



3rd
INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

2011 - May 18-20

Brazil - Sao Paulo-SP

"CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD"



Microorganisms Growth Rate Evaluation and Proposal of Model for Biomass Production of *Haematococcus pluvialis*

Estudo da Taxa de Crescimento de Microorganismos e Proposta de Modelo para Produção de Biomassa de *Haematococcus pluvialis*

**Rosana M. Galvão^{a,b}, Tarlen S. Santana^a, Cristiano H. O. Fontes^a, and
Emerson A. Sales^a**

a. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Escola Politécnica, Laboratório de Bioenergia e Catálise (LABEC) Rua Aristides Novis, nº 2 – Federação. CEP 40210-630 Salvador, Bahia, BRASIL

São Paulo - SP - Brasil
Maio/2011

Sumário

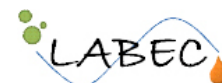
Introdução

Metodologia

Resultados e Discussão

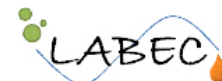
Conclusões

Referências Bibliográficas



Microalgas

- Matéria-prima para produção de biocombustíveis;
- Essencial para reduzir as emissões dos gases que provocam o efeito estufa.



Biocombustíveis

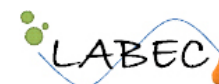
- Atualmente proveniente de plantas oleaginosas;

Tab. 1: Comparação de algumas fontes de produção biodiesel.
(Chisti, Y., 2007)

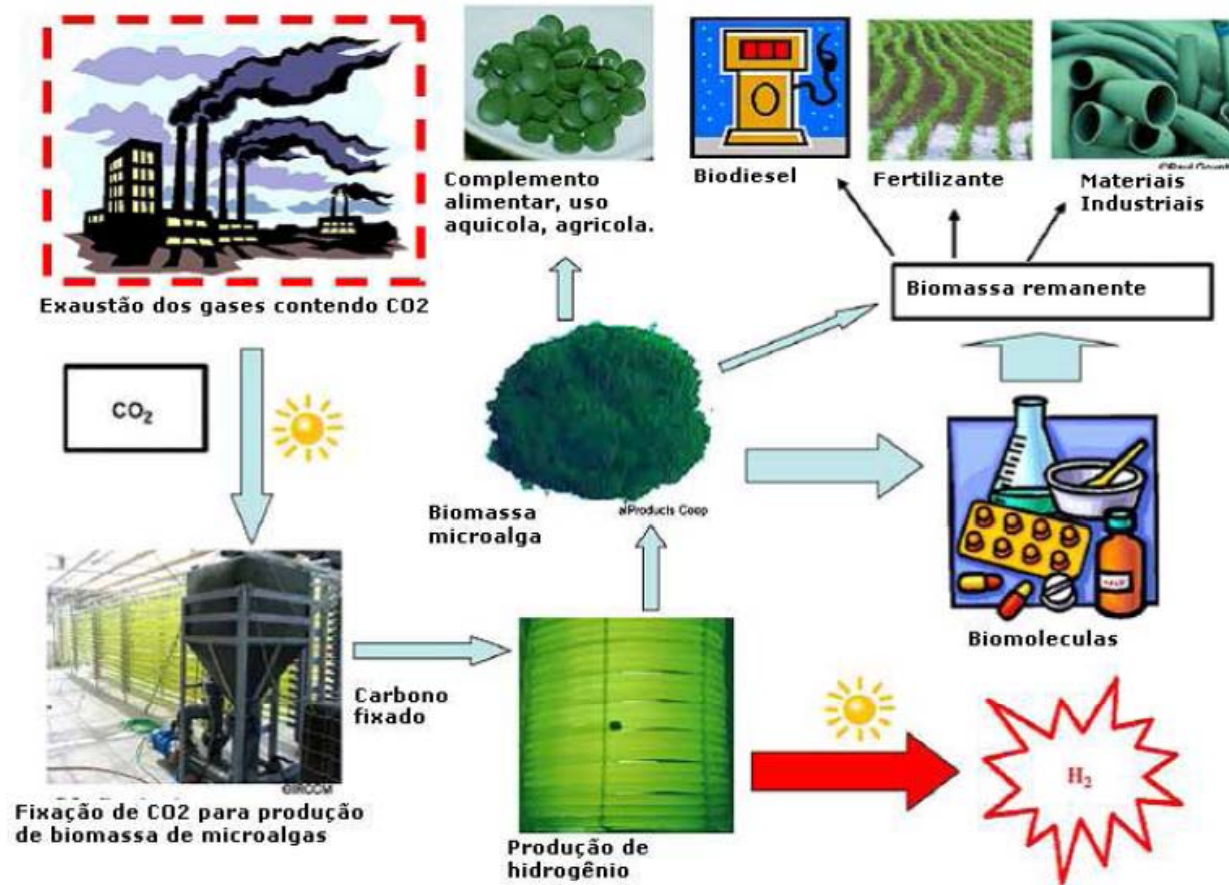
Fonte	Rendimento de óleo (L/ha)
Milho	172
Soja	446
Canola	1.190
Jatropha (pinhão manso)	1.892
Côco	2.689
Palma	5.950
Microalga ^a	136.900
Microalga ^b	58.700

a: 70% de óleo (por peso) em biomassa

b: 30% de óleo (por peso) em biomassa



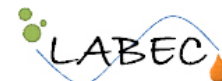
Biomassa de Microalgas



(Skjanes K. et.al., 2007).

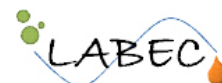
Haematococcus pluvialis

- Possui considerável concentração de lipídeos;
- Produz o pigmento astaxantina (coloração atrativa e funcionalidade biológica, tem sido utilizado como suplemento alimentar, corante em alimentos e fonte de pigmento em aquicultura).



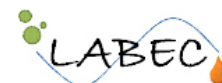
Vantagens do uso de Microalgas frente a outras oleaginosas:

1. Alta produtividade de óleo;
2. Não exigem uso de pesticidas (emissão de NO_2);
3. Alta adaptabilidade a diferentes níveis de salinidade;
4. Cultivo de microalgas não concorre com a produção de alimento;
5. Cultivo independente da fertilidade do solo (cultivada em meio aquoso);
6. Cultivo durante longos períodos não empobrece o solo.



Modelagem cinética do crescimento

- Projetar fotobiorreatores eficientes;
- Predizer o desempenho do processo;
- Otimizar as condições de operação.



Taxa crescimento de microorganismos

- Balanço de Massa

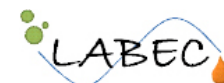
Organism balance:

$$\frac{d(V X_1)}{dt} = F_0 X_0 - F_1 X_1 + r_X V$$

$$r_X = \mu X_1$$

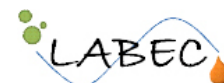
- Equação de Monod

$$\mu_x = \frac{\mu_m S}{K_s + S}$$



Taxa crescimento de microorganismos

- Moser (1958) e Cantois (1959) - taxa de crescimento de microorganismo em função de único substrato limitante;
- Já Dunn et al. (1992), Megge et al. (1972) e Tsao e Hanson (1975) – taxa de crescimento em função de múltiplos substratos limitantes;
- Andrews (1968) e Wu et al. (1988) – taxa crescimento de microorganismos num único substrato limitante e inibidor (Schimidell et al., 2001).

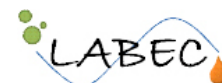


Taxa crescimento de microorganismos

- Pérez et al. (2008) desenvolveram um modelo cinético da taxa específica de crescimento da *Phaeodactylum tricornutum* em culturas em batelada.

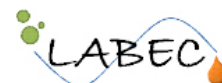
$$\mu = \frac{\mu_{\max}}{1 + \left(\frac{[H^*]}{K_1} \right) + \left(\frac{K_2}{[H^*]} \right)} \quad \mu = A \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT} \right) - B \cdot \exp\left(-\frac{E_b}{RT} \right)$$

$$\mu = \frac{\mu_{\max} I}{I + K_I}$$



Inóculo e Meio de Cultura

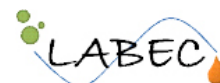
- O inóculo da microalga *Haematococcus pluvialis* foi mantido em uma câmara de fotoperíodo nas condições de temperatura de 22 °C e luminosidade de 35 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$;
- O meio de cultura utilizado foi o meio de Rudic (RM) citado em E. Imamoglu et al., 2007. (Tabela 2).



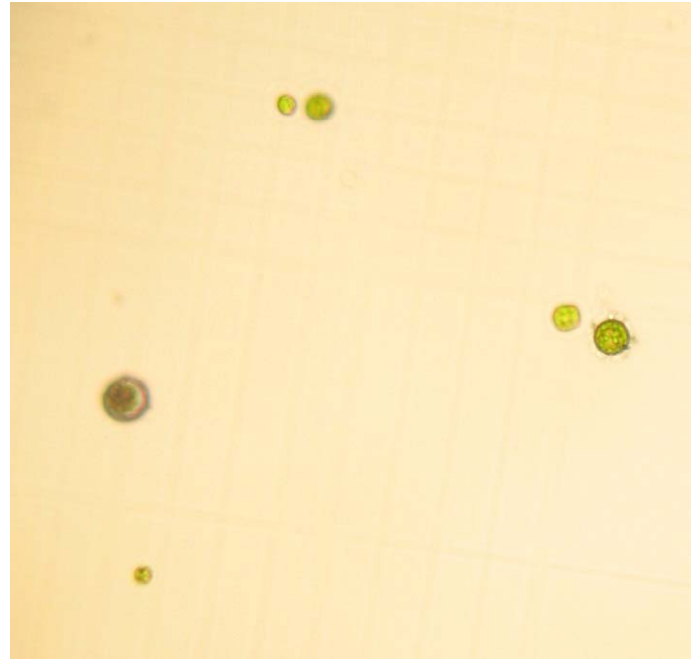
Meio de Cultura

Tab. 1: Composição dos nutrientes para o meio de cultura RM.

Nutriente	RM (mg/L)
NaNO ₃	300
K ₂ HPO ₄	80
KH ₂ PO ₄	20
MgSO ₄ .7H ₂ O	10
CaCl ₂ .2H ₂ O	58,5
EDTA	7,5
NaCl	20
H ₃ BO ₃	0,3
MnSO ₄ H ₂ O	1,5
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,1
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,3
CuSO ₄ .5 H ₂ O	0,08
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0,26
FeCl ₃ .6H ₂ O	17

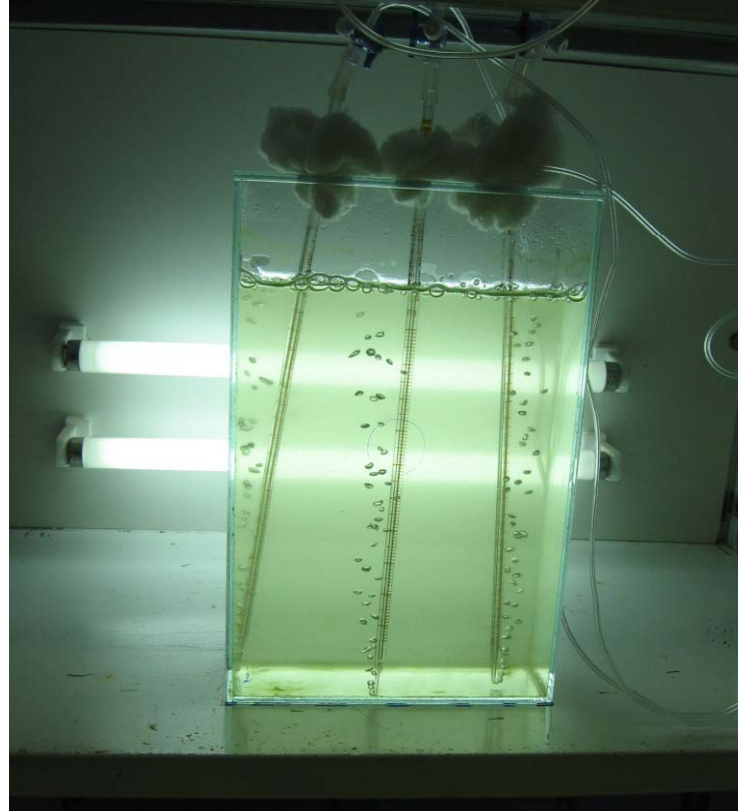


Microalga

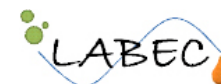


Microalga *Heamatococcus pluvialis*

Reator



Reator tipo placa plana.
Dimensões 0,08 x 0,2 x 0,3 m.



Condições da Reação

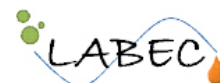
Volume reacional foi de 3,5 L, tendo-se 10% deste correspondente ao inóculo;

A intensidade de luz estudada foi de 10000 lux.

Temperatura foi mantida em 25 ± 1 °C;

pH foi mantido na faixa de 7 a 9;

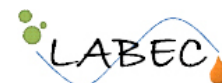
A análise de biomassa – Contagem em câmara de Neubauer.



Produção de Biomassa

Modelo de produção da biomassa (Modelo exponencial);

$$\begin{cases} y(t) = y_0 + A \cdot \left[1 - \left(1 + \frac{t - t_m}{B} \right) \cdot e^{-\frac{t - t_m}{B}} \right] & \text{para } t > t_m \\ y(t) = y_0 & \text{para } t \leq t_m \end{cases}$$

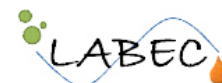


Produção de Biomassa

O modelos para cultivo da *Haematococcus pluvialis* na média de luminosidade de 10000 lux e temperatura de 25 ± 1 °C.

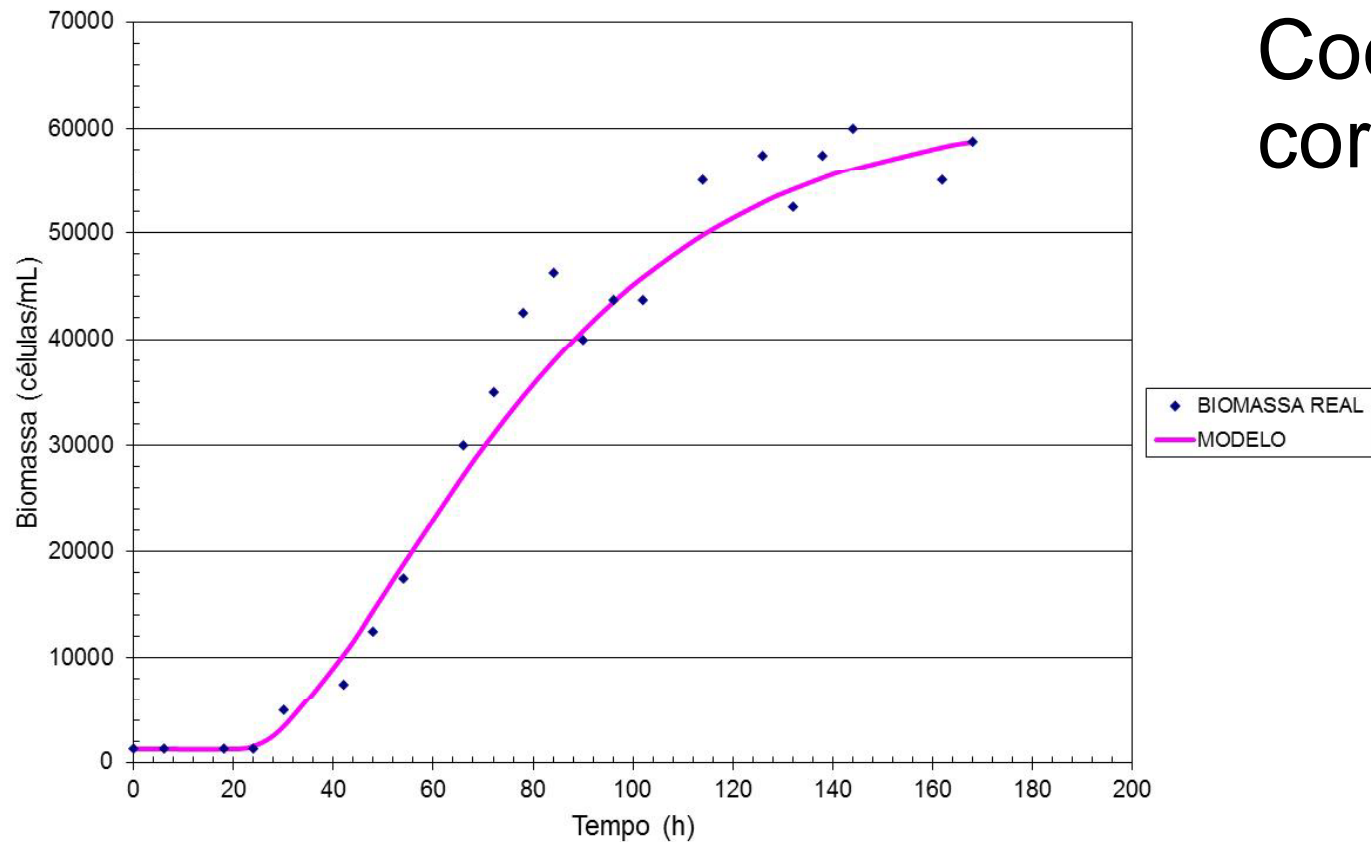
$$\begin{cases} y(t) = y_0 + 60476 \cdot \left[1 - \left(1 + \frac{t-21}{30,9} \right) \cdot e^{-\frac{t-21}{30,9}} \right] & \text{para } t > t_m \\ y(t) = y_0 & \text{para } t \leq t_m \end{cases}$$

A **B** **T_m**



Produção de Biomassa

Comparação dos dados experimentais e modelo proposto.



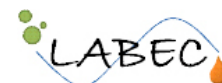
Coeficiente de correlação foi 0,98



Produção de Biomassa

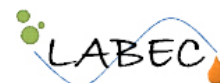
Proposta:

- Expandir o estudo para outras faixas de luz (faixas nas quais não ocorre a excitação da microalga que resulta na modificação metabólica da mesma).
- Revisar o modelo obtido viabilizando a identificação de um termo adicional que contemple o efeito do valor da intensidade luminosa sobre o crescimento da microalga.



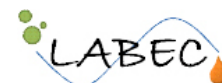
Conclusões

- Revisão as equações que descrevem a taxa de crescimento de microorganismos e examinar um modelo para descrever o crescimento da microalga *Haematococcus pluvialis*.
- Para temperatura de 25 ± 1 °C e luminosidade de 10000 lux, a curva de crescimento da biomassa segue um modelo exponencial.



Conclusões

- De acordo com dados experimentais, foi possível determinar os parâmetros para este modelo que conseguiu descrever o comportamento do crescimento da microalga em estudo.
- O estudo para o cultivo em outras faixas de intensidade luminosa viabilizará a previsão do efeito desta variável sobre o crescimento da *Haematococcus pluvialis*.

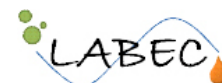


Andrews, J.F., 1968, A mathematical model for the continuous culture of microorganisms utilizing inhibitory substrates, *Environmental Systems Engineering*, 707-723, Clemson.

Chisti, Y., 2007, Biodiesel from microalgae: *Biotechnology Advances*, 25, 294-306.

Carlozzi P. e Pinzani E., 2005, Growth characteristics of *Arthorspira platensis* cultured inside a new close-coil photobioreactor incorporating a mandrel to control culture temperature, *Biotechnology and bioengineering*, 90, 6, 675- 684, Firenze.

Gouveia, L., and A. C. Oliveira, 2009, Microalgae as a raw material for biofuels production: *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 36, 269-274.

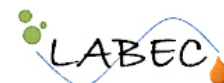


Imamoglu, E., Sukan F.V., Dalay, M.C., 2007, Effect of different culture media and light intensities on growth of *Haematococcus pluvialis*, International Journal of Natural and Engineering Sciences, 3, 5 - 9, Turquia.

Merchuk, J. C., e Wu X., 2003, Modeling of photobioreactors, Application to bubble column simulation, Journal of Applied Phycology, 15, 163-170, Beer Sheva.

Perez, E. B., I. C. Pina, and L. P. Rodriguez, 2008, Kinetic model for growth of *Phaeodactylum tricornutum* in intensive culture photobioreactor, Biochemical Engineering Journal, 40, 520-525.

Schmidell, W., Lima, U.A., Aquarone, E., Borzani, W. 2001. Biotecnologia Industrial, 2, Blucher, São Paulo.

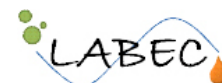


Sthephanopoulos, G., 1984, Chemical Process Control, Prentice-Hall.

V. Ghiggi, 2007, Estudo do Crescimento de e indução da produção do pigmento astaxantina por Haematococcus pluvialis. Curitiba.

Yun, Y. S., and J. M. Park, 2003, Kinetic modeling of the light-dependent photosynthetic activity of the green microalga, *Chlorella vulgaris*, Biotechnology and Bioengineering, 83, 303-311.

Yokota, T., Hizume, M., Ohtake, T., Takahashi, K., A new growth kinetic model for phot-autrophic microalgae culture, 27, Yonezawa.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PEI - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

REDE DE TECNOLOGIAS LIMPAS
LABEC – Laboratório de Bioenergia e Catálise

Estudo da Taxa de Crescimento de Microorganismos e Proposta de Modelo
para Produção de Biomassa de *Haematococcus pluvialis*

Rosana Machado Galvão

E-mail: rosamgalvao@gmail.com

LABEC: +55 71 3283-9790

Fax: (71) 3283-9892

Home page: <http://www.teclim.ufba.br>

