e compostos oxigenados foram identificados como os principais componentes dos bio-óleos. As cadeias de carbono presentes variaram de C₄ a C₂₂, conferindo-lhes propriedades similares às do óleo de querosene, diesel e nafta pesada (Shirazi et al., 2020). A presença de ácido crotônico ocorreu apenas no AP50%, provavelmente devido ao estresse celular provocado pelo meio de cultivo alternativo. De forma semelhante, Spennati et al. (2023) observaram alta síntese desse ácido na fração líquida da pirólise de *Chlorella vulgaris* e *Arthrospira platensis* cultivadas em águas residuais de vinícolas, enquanto em meios convencionais o ácido não foi detectado. O estudo sugere que sua formação está relacionada ao aumento de polihidroxialcanoatos sob condições de estresse. O ácido crotônico é utilizado na

produção de copolímeros empregados em cosméticos, modelagem de cabelo, revestimentos, floculantes, adesivos e aglutinantes.

Tabela 1. Principais componentes identificados nos bio-óleos

Controle		AP50%	
Composto	(%, m/m)	Composto	(%, m/m)
Ciclopropil carbinol	5,302	Ciclopropil carbinol	5,908
1-Hexanol	4,490	Hidroxilamina	6,354
Ácido 9-hexadecenoico	2,591	9-Octadecenal, (Z)-	3,397
1-Hexeno	2,108	Ácido crotônico	2,914
Ácido octadecanoico	2,587	1-Hexanol	2,493
Ciclododecanometanol	2,261	Ácido octadecanóico	2,414

Conclusões

A pirólise lenta da *P. tricornutum* demonstrou que o meio de cultivo influencia diretamente a composição e o rendimento dos produtos obtidos. Em ambos os cultivos, o CO₂ foi o principal componente do biogás, no entanto, a detecção de hidrocarbonetos leves foi exclusivamente no meio alternativo. Os bio-óleos obtidos demonstraram potencial como biocombustíveis e intermediários químicos, e a presença exclusiva de ácido crotônico no cultivo em meio alternativo indica que condições estressoras podem induzir a síntese de biopolímeros com aplicações industriais. Esses resultados indicam que a modificação do meio de cultivo pode ser uma estratégia eficaz para otimizar a qualidade e o valor agregado dos produtos da pirólise de microalgas, contribuindo para o desenvolvimento de bioprodutos sustentáveis.

Referências bibliográficas

Aliyu, A., Lee, J. G. M., & Harvey, A. P. (2021). Microalgae for biofuels via thermochemical conversion processes: A review of cultivation, harvesting and drying processes, and the associated opportunities for integrated production. **Bioresource Technology Reports**, 14, 100676. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100676>

- Azizi, K., Keshavarz Moraveji, M., Arregi, A., Amutio, M., Lopez, G., & Olazar, M. (2020). On the pyrolysis of different microalgae species in a conical spouted bed reactor: Bio-fuel yields and characterization. **Bioresource Technology**, 311, 123561. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123561>
- Morais, M. G., & Costa, J. A. V. (2007). Biofixation of carbon dioxide by *Spirulina* sp. and *Scenedesmus obliquus* cultivated in different photobioreactor configurations. **Biochemical Engineering Journal**, 37(2), 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.04.004>
- Morais, E.G.; Silveira, J.T.; Schüller, L.M.; Freitas, B.C.B.; Costa, J.A.V.; Morais, M.G.; Ferrer, I.; Barreira, L. Biomass Valorization via Pyrolysis in Microalgae-Based Wastewater Treatment: Challenges and Opportunities for a Circular Bioeconomy. *J. Appl. Phycol.* 2023, 35, 2689–2708.
- Shirazi, Y., Viamajala, S., & Varanasi, S. (2020). In situ and Ex situ catalytic pyrolysis of microalgae and integration with pyrolytic fractionation. **Frontiers in Chemistry**, 8, Article 786. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00786>
- Spennati, E., Casazza, A. A., Converti, A., & Busca, G. (2023). Investigation on thermal pyrolysis of microalgae grown in winery wastewater: Biofuels and chemicals production. **Biomass Conversion and Biorefinery**. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04118-8>
- Teixeira, I. R., Carvalho, G. S., Barbosa, L. S., França, J. dos S., Medeiros, R. M. de A., Andrade, B. B., Souza, C. O., Silva, J. B. A. da, Assis, D. de J., & Cardoso, L. G. (2026). *Valorization of crude glycerol by microorganisms: A bibliographic and technological survey*. **Marine Pollution Bulletin**, 222, 118712.
- Teixeira, IR, Medeiros, RMA, Barbosa, LS, Carvalho, GS, França, JS, Andrade, BB, Ferreira, HS, Silva, JSJ, Santos, GM, & Cardoso, LG (2024). *Phaeodactylum tricornutum* cultivado em associação com resíduos industriais da produção de combustível: Produção de biomassa e extração de bioprodutos.

Fomento

Instituto Ânima e CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)