



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

CULTIVO E BIOFIXAÇÃO DE CO₂ POR *Chlorella* COM ADIÇÃO PERIÓDICA DE ABSORVENTE QUÍMICO

LUCINI IM^{**}, ROSA GM, MORAES L, MORAIS MG, ROSA APC e COSTA JAV^{*}

Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos
e-mails para contato: *jorgealbertovc@terra.com.br e **isabelamichel@outlook.com

RESUMO – O objetivo do trabalho foi avaliar o cultivo e biofixação de CO₂ por *Chlorella fusca* LEB 111 com adição periódica de monoetanolamina (MEA). Para isso, foram realizados ensaios em batelada alimentada com CO₂ e MEA, em fotobiorreatores tubulares verticais de 1,8 L, a 30 °C, 44,8 μmol_{fótons} m⁻² s⁻¹, fotoperíodo 12 h claro/12 h escuro, por 15 d. Assim, foi constatado que a adição periódica de MEA promoveu maior acúmulo de carbono no meio e não reduziu o crescimento.

1. INTRODUÇÃO

A demanda energética mundial por combustíveis fósseis, como o carvão mineral e petróleo, é motivo de constante preocupação devido ao contínuo aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂). Entre as tecnologias de captura de CO₂, a absorção química, com soluções de monoetanolamina (MEA), é destacada como método capaz de atingir eficiências de captura superiores a 90% do gás (Leung *et al.*, 2014). A biofixação de CO₂ por microalgas ocorre naturalmente, por meio da fotossíntese, não gera passivos tóxicos e produz bioprodutos, os quais podem gerar biocombustíveis (Dickinson *et al.*, 2017), entre outros.

O cultivo de *Chlorella* com adição periódica de nutrientes apresenta potencial destacado para produção de biomassa e biofixação de CO₂, como verificado por Vaz *et al.* (2016). A integração entre os sistemas químico e biológico foi abordado com *Scenedesmus* e *Spirulina* e adição de MEA, por Rosa *et al.* (2015) e Sun *et al.* (2015), respectivamente, alcançando aumento da biofixação de CO₂. Entretanto, há lacunas de estudos integrando o cultivo do gênero *Chlorella* e a absorção química com MEA. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a adição periódica de MEA no crescimento e biofixação de CO₂ por *Chlorella fusca* LEB 111.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Micro-organismo e meio de cultivo

O micro-organismo utilizado foi *Chlorella fusca* LEB 111, pertencente da Coleção de Culturas do Laboratório de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande. O meio de cultivo utilizado foi o BG-11 (Rippka *et al.*, 1979) no ensaio controle negativo (CN) e BG-11 isento de Na₂CO₃ nos experimentos com MEA e controle com CO₂ (CCO₂).



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

2.2. Condições de cultivo

O absorvente químico, monoetanolamina (MEA, C_2H_7NO), foi adicionada 50 mg L^{-1} a cada 3 d. Os ensaios foram realizados em duplicata, em fotobiorreatores tubulares verticais com volume útil de 1,5 L, a 30°C , fotoperíodo de 12 h claro/12 h escuro, iluminância de $44,8 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, agitação diária por injeção de ar comprimido à $0,3 \text{ vvm}$ ($v_{\text{ar}} v_{\text{\u00fasil}}^{-1} \text{ min}^{-1}$), por 15 d, em modo de batelada alimentada com CO_2 . O CO_2 foi injetado durante 1 min h^{-1} no período claro (12 h) ($0,36 \text{ mL}_{\text{CO}_2} \text{ mL}_{\text{meio}}^{-1} \text{ d}^{-1}$) (Rosa *et al.*, 2016).

2.3. Determinações Analíticas

A concentração de biomassa foi determinada por espectrofotometria (espectrofotômetro Shimadzu UV/VIS UVmini-1240, Jap\u00e3o). A alcalinidade das amostras foi determinada por titula\u00e7\u00e3o potenciom\u00e9trica e o pH por medida direta com pHmetro digital port\u00e1til (Mettler Toledo FiveGoTM, Su\u00ed\u00e7a) (APHA, 1998). A partir da alcalinidade e pH foi calculada a concentra\u00e7\u00e3o de carbono inorg\u00e2nico dissolvido (CID), seguindo as equa\u00e7\u00f5es de equil\u00edbrio demonstradas por Rosa *et al.* (2015).

2.4. Respostas Avaliadas

A m\u00e1xima concentra\u00e7\u00e3o de biomassa ($X_{\text{m\u00e1x}}$, g L^{-1}) foi o m\u00e1ximo valor do par\u00e2metro determinado. A produtividade de biomassa (P_X , $\text{mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) foi determinada de acordo com a Equa\u00e7\u00e3o 1, na qual X_t \u00e9 a concentra\u00e7\u00e3o de biomassa (mg L^{-1}) no tempo t (d) e X_0 \u00e9 a concentra\u00e7\u00e3o de biomassa (mg L^{-1}) no tempo t_0 (d) (Rosa *et al.*, 2015).

$$P_X = \frac{X_t - X_0}{t - t_0} \quad (1)$$

A velocidade espec\u00edfica m\u00e1xima de crescimento ($\mu_{\text{m\u00e1x}}$, d^{-1}) foi a inclina\u00e7\u00e3o da reta obtida, na fase logar\u00edtmica de crescimento, entre o perfil de concentra\u00e7\u00e3o de biomassa linearizado ($\ln X$) e o tempo (d). O tempo de gera\u00e7\u00e3o (t_g) foi determinado de acordo com a Equa\u00e7\u00e3o 2. A concentra\u00e7\u00e3o de CID acumulado (CID_{AC} , mg L^{-1}) foi calculada por meio da diferen\u00e7a entre o CID final e o inicial. A partir de P_X ($\text{mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$), fra\u00e7\u00e3o m\u00e1ssica de carbono na biomassa ($x_{\text{cbm}} = 0,5$), massas molares de CO_2 (MM_{CO_2} , g mol^{-1}) e carbono (MM_C , g mol^{-1}), foi poss\u00edvel calcular a taxa de biofixa\u00e7\u00e3o de CO_2 (TB , $\text{mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) (Equa\u00e7\u00e3o 3) (Toledo-Cervantes *et al.*, 2013). Com TB ($\text{mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$), volume \u00fasil dos fotobiorreatores ($V_{\text{\u00fasil}}$, L) e taxa m\u00e1ssica de CO_2 alimentada (\dot{m} , mg d^{-1}), foi calculada a efici\u00eancia de uso de CO_2 (E , % m m^{-1}) (Zhang; Kurano; Miyachi, 2002) (Equa\u00e7\u00e3o 4).

$$t_g = \ln(2) / \mu_{\text{m\u00e1x}} \quad (2)$$

$$\text{TB} = P_X x_{\text{cbm}} \frac{\text{MM}_{\text{CO}_2}}{\text{MM}_C} \quad (3)$$

$$E = \frac{\text{TB} V_{\text{\u00fasil}}}{\dot{m}} * 100 \quad (4)$$

2.5. An\u00e1lise Estat\u00edstica



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo - SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo - SP

As respostas obtidas foram comparadas por análise de variância (ANOVA), seguida por teste de Tukey, com nível de confiança de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A $X_{m\acute{a}x}$ e a $P_{m\acute{a}x}$ obtidas com MEA foram estatisticamente iguais ($p > 0,05$) aos ensaios controles (Tabela 1). Estes resultados foram superiores ao $X_{m\acute{a}x}$ (1,00, 1,16, 1,24, 1,29, 1,32, 1,52 $g L^{-1}$) e $P_{m\acute{a}x}$ (100, 100, 110 e 130 e 140 $mg L^{-1} d^{-1}$) verificadas por Duarte *et al.* (2016), cultivando a mesma cepa, em fotobiorreator tubulares verticais, condições de cultivo similares e gás de combustão simulado (10% de CO_2 , variada concentração de cinzas, NO e SO_2). A concentração de CID_{AC} obtida no ensaio com MEA foi superior ($p < 0,05$) 8,4 e 22,6 % m^{-1} em relação ao CN e CCO_2 , respectivamente.

Tabela 1 – Resultados médios da concentração de biomassa máxima ($X_{m\acute{a}x}$), produtividade máxima ($P_{m\acute{a}x}$), velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{m\acute{a}x}$), tempo de geração (t_g), concentração de carbono inorgânico dissolvido acumulado (CID_{AC}), taxa de biofixação de CO_2 máxima ($TB_{m\acute{a}x}$) e eficiência máxima de uso de CO_2 ($E_{m\acute{a}x}$), obtidos nos ensaios de *Chlorella fusca* LEB 111

Parâmetro	Com adição de MEA	Controle com CO_2	Controle negativo
$X_{m\acute{a}x}$ ($g L^{-1}$)	$2,01 \pm 0,07^a$	$1,95 \pm 0,02^a$	$2,04 \pm 0,01^a$
$P_{m\acute{a}x}$ ($mg L^{-1} d^{-1}$)	$152,4 \pm 2,9^a$	$150,4 \pm 1,3^a$	$150,5 \pm 2,6^a$
$\mu_{m\acute{a}x}$ (d^{-1})	$0,23 \pm < 0,01^a$	$0,20 \pm 0,02^b$	$0,14 \pm 0,02^c$
t_g (d)	$3,0 \pm 0,1^c$	$3,5 \pm 0,1^b$	$4,9 \pm 0,2^a$
CID_{AC} ($mg L^{-1}$)	$81,4 \pm 0,8^a$	$66,5 \pm 1,6^c$	$75,2 \pm 1,0^b$
$TB_{m\acute{a}x}$ ($mg L^{-1} d^{-1}$)	$279,4 \pm 5,2^a$	$275,8 \pm 2,0^a$	-
$E_{m\acute{a}x}$ (% $m m^{-1}$)	$43,8 \pm 0,8^a$	$43,3 \pm 0,4^a$	-

Letras minúsculas sobrescritas iguais, na mesma linha, indicam que as médias não diferem estatisticamente ao nível de 95% de confiança ($p > 0,05$).

O ensaio com MEA apresentou maior $\mu_{m\acute{a}x}$ (0,23 d^{-1}) e menor t_g (3,0 d), ambas as respostas com diferença estatística ($p < 0,05$) dos ensaios controles. Nesta condição não houve diferença significativa na $P_{m\acute{a}x}$, $TB_{m\acute{a}x}$ e $E_{m\acute{a}x}$ ($p > 0,05$) (Tabela 1). Entretanto, $P_{m\acute{a}x}$ e a $TB_{m\acute{a}x}$, obtidas com *C. fusca* LEB 111 com adição periódica de MEA, foi 90% e 4% superior, respectivamente, ao encontrado por Duarte *et al.* (2017) (80 $mg L^{-1} d^{-1}$ e 146,7 $mg L^{-1} d^{-1}$), em cultivos com a mesma cepa, em fotobiorreatores tubulares de 2,0 L e injeção de 10% de CO_2 comercial.

4. CONCLUSÃO

Diante do apresentado, foi verificado superior acúmulo de CID no meio (81,4 $mg L^{-1}$) quando monoetanolamina foi adicionado periodicamente no cultivo de *Chlorella fusca* LEB



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

111. Além disso, a produtividade de biomassa não foi reduzida neste ensaio com absorvente de CO₂. Portanto, foi possível comprovar que a adição periódica de MEA ressaltou a potencialidade da cepa estudada como bioprocessamento de produção de biomassa e mitigação de CO₂.

5. REFERÊNCIAS

- APHA. *American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed.* Washington DC., 1998.
- DICKINSON S, MIENTUS M, FREY, D, AMINI-HAJIBASHI A, OZTURK S, SHAIKH F, SENGUPTA D, EL-HALWAGI MM, A review of biodiesel production from microalgae. *Clean Technol Envir*, v. 19, n. 3, p. 637–668, 2017.
- DUARTE JH, FANKA LS, COSTA JAV, Utilization of simulated flue gas containing CO₂, SO₂, NO and ash for *Chlorella fusca* cultivation. *Bioresource Technol*, v. 214, p. 159–165, 2016.
- DUARTE JH, MORAIS EG, RADMANN EM, COSTA JAV, Biological CO₂ mitigation from coal power plant by *Chlorella fusca* and *Spirulina* sp. *Bioresource Technol*, v. 234, p. 472–475, 2017.
- LEUNG DY, CARAMANNA G, MAROTO-VALER MM, An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies. *Renew Sust Energ Rev*, v. 39, p. 426–443, 2014.
- RIPPKA R, DERUELLES J, WATERBURY JB, HERDMAN M, STANIER RY, Generic Assignments, Strain Histories and Properties of Pure Cultures of Cyanobacteria. *J Gen Microbiol*, v. 111, n. 1, p. 1–61, 1979.
- ROSA GM, MORAES L, CARDIAS BB, SOUZA MRAZ, COSTA JAV, Chemical absorption and CO₂ biofixation via the cultivation of *Spirulina* in semicontinuous mode with nutrient recycle. *Bioresource Technol*, v. 192, p. 321–327, 2015.
- ROSA GM, MORAES L, SOUZA MRAZ, COSTA JAV, *Spirulina* cultivation with a CO₂ absorbent: Influence on growth parameters and macromolecule production. *Bioresource Technol*, v. 200, p. 528–534, 2016.
- SUN Z, ZHANG D, YAN C, CONG W, LU Y, Promotion of microalgal biomass production and efficient use of CO₂ from flue gas by monoethanolamine. *J Chem Technol Biot*, v. 90, n. 4, p. 730–738, 2015.
- TOLEDO-CERVANTES A, MORALES M, NOVELO E, REVAH S, Carbon dioxide fixation and lipid storage by *Scenedesmus obtusiusculus*. *Bioresource Technol*, v. 130, p. 652–658, 2013.
- VAZ BS, COSTA JAV, MORAIS MG, CO₂ Biofixation by the Cyanobacterium *Spirulina* sp. LEB 18 and the Green Alga *Chlorella fusca* LEB 111 Grown Using Gas Effluents and Solid Residues of Thermoelectric Origin. *Appl Biochem Biotech*, v. 178, n. 2, p. 418–429, 2016.
- ZHANG K, KURANO N, MIYACHI S, Optimized aeration by carbon dioxide gas for microalgal production and mass transfer characterization in a vertical flat-plate photobioreactor. *Bioproc Biosyst Eng*, v. 25, n. 2, p. 97–101, 2002.