

CULTIVO DE *Scenedesmus actus* LEB 116 UTILIZANDO COMO FONTE DE CARBONO CO₂ RESULTANTE DA QUEIMA DO CARVÃO MINERAL PARA GERAÇÃO TERMELÉTRICA

J. H. DUARTE¹, E.G. MORAIS¹, E.M. RADMANN¹, J.A.V. COSTA¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos
E-mail para contato: jorgealbertovc@terra.com.br

RESUMO – A crescente preocupação com o aumento na concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera vem impulsionando diversas pesquisas a fim de reduzir os níveis de emissão de CO₂. O objetivo do trabalho foi utilizar CO₂ presente no gás de combustão, proveniente de termelétrica a carvão, como fonte de carbono no cultivo de *Scenedesmus actus* LEB 116. A fonte de carbono original do meio de cultivo foi substituída por CO₂ (aproximadamente 10% v/v) presente no gás de combustão. Parâmetros cinéticos dos cultivos foram avaliados, bem como a fixação diária máxima de CO₂. As maiores concentração celular máxima ($0,82 \pm 0,02 \text{ g. L}^{-1}$), produtividade máxima ($0,07 \pm 0,01 \text{ g. L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), velocidade específica máxima de crescimento ($0,14 \pm 0,01 \text{ d}^{-1}$) e o menor tempo de geração ($4,80 \pm 0,03 \text{ d}$) foram obtidos no ensaio em que a fonte de carbono foi substituída pelo CO₂ presente no gás de combustão. A máxima fixação diária obtida foi $270,02 \pm 22,1 \text{ mg.L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, demonstrando a eficiência de *Scenedesmus actus* LEB 116 em utilizar a fonte de carbono resultante da queima do carvão para geração termelétrica.

1. INTRODUÇÃO

A emissão de CO₂ para a atmosfera vem crescendo a taxa de 6,5% ao ano e é considerada a principal causa do aquecimento global (Toledo-Cervantes *et al.*, 2013). De acordo com a *International Energy Agency* (2012), a eletricidade é o setor que mais contribui para a emissão de gases poluentes. Em 2010, a queima do carvão mineral para geração de energia elétrica foi responsável por 43% das emissões mundiais de CO₂ para a atmosfera.

O carvão mineral é o combustível fóssil com maior disponibilidade mundial, totalizando 847,5 bilhões de t, suficiente para atender a produção atual por 130 anos. No Brasil, as reservas provadas estão estimadas em cerca de 7.068 milhões de t, localizadas principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE) possui unidades no Rio Grande do Sul, que utilizam a queima do carvão para a geração de energia elétrica (Morais e Costa, 2008).

Economicamente viável e ambientalmente sustentável, as microalgas vêm sendo estudadas a

fim de mitigar as emissões de CO₂ e, paralelamente, produzir biomassa para produção de biocombustíveis e outros bioprodutos. São necessários 1,83 t de CO₂ para obtenção de 1 t da biomassa microalgal (Ho *et al.*, 2010). Além disso, utilizar CO₂ presente no gás de combustão no cultivo de microalgas torna a produção de biomassa microalgal em grande escala mais econômica, visto que a fonte de carbono, em termos de quantidade, é o nutriente dominante no meio de cultivo (45-50%) (Doucha *et al.*, 2005).

Microalgas do gênero *Scenedesmus* vêm sendo amplamente estudadas devido ao seu potencial na mitigação de CO₂ (Morais e Costa, 2007; Toledo-Cervantes *et al.*, 2013; Vidyashankar *et al.*, 2013). Jiang *et al.* (2013) analisaram a espécie *Scenedesmus dimorphus*, a qual apresentou tolerância a presença de CO₂ (2 – 20%) e NO (150 – 500 ppm). Nas pesquisas realizadas por Tang *et al.* (2011) *Scenedesmus obliquus* apresentou crescimento celular em até 50% de CO₂ no meio.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi utilizar CO₂ presente no gás de combustão, proveniente de termelétrica a carvão, como fonte de carbono no cultivo de *Scenedesmus actus* LEB 116.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Micro-organismo e meio de cultivo

A microalga utilizada no estudo foi *Scenedesmus actus* LEB 116 (Figura 1), isolada de lagoas de decantação próximas a Usina Termelétrica Presidente Médici (UTPM), na cidade de Candiota, sul do Brasil (latitude 24°36'13''S e longitude 52°32'43''W). A cepa foi mantida e cultivada em meio de cultivo BG-11 modificado (Rippka *et al.*, 1979), cuja composição (g. L⁻¹) foi NaHCO₃ (0,4), NaNO₃ (1,5), K₂HPO₄ (0,04), MgSO₄.7H₂O (0,075), CaCl₂.2H₂O (0,036), citrato férrico (0,006), EDTA dissódico (0,001), Na₂CO₃ (0,02) e ácido cítrico (0,006).

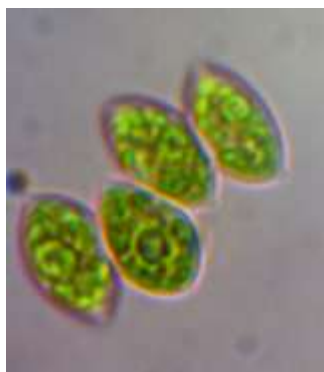


Figura 1 – *Scenedesmus actus* LEB 116.

Foi realizado ensaio controle, mantendo-se o meio de cultivo BG-11 sem alterações. Em outro ensaio, as fontes originais de carbono do meio de cultivo foram substituídas por CO₂ contido no gás de combustão, proveniente da queima do carvão para geração de Energia Elétrica na UTPM.

2.2. Condições de cultivo

Os cultivos foram realizados em fotobiorreatores fechados do tipo *erlenmeyer* de 2 L (volume útil 1,8 L), sob condições *outdoor*, cobertos por estufa de filme transparente com proteção UV. Os ensaios foram mantidos durante 10 d e a concentração celular inicial foi 0,2 g.L⁻¹. Devido à evaporação nos cultivos, foi realizada diariamente a aferição do nível de meio, através da injeção de água destilada esterilizada.

O gás de combustão foi injetado nos cultivos durante 10 min, a cada 2 h da fase clara, definida entre o período das 7 h às 19 h. Aeradores foram utilizados para injeção da corrente gasosa, aos quais foram acopladas mangueiras aspersoras (tipo cortina porosa) para melhor difusão dos gases. Antes da injeção nos cultivos, foi realizada a dessulfurização do gás de combustão, de acordo com o método proposto por Colle *et al.* (2005). A corrente gasosa foi injetada em uma coluna de H₂O₂ (10% v/v), a fim de remover o SO₂ presente no gás de combustão. A cada 2 d a solução de H₂O₂ foi renovada.

Ensaio foram realizados empregando as fontes de carbono originais do meio de cultivo (NaHCO₃ e Na₂CO₃). Nos ensaios utilizando como fonte de carbono CO₂ presente no gás de combustão, a injeção foi realizada a vazão de 90 mL. min⁻¹ de gás, equivalente a 0,05 vvm, sendo a concentração de CO₂ presente neste de aproximadamente 10% (v/v).

2.3. Determinações analíticas

Foi realizada diariamente a análise do crescimento das microalgas, através da medida da concentração de biomassa, determinada pela densidade ótica das culturas em espectrofotômetro digital (QUIMIS Q798DRM) a 670 nm. A concentração celular foi obtida através de curva padrão, relacionando massa seca e densidade ótica (Costa *et al.*, 2002). A cada 24 h foi realizada a medida do pH dos cultivos em pHmetro digital (QUIMIS Q.400H).

Os ensaios realizados foram comparados quanto à concentração celular máxima (X_{máx}), produtividade máxima (P_{máx}), velocidade específica máxima de crescimento (μ_{máx}) e tempo de geração (t_g).

A produtividade (P, g. L⁻¹. d⁻¹) foi calculada de acordo com a Equação 1, sendo X (g. L⁻¹) a concentração celular final, X₀ (g.L⁻¹) a concentração celular inicial, t (d) tempo final e t₀ tempo inicial do cultivo.

$$P = \frac{(X - X_0)}{(t - t_0)} \quad (1)$$

A velocidade específica máxima de crescimento (μ_{máx}) foi obtida por regressão exponencial na fase logarítmica de multiplicação celular e o tempo de geração (t_g) foi obtido através da Equação 2 (Bailey, 1986).

$$t_g = \frac{\ln 2}{\mu_{\max}} \quad (2)$$

O acúmulo de CO₂ fixado (FA, g CO₂) foi calculado de acordo com a Equação 3, onde X_t (g. L⁻¹) é a concentração celular no tempo t (d), X₀ (g.L⁻¹) é a concentração celular no tempo inicial, m_{cbm} (g C. g amostra⁻¹) é a fração mássica de carbono determinada na biomassa microalgal, V_{biorreator} (L) é volume de meio no biorreator, M_{CO2} (g. mol⁻¹) e M_C (g. mol⁻¹) são as massas moleculares de CO₂ e carbono, respectivamente.

$$FA = (X_t - X_0) m_{cbm} V_{biorreator} \left(\frac{M_{CO_2}}{M_C} \right) \quad (3)$$

A fixação diária de CO₂ (FD, g CO₂ fixado. g CO₂ injetado⁻¹.d⁻¹) foi calculada através da Equação 4, onde FA (t+1) é o acúmulo do CO₂ fixado no tempo t+1 (d), FA_t é o acúmulo de CO₂ no tempo t (d), m_{id} (g CO₂) é a massa de CO₂ injetada diariamente. A fixação máxima diária (FD_{max}) é a máxima fixação diária alcançada (Radmann *et al.*, 2011; Moraes e Costa, 2008).

$$FD = \frac{(FA_{(t+1)} - FA_t)}{m_{id}} \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da Tabela 1, observa-se que os maiores valores de concentração celular máxima, produtividade máxima, velocidade específica máxima de crescimento e o menor tempo de geração foram obtidos no ensaio em que a fonte de carbono foi substituída pelo CO₂ presente no gás de combustão. Microalgas isoladas de regiões próximas a fontes emissoras de CO₂, como o caso de *Scenedesmus actus* LEB 116, podem apresentar maior resistência ao gás de combustão, como consequência da pré-adaptação da cepa em seu ambiente natural, obtendo-se assim, maiores produtividades de biomassa (Poli *et al.*, 2004). Além disso, de acordo com Kumar *et al.* (2010), a presença de NO no meio de cultivo, proveniente do gás de combustão, em concentrações baixas, pode ser transformado em NO₂ e ser utilizado pelas células como nutriente. Este fato pode ter ocorrido nos cultivos de *Scenedesmus actus* LEB 116, justificando o maior crescimento celular quando utilizado gás de combustão como fonte de carbono nos ensaios.

Tabela 1 – Resultados de concentração celular máxima (X_{máx}, g. L⁻¹), produtividade máxima (P_{máx}, g. L⁻¹. d⁻¹), velocidade específica máxima de crescimento (μ_{máx}, d⁻¹), tempo de geração (t_g, d), taxa de biofixação de CO₂ (%) e fixação diária máxima de CO₂ (FD_{máx}, mg.L⁻¹.dia⁻¹) obtidos nos ensaios de *Scenedesmus actus* LEB 116

Fonte de carbono	X _{máx}	P _{máx}	μ _{máx}	t _g	Taxa de biofixação	FD _{máx}
NaHCO ₃ e Na ₂ CO ₃	0,70±0,03	0,05±<0,01	0,11±0,01	6,08±0,59	-	-
CO ₂ Gás combustão	0,82±0,02	0,07±<0,01	0,14±<0,01	4,80±0,03	53,50±1,02	270,02±22,10

Estudos anteriores mostraram que concentrações superiores a 5% (v/v) de CO₂ foram prejudiciais aos cultivos de microalgas, inibindo seu crescimento celular (Chiu *et al.*, 2008; Ho *et al.*, 2010; Yoo *et al.*, 2010). Porém, no presente estudo utilizando gás de combustão contendo, aproximadamente, 10% (v/v) de CO₂, não houve inibição no crescimento celular de *Scenedesmus actus* LEB 116. Tang *et al.* (2011), cultivaram *Scenedesmus obliquus* sob controle das condições ideais, com 10% de CO₂ (v/v), durante 14 d, alcançando crescimento celular máximo de 1,84 g. L⁻¹ e produtividade máxima de 0,15 g. L⁻¹.d⁻¹. No presente trabalho, assemelhando-se as condições reais em grande escala, não foi realizado controle de condições ideais de cultivo, tais como pH, temperatura e luminosidade. Desse modo, pode ter acarretado em valores inferiores de crescimento celular máximo e produtividade máxima de crescimento aos encontrados por Tang *et al.* (2011).

Através das curvas de crescimento celular (Figura 2) é possível observar que houve fase de adaptação (lag) de 1 d para ambos ensaios realizados. Os cultivos foram finalizados no 10º d, na fase exponencial de crescimento celular, atingindo-se concentrações celulares máximas de 0,70 e 0,82 g. L⁻¹, para as fontes de carbono NaHCO₃, Na₂CO₃ e CO₂ presente no gás de combustão, respectivamente.

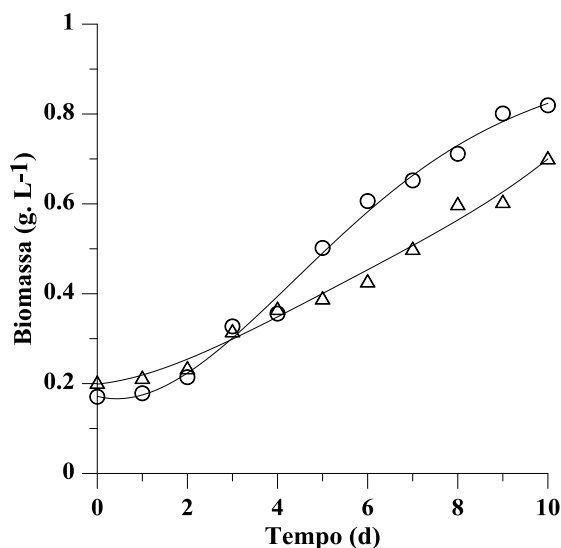


Figura 2 – Curvas de crescimento celular para *Scenedesmus actus* LEB 116 utilizando como fonte de carbono (O) CO₂ do Gás de combustão (Δ) NaHCO₃, Na₂CO₃.

De acordo com Hodaifa *et al.* (2009) microalgas do gênero *Scenedesmus* apresentam melhor crescimento em meio levemente alcalino. Analisando-se a Figura 3a, é possível observar que as maiores taxas de biofixação de CO₂ foram obtidas na faixa de pH entre 8,5 – 11. Isto pode ter ocorrido devido a *Scenedesmus actus* LEB 116 ser proveniente de lagoas alcalinas, onde há decantação de cinzas oriundas da combustão do carvão (pH entre 9,0 – 10,0).

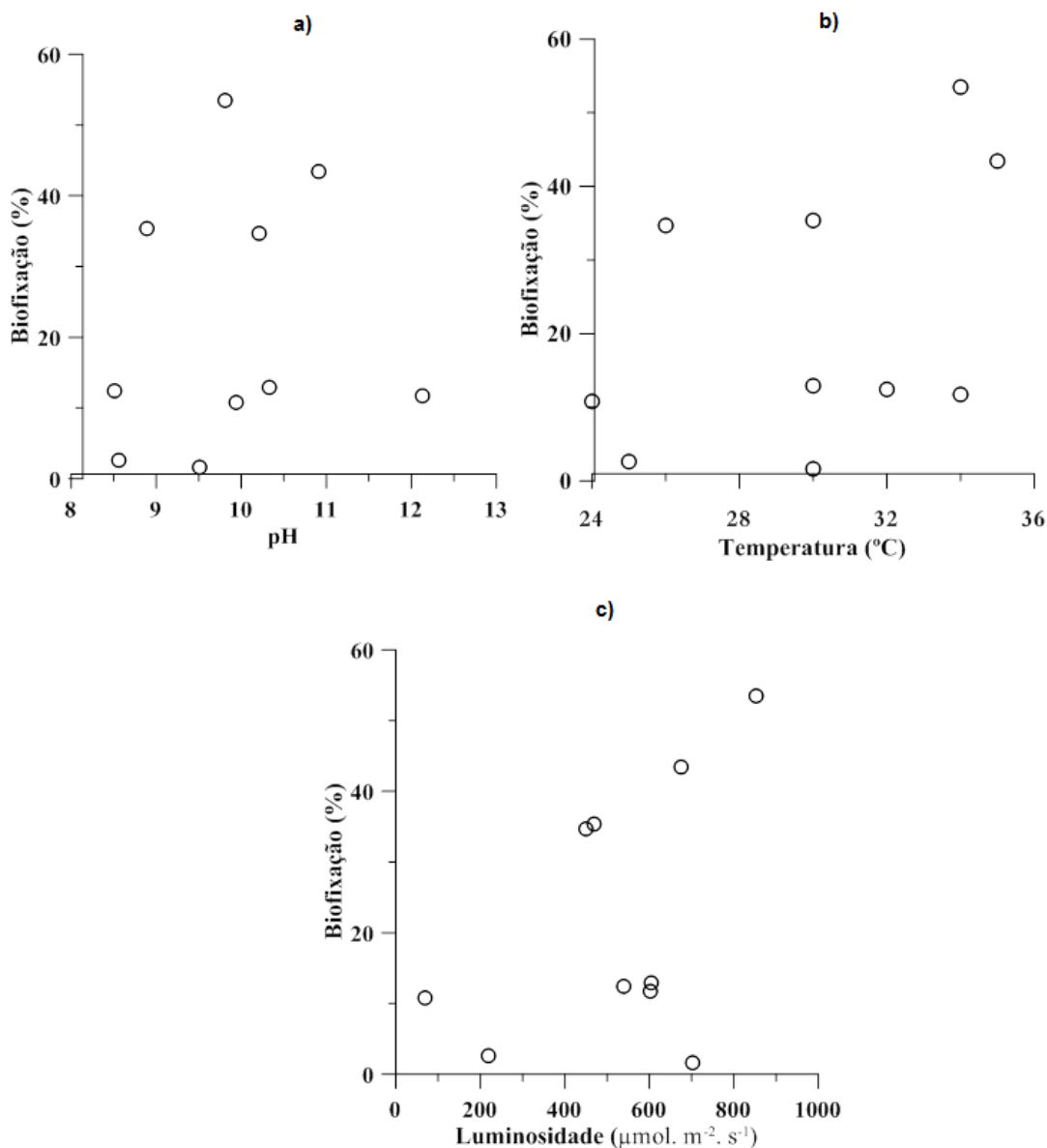


Figura 3 – Biofixação de CO₂ presente no gás de combustão pela microalga *Scenedesmus actus* LEB 116 em função: a) pH; b) Temperatura; c) Luminosidade.

Temperaturas acima de 30 °C podem ser letais para certas espécies de microalgas. Porém, para *Scenedesmus actus* LEB 116 este fato não foi observado, obtendo-se as maiores taxas de biofixação nas faixas de temperatura compreendidas entre 34 e 36 °C. A tolerância de *Scenedesmus actus* LEB 116 a temperaturas elevadas é fator importante para redução nos custos de resfriamento de gases liberados em instalações industriais, que podem ser injetados diretamente nos tanques de cultivo para

produção de biomassa e biofixação de CO₂ em grande escala (Wang *et al.*, 2008).

A luz é fator indispensável no cultivo de microalgas, pois está diretamente relacionada com a fotossíntese e, consequentemente, produção de biomassa. A partir da Figura 3c, verifica-se que as maiores taxas de biofixação de CO₂ por *Scenedesmus actus* LEB 116 foram obtidas nas maiores luminosidades (700 a 900 $\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

4. CONCLUSÃO

As maiores concentração celular máxima, produtividade máxima, velocidade específica máxima de crescimento e o menor tempo de geração foram obtidos no ensaio em que a fonte de carbono foi substituída pelo CO₂ presente no gás de combustão. A máxima fixação diária de CO₂ pela *Scenedesmus actus* LEB 116 foi $270,02 \pm 22,1 \text{ mg.L}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. A utilização de CO₂ presente no gás de combustão, proveniente de geração termelétrica, no cultivo de microalgas além de contribuir com a redução deste gás no ambiente torna a produção de biomassa de microalgas em grande escala mais econômica.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CGTEE – Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica – pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, J. E., OLLIS, D.F. *Biochemical engineering fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill; 1986.
- CHIU, S.Y., KAO, C.Y., CHEN, C.H., KUAN, T.C., ONG, S.C., LIN, C.S. Reduction of CO₂ by a high-density culture of *Chlorella* sp. in a semicontinuous photobioreactor. *Bioresour. Technol.* v. 99, p. 3389–3396, 2008.
- COLLE, S.; VANDERSCHUREN, J.; THOMAS, D. Simulation of SO₂ absorption into sulfuric acid solutions containing hydrogen peroxide in the fast and moderately fast kinetic regimes. *Chem. Eng. Sci.*, v. 60, p. 6472–6479, 2005.
- COSTA, J. A. V.; COLLA, L. M.; DUARTE FILHO, P.; KABKE, K.; WEBER, A. Modelling of *Spirulina platensis* growth in fresh water using response surface methodology. *World J. Microb. Biot.*, v. 18, p. 603–607, 2002.
- DOUCHA, J.; STRAKA, F.; LÍVANSKÝ, K. Utilization of flue gas for cultivation of microalgae *Chlorella* sp. in an outdoor open thin-layer photobioreactor. *J. Appl. Physiol.*, v. 17, p. 403–412, 2005.
- HO, S. H.; CHEN, W. M.; CHANG, J. S. *Scenedesmus obliquus* CNW-N as potencial candidate for CO₂ mitigation and biodiesel production. *Bioresour. Technol.*, v. 101, p. 8725–8730, 2010.
- HODAIFA, G., MARTÍNEZ, M.E., SÁNCHEZ, S. Influence of pH on the culture of *Scenedesmus obliquus* in olive-mill wastewater. *Biotechnol. Bioprocess Eng.*, v. 14, p.854–860, 2009.

- JIAN, Y.; ZHANG, W.; WANG, J.; CHEN, Y.; SHEN, S.; LIU, T. Utilization of simulated flue gas for cultivation of *Scenedesmus dimorphus*. *Bioresour. Technol.*, v.128, p. 359-364, 2013.
- KUMAR, A., ERGAS, S., YUAN, X., SAHU, A., ZHANG, Q., DEWULF, J., MALCATA, F.X., VAN LANGENHOVE, H. Enhanced CO₂ fixation and biofuel production via microalgae: recent developments and future directions. *Trends Biotechnol.* v. 28, p.371–380, 2010.
- MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. V. Bioprocessos para remoção de dióxido de carbono e óxido de nitrogênio por microalgas visando a utilização de gases gerados durante a combustão do carvão. *Quim. Nova*, v. 31, p. 1038-1042, 2008.
- MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. V. Isolation and selection of microalgae from coal fired thermoelectric power plant for biofixation of carbon dioxide. *Energy Convers. Manage.* v. 31, p. 1038-1042, 2007.
- POLI, C.R., POLI, A.T., ANDRATTA, E., BELTRAME, E. *Aquicultura Experiências Brasileiras*, Florianópolis: Multitarefa Editora Ltda, 2004.
- RADMANN, E. M., CAMERINI, F. V., SANTOS, T. D., COSTA, J. A. V. Isolation and application of SO_x and NO_x resistant microalgae in biofixation of CO₂ from thermoelectricity plants. *Energy Convers. Manage.*, v. 52, p. 3132-3136, 2011.
- RIPPKA, R.; DERUELLES, J.; WATERBURY, J. W.; HERDMAN, M.; STANIER, R. G. Genetic assignments, strain histories and properties of pure cultures of Cyanobacteria. *J. Gen. Microbiol.*, v. 111, p.1-61, 1979.
- TANG, D.; HAN, W.; LI, P.; MIAO, X.; ZHONG, J. CO₂ biofixation and fatty acid composition of *Scenedesmus obliquus* and *Chlorella pyrenoidosa* in response to different CO₂ levels. *Bioresour. Technol.*, v. 102, p. 3071-3076, 2011.
- TOLEDO-CERVANTES, A.; MORALES, M.; NOVELO, E.; REVAH, S. Carbon dioxide fixation and lipid storage by *Scenedesmus obtusiusculus*. *Bioresour. Technol.*, v. 130, p. 652-658, 2013.
- VIDYASHANKAR, S.; DEVIPRASAD, K.; CHAUHAN, V. S.; RAVISHANKAR, G. A.; SARADA, R. Selection and evaluation of CO₂ tolerant indigenous microalga *Scenedesmus dimorphus* for unsaturated fatty acid rich lipid production under different culture conditions. *Bioresour. Technol.*, v. 144, p. 28-37, 2013.
- YOO, C., JUN, S.Y., LEE, J.Y., AHN, C.Y., OH, H.M. Selection of microalgae for lipid production under high levels carbon dioxide. *Bioresour. Technol.* v. 101, p. S71–S74, 2010.
- WANG, B.; LI, Y.; WU, N.; LAN, C. Q. CO₂ bio-mitigation using microalgae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, v. 79, p. 707-718, 2008.