

**CONEM 2016**  
CONGRESSO NACIONAL DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

**21-25**  
**AGOSTO DE 2016**  
**FORTALEZA - CEARÁ**

## **PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS ATRAVÉS DE CULTIVOS CONTÍNUOS AUTOMATIZADOS**

Diego Araujo de Lima D'Agostin, [diego.aton@gmail.com](mailto:diego.aton@gmail.com)<sup>1</sup>

Ana Claudia Müller, [ac\\_muller@hotmail.com](mailto:ac_muller@hotmail.com)<sup>1</sup>

Beatriz Santos, [biologia\\_bia@yahoo.com.br](mailto:biologia_bia@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

José Viriato Coelho Vargas, [jvargas@demec.ufpr.br](mailto:jvargas@demec.ufpr.br)<sup>1</sup>

André Bellin Mariano, [andrebmariano@gmail.com](mailto:andrebmariano@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná, NPDEAS-Núcleo de pesquisa e desenvolvimento de energia autossustentável  
Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210, Jardim das Américas, Curitiba – PR, CEP 81531-970

**Resumo:** O Recentemente as microalgas têm ganhado destaque na sua potencialidade na produção de combustíveis renováveis e tratamento de efluentes, além de produtos de interesses comerciais nas indústrias farmacêutica e de nutrição, por exemplo. Devido a esta demanda, diversas maneiras de se cultivar as microalgas vem sido desenvolvidas a fim de garantir uma maior produtividade aliada com a qualidade do material. Neste âmbito as tecnologias de automação e controle ganham papel fundamental nas operações envolvidas no cultivo. Dentre as variáveis de processo que influenciam o crescimento das microalgas estão: temperatura, pH, CO<sub>2</sub> dissolvido, intensidade luminosa e densidade celular. Efetuando o controle sobre estas variáveis é possível otimizar as condições de acordo com cada espécie de microalga e também de acordo com a aplicação desejada. Este trabalho visa à automação de um cultivo de microalgas para a manutenção da densidade populacional ótima, ou seja, manter o crescimento na sua fase exponencial. Desta forma é possível operar de modo contínuo, obtendo assim biomassa uniforme e de forma constante por longo período sem a necessidade de possíveis pausas no processo ou começar um novo cultivo. Um sensor de concentração de baixo custo baseado em densidade ótica foi desenvolvido. Ele fornece um sinal de 0-5V e é recebido por um controlador Arduino™ Mega 2560. Este controlador possui um conversor analógico/digital de 10 bits, sendo assim o valor do sinal na forma digital varia de 0- 1023. O valor digital foi escolhido para simplificação dos cálculos. A calibração foi feita relacionando o valor digital do sinal com numero de células. Uma amostra foi retirada de cultivos em batelada em fase avançada. Foram feitas 10 diluições variando proporcionalmente a concentração celular, de 100% de amostra até água pura. A contagem de células foi feita através da Câmara de Neubauer e um microscópio óptico e para cada amostra diluída foi medido o valor do sinal do sensor. Foi feita calibração com duas espécies de microalgas: *Chlamydomonas chlorastera* e *Acutodesmus obliquus* obtendo as seguintes correlações  $y = 2.10^5 x + 765.06$  with  $R^2 = 0.9954$  and  $y = 1.38.10^6 x + 762.38$  with  $R^2 = 0.9845$ , respectivamente. Onde y é o valor do sinal digital, x a concentração celular e R<sup>2</sup> o fator de correlação. Este sensor funciona em conjunto com um sistema de diluição responsável pela operação em modo contínuo. O sistema de diluição é composto de duas bombas peristálticas de 12 V e também são controladas pelo Arduino™, uma para a adição de meio de cultivo novo outra para coleta/medição da concentração. O sensor não esta submerso no cultivo, deste modo, as leituras são realizadas através da retirada de amostras com o auxilio da bomba de coleta. Após a leitura a amostra é devolvida. Um algoritmo de controle realiza medições a cada 30 minutos, e quando o valor de referência (configurado via firmware) é alcançado, o sistema entra em modo contínuo á uma taxa de diluição de 0,0311h<sup>-1</sup>, correspondente a taxa de crescimento celular obtido em experimentos anteriores. O valor do numero de células ao longo do período de cultivo pode ser acompanhado por um display LCD. O sistema proposto pode ser usado em diversos tipos de biorreatores e com qualquer tipo de microalgas, desde que seja feita a calibração, e configurado para outras taxas de diluições. O sensor apresentou boa resposta na determinação da concentração celular sendo um método complementar na caracterização da biomassa produzida.

**Palavras-chave:** Biocombustíveis, microalgas, cultivo contínuo, automação.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade humana está se direcionando a uma revisão de suas diretrizes, principalmente no que diz respeito ao consumo energético e seu impacto no meio ambiente. O crescimento populacional implica consequentemente, o aumento da demanda por energia, que por sua vez esta baseada em combustíveis fósseis, detentora de uma porcentagem significativa da matriz energética mundial. Sua utilização gera grandes emissões de gás carbônico CO<sub>2</sub>. Este gás quando encontrado em níveis muito superiores ao natural, devido à atividade humana, contribui com aumento do efeito estufa, agravando os futuros cenários do aquecimento global.

Aliado a questão ambiental está o problema de que os combustíveis fósseis têm suas reservas limitadas e sua reabilitação na natureza possui um tempo muito elevado, ou seja, é uma fonte não renovável. Assim, os investimentos em pesquisas e desenvolvimento tem sido uma estratégia fundamental para fazer com que as fontes renováveis ganhem maior participação na matriz energética, sem que seja necessário a alterações da tecnologia usada atualmente. Como exemplo, temos os biocombustíveis, e podem ser usados, misturados ou não com óleos minerais, sem nenhum problema no desempenho em motores que usam o óleo convencional derivado do petróleo.

A dificuldade para obtenção de combustível renovável (e.g., biohidrogênio, etanol, biodiesel), em comparação ao combustível fóssil obtido diretamente da extração mineral, é que sistemas energeticamente eficientes devem ser implementados para atender à demanda, de tal maneira que o balanço de energia seja compensador. Sistemas de cogeração, trigeração ou multigeração são alternativas possíveis a serem seguidas a fim de atingir esse objetivo (Vargas et al, 2014).

Como matéria-prima para a produção de biocombustíveis são usadas várias espécies vegetais, e entre a rica biodiversidade encontrada em nosso país, algumas espécies de microalgas tem ganhado destaque por atender os requisitos necessários. Diferentes dos cultivos terrestres, elas precisam de estruturas, chamadas fotobiorreatores, capazes de garantir uma boa produtividade e qualidade de biomassa.

As microalgas apresentam vantagens em relação às plantas cultivadas como rápido crescimento, alto teor de óleos e possibilidade de utilização de água imprópria para a agricultura.

A conversão de microalgas em biocombustíveis pode ser feita através tanto de processos bioquímicos e termoquímicos. Os processos bioquímicos de conversão são a transesterificação e a fermentação para a produção de biodiesel e etanol respectivamente. Os processos termoquímicos são classificados em pirólise, liquefação gaseificação e hidrogenação. A pirólise e liquefação produzem óleo combustível como principal produto (Suali; Sarbataly, 2012).

A também a produção de hidrogênio, submetendo a microalgas a condições específicas, como ausência de oxigênio e enxofre (Vargas et al, 2014).

Há basicamente quatro modos de operação de um fotobiorreator: batelada, batelada alimentada, semi-contínuo e contínuo, sendo que os dois últimos ganham atenção de pesquisadores devido potencial em aumentar da produtividade.

O controle de biorreatores é uma área que tem ganhado importância nos últimos anos devido ao comportamento altamente não linear associado ao processo cultivo de microalgas. O principal objetivo de controlar o processo de cultivo é garantir que o biorreator forneça uma quantidade desejada de biomassa por longos períodos de tempo (Bacerra-Celis et al ,2008).

Este trabalho visa à automação de um cultivo de microalgas para a manutenção da densidade populacional ótima, ou seja, manter o crescimento na sua fase exponencial. Desta forma é possível operar de modo contínuo, obtendo assim biomassa uniforme e de forma constante por longo período sem a necessidade de possíveis pausas no processo ou começar um novo cultivo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Microalgas e condições de cultivo

As microalgas utilizadas foram as *Acutodesmus obliquous* e *Chlamydomonas chlorastera*. As microalgas são mantidas em frascos tipo Erlenmeyer de 2 l com de meio líquido Chu , sob a temperatura de  $17 \pm 2$  °C e constante iluminação de duas lâmpadas fluorescentes de 40W. A agitação do meio de cultura é realizada pela adição de ar comprimido ( $1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ), sendo também a fonte de CO<sub>2</sub> ao cultivo.

### 2.2. Determinação do numero de células

A contagem de células é feita através da Câmara de Neubauer com o uso de um microscópio óptico. As retiradas das amostras do cultivo são feitas diariamente e as contagens são feitas em triplicada.

### 2.3. Fundamentos do cultivo contínuo

Nas culturas em sistema contínuo, meio de cultivo fresco é adicionado de forma constante enquanto que a cultura com células é removida a mesma taxa de adição do meio. Essa abordagem é baseada na observação de que os substratos são consumidos do meio de cultivo enquanto há multiplicação das células e acumulo de biomassa. Eventualmente, a cultura para de crescer devido à ausência ou limitação por algum substrato limitante ou devido à presença de inibidores de crescimento.

Para manter o crescimento celular, o substrato limitante de crescimento deve ser repostado e os fatores de inibição devem ser removidos ou diluídos pela adição de meio novo (Richmond, 2004). De uma forma prática, assume-se que as taxas de entrada de meio de cultivo fresco no sistema e a de retirada da cultura são iguais e, dessa forma, o volume do cultivo permanece constante. Uma bomba peristáltica é a mais adequada para introduzir o meio de cultivo fresco no cultivo, já que as partes mecânicas da bomba não entram em contato com o meio. A cultura pode ser removida por outra bomba peristáltica, ou então através da coleta por transbordamento em uma abertura na parte superior do biorreator, como mostrado na Fig. 1.

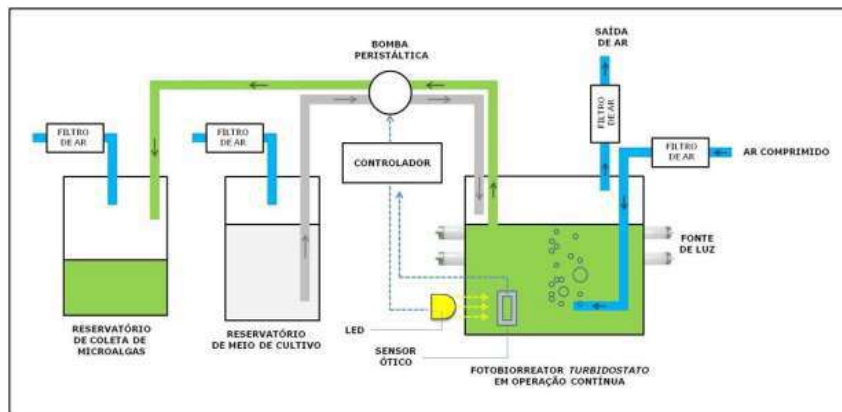


Figura 1. Diagrama representativo de um biorreator em modo contínuo.

O biorreator em operação contínua visa manter o cultivo em determinada concentração celular ( $X$ ) conforme a sua densidade ótica. O ponto de operação é aquele cuja taxa de crescimento específico da microalga ( $\mu$ ) é máximo, e se encontra na fase exponencial da curva de crescimento. A concentração celular no biorreator é dada pela Eq. (1).

$$\frac{dX}{dt} = \mu X - DX \quad (1)$$

Onde  $D = q/V$ , é taxa de diluição do reator,  $q$  é a vazão de adição de substrato e  $V$  volume do cultivo. A variação da concentração celular é igual ao crescimento proporcional menos a retirada pela diluição. Em estado estacionário tem-se  $dX/dt=0$ , o que implica  $\mu=D$ , ou seja, é possível alterar a taxa de crescimento alterando a taxa de diluição do biorreator.

O modelo de Monod (Eq.(2)) demonstra a influência do consumo de nutrientes pelas células sobre a taxa de crescimento específica.

$$\mu = \mu_{max} \cdot \frac{S}{K_m + S} \quad (2)$$

Onde:

$\mu$  = taxa específica de crescimento;

$\mu_{max}$  = taxa específica de crescimento máximo;

$S$  = concentração de nutriente;

$K_m$  = constante de saturação e é igual a  $S$  quando  $\mu = 0,5 \cdot \mu_{max}$

### 2.4. Sensor de concentração celular

O circuito para determinação da densidade ótica consiste em um LED (Light-Emitting Diode) de alta luminosidade, de 5 mm. A luz emitida pelos LED é captada no lado oposto do tubo por um LDR (Light Dependent Resistor). A Fig. 2b apresenta um desenho esquemático do sensor de concentração celular desenvolvido. Esse sistema foi colocado no interior de uma caixa plástica preta para reduzir ao máximo a interferência da luminosidade externa. Sabendo que a turbidez do meio de cultivo aumenta com o número de células e que uma variação na turbidez provoca uma variação da quantidade de luz que atravessa o tubo, foi encontrada uma correlação entre o número de células de

microalga no cultivo e a tensão sobre o LDR, montado num divisor de tensão com um resistor de  $1K\Omega$  e alimentado com 5 V. Deste modo, ele fornece um sinal de 0 ~5V e é recebido por uma entrada analógica do controlador Arduino™ Mega 2560. Este controlador possui um conversor analógico/digital de 10 bits, sendo assim o valor do sinal na forma digital varia de 0- 1023. O valor digital foi escolhido para simplificação dos cálculos.

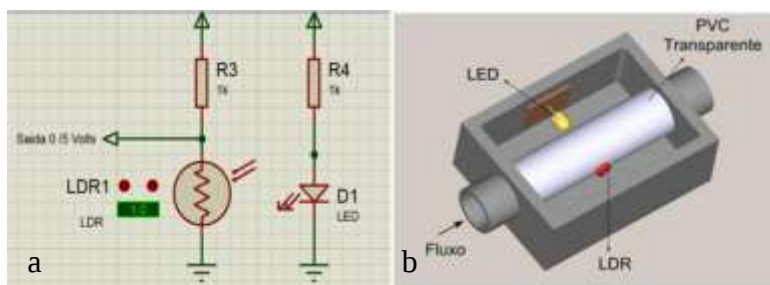


Figura 2.a) Diagrama eletrônico do sensor construído b) Esquema de montagem do sensor

## 2.5. Controlador Arduino™ e Bombas peristálticas

O Arduino™ Mega 2560 é uma ferramenta de desenvolvimento baseada no microcontrolador ATMEGA2560. Constituído de 54 pinos de entrada e saída dos quais 14 podem ser usados como saída PWM, 16 entradas analógicas, quatro UARTs, um cristal oscilador de 16 MHz, uma conexão USB com base em ICSP. Ele contém tudo o que é necessário para fazer utilização de todos os recursos disponíveis do microcontrolador, basta conectá-lo a porta USB ou ligá-lo a uma fonte ou bateria para energizar o módulo. Sua programação é feita a partir de uma plataforma *open source*. São usadas duas bombas peristálticas de alimentação por 12 V, responsáveis por adicionar o meio de cultivo novo e coletar o meio de cultivo com as células, ambas controladas a partir do CI L293d, uma ponte H, cujo sinais de comando são enviadas pelo controlador. A Figura 3 mostra o esquemático do sistema desenvolvido.

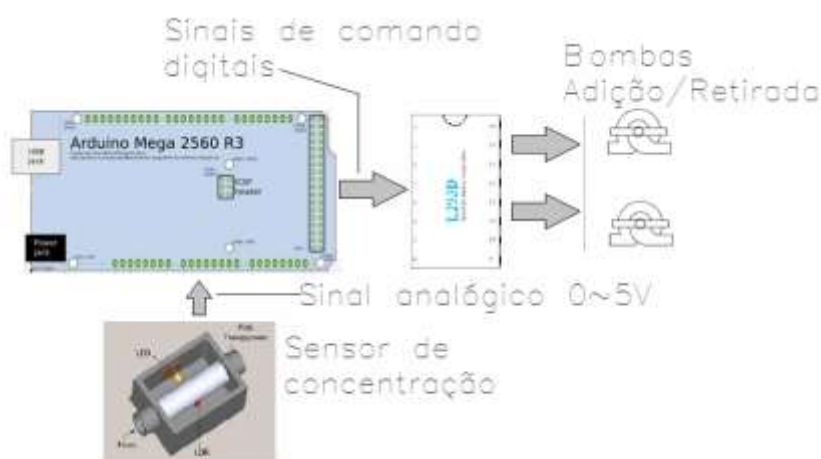


Figura 3. Diagrama representativo do sistema para cultivo contínuo.

## 2.6. Conversão de biomassa em biodiesel

A conversão da biomassa de microalgas em biodiesel possui algumas etapas mostradas na Fig.4. A separação por ser realizada por filtragem, centrifugação, floculação entre outras técnicas. Após a separação ocorre por meio de secagem solar, liofilização, spray-drying ou fluxo competitivo. Após a secagem ela está apta para o processo de extração dos lipídios. A extração do óleo da biomassa, geralmente por prensagem mecânica ou extração usando solventes. O óleo extraído é usado para produzir biodiesel enquanto a biomassa restante pode ser usada de diversas maneiras entre elas a produção de biogás através da digestão anaeróbica. O equipamento usado para a produção de biogás consiste num reator hermético onde os resíduos são fermentados, onde o gás é capturado no topo. Também podem ser exploradas as seguintes aplicações: agentes de enchimento em polímeros para desenvolver materiais compósitos, como fertilizantes ou, possivelmente, como aditivos para o solo depois de carbonizados. (Satyanarayana; Mariano; Vargas, 2009).



**Figura 4. Etapas do processo de conversão da biomassa de microalgas em biodiesel**  
**Fonte: Ahmad et al, 2010.**

A conversão do óleo extraído em biodiesel usa um dos seguintes métodos: uso direto, miroemulsão, craqueamento térmico (pirólise) e transesterificação. (Ahmad et al, 2010)

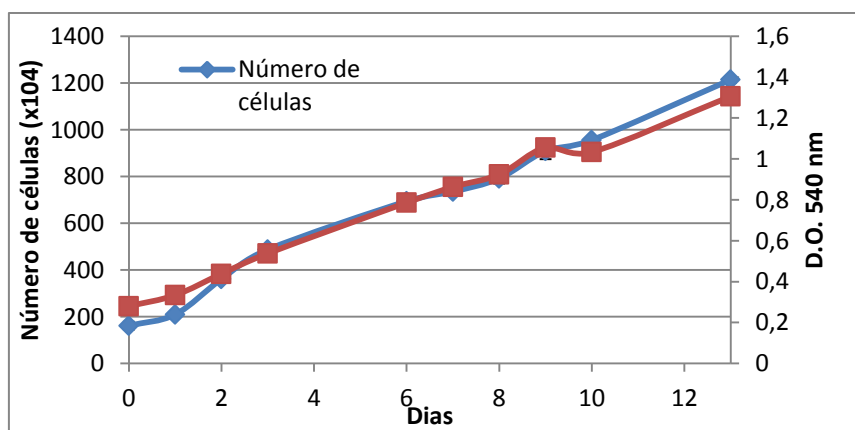
O processo de transesterificação pode ser considerado um dos mais usados para a produção de biodiesel. Neste processo, triglicerídeos são primeiros convertidos em diglicerídeos, então os diglicerídeos em monoglicerídeos, e monoglicerídeos são convertidos em ésteres (biodiesel) e glicerol (subprodução). Desta forma, a qualidade do biodiesel produzido esta diretamente relacionada com a composição do óleo empregado (i.e., as proporções de ácidos graxos presentes no óleo) e a estrutura do álcool utilizado, determinando assim a composição e a estrutura dos monoésteres (Mariano, 2009).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizado um cultivo em batelada com o objetivo de determinar as taxas de crescimentos. A taxa de crescimento ( $r$ ,  $h^{-1}$ ), obtida a partir da Eq. (3), onde  $N$  é a densidade celular (número de células  $\times 10^4$ ) no tempo  $t$  (dia) e  $N_0$  a densidade celular no tempo  $t_0$  (dia) (Lourenço, 2006).

$$r = \frac{\ln(N/N_0)}{t-t_0} \quad (3)$$

A Figura 6 mostra o gráfico da evolução do crescimento da microalga *Acutodesmus obliquus*. A Tabela 1 mostra os cálculos das taxas de crescimento durante o período de cultivo, que foi de 13 dias.



**Figura 6. Crescimento da *Acutodesmus obliquus* em regime batelada**

Tabela 1. Cálculo das taxas de crescimento da microalga *Acutodesmus obliquus* durante cultivo em batelada.

| Intervalo de tempo (dias) | (0-1)  | (1-2)  | (2-3)  | (3-6)  | (6-7)  | (7-8)  | (8-9)  | (9-10) | (10-13) |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| $N_2/N_1$                 | 1,4556 | 2,1097 | 1,4075 | 1,4243 | 1,0595 | 1,0770 | 1,1486 | 1,0509 | 1,2699  |
| $\ln(N_2/N_1)$            | 0,3754 | 0,7465 | 0,3418 | 0,3537 | 0,0578 | 0,0742 | 0,1385 | 0,0496 | 0,2389  |
| $\log_2(N_2/N_1)$         | 0,5416 | 1,0770 | 0,493  | 0,5103 | 0,0835 | 0,1071 | 0,1999 | 0,0716 | 0,3447  |
| $\Delta t (t_2-t_1)$      | 1      | 1      | 1      | 3      | 1      | 1      | 1      | 1      | 3       |
| $r(h^{-1})$               | 0,0156 | 0,0311 | 0,0142 | 0,0049 | 0,0024 | 0,0030 | 0,0057 | 0,0020 | 0,0033  |

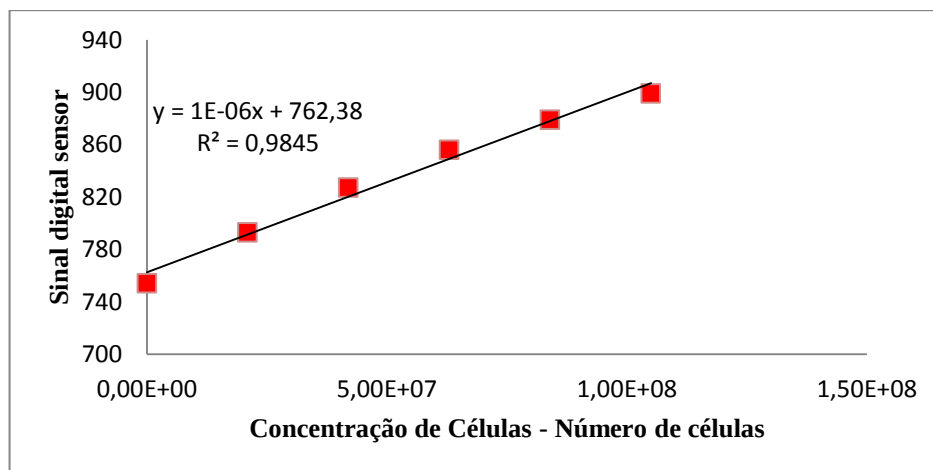
Foi observado que é maior taxa de crescimento ocorreu entre os dias 1-2 tendo o valor  $0,0311 h^{-1}$ .

### 3.1. Curvas de calibração do sensor desenvolvido

Uma amostra foi retirada de cultivos em batelada em fase avançada. Foram feitas 10 diluições variando proporcionalmente a concentração celular, de 100% de amostra até água pura, como mostrada da Fig.7. A contagem de células foi feita através da Câmara de Neubauer e um microscópio óptico e para cada amostra diluída foi medido o valor do sinal do sensor. Foi feita calibração as duas espécies de microalgas citadas anteriormente: *Chlamydomonas chlorastera* e *Scenedesmus obliquus* obtendo as seguintes correlações:  $y=2.10^5 x + 765,06$  com  $R^2 = 0,9954$  e  $y=1,38 .10^6 x + 762,38$  com  $R^2 = 0,9845$ , respectivamente. Onde  $y$  é o valor do sinal digital,  $x$  a concentração celular e  $R^2$  o fator de correlação. A Figura 8 e a Fig. 9 mostram os gráficos de calibração obtidos.



Figura 7. Diluições utilizadas na calibração do sensor.

Figura 8. Curva de calibração da microalga *Scenedesmus obliquus*.

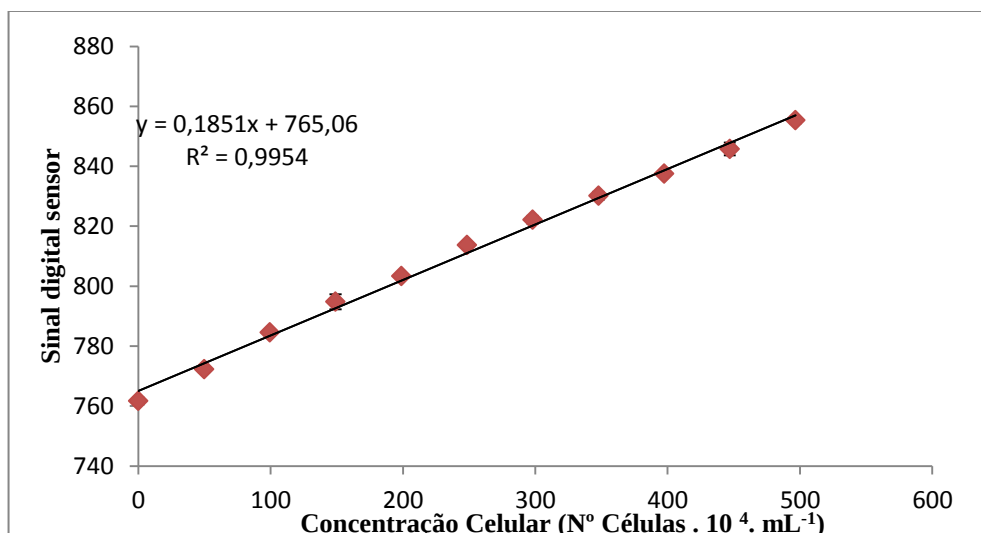


Figura 9. Curva de calibração da microalga *Chlamydomonas chlorastera*.

### 3.2. Operação de biorreator em modo contínuo

Um algoritmo de controle realiza medições a cada 30 minutos, e quando o valor de referência (configurado via firmware) é alcançado, o sistema entra em modo contínuo a uma taxa de diluição de  $0,031h^{-1}$ , correspondente a taxa de crescimento celular obtido em experimentos anteriores. O valor do número de células ao longo do período de cultivo pode ser acompanhado por um display LCD. A Figura 10 mostra o sistema construído em funcionamento



Figura 9. À direita: sistema em funcionamento num biorreator tipo “Enlarmeyer 2 litros”.  
À esquerda, bombas e sensor em detalhe.

O sistema proposto pode ser usado em outros tipos de biorreatores e com qualquer tipo de microalgas, desde que seja feita a calibração, e configurado para outras taxas de diluições. O sensor apresentou boa resposta na determinação da concentração celular sendo um método complementar na caracterização da biomassa produzida.

## 4. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à UFPR – Setor de Tecnologia, ao PIPE e ao NPDEAS-Núcleo de pesquisa e desenvolvimento de energia autossustentável.

## 5. REFERÊNCIAS

- Ahmad, A.L.; Yasin, N.H. Mat; Derek, C.J.C. ; Lim, J.K. , 2011, “Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Becerra-Celis, G.; Tebbani, S.; Joannis-Cassan, C.; Isambert, A.; Siguerdidjane, H., 2008, “Control strategy for continuous microalgae cultivation process in a photobioreactor”, Control Applications,. IEEE International Conference
- Lourenço, S. O., 2006, “Cultivo de microalgas marinhas – princípios e aplicações”, São Carlos: RiMa.
- Mariano, A. B. Torrens, Jonas C. Ladeia; Satyanarayana, Kestur Gundappa; Vargas, José V. Coelho., 2010, “Energia autossustentável a partir de biodiesel derivado de microalgas” Congresso Internacional de Bioenergia, 4., Curitiba.
- Richmond, A., 2004, “Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology”, Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Suali, Emma; Sarbatly, Rosalam., 2012, “Conversion of microalgae to biofuel”, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Torrens, J.C. L.; Vargas, J.V.C. Mariano André B., 2010, “Biodiesel de microalgas: composição e propriedades.” Congresso Internacional de Bioenergia, 5.. Curitiba.
- Vargas J.V.C, Mariano A.B., Corrêa D.O., Ordóñez JC. , 2014 , “The microalgae derived hydrogen process in compact photobioreactors” International Journal of Hydrogen Energy 39:9588-9598, 2014.

## 6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

# BIOFULES PRODUCTION THROUGH AUTOMATED CONTINUOUS CULTIVATION

Diego Araujo de Lima D'Agostin, [diego.aton@gmail.com](mailto:diego.aton@gmail.com)<sup>1</sup>

Ana Claudia Müller, [ac\\_muller@hotmail.com](mailto:ac_muller@hotmail.com)<sup>1</sup>

Beatriz Santos, [biologia\\_bia@yahoo.com.br](mailto:biologia_bia@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

José Viriato Coelho Vargas, [jvargas@demec.ufpr.br](mailto:jvargas@demec.ufpr.br)<sup>1</sup>

André Bellin Mariano, [andrebmariano@gmail.com](mailto:andrebmariano@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal University of Paraná , NPDEAS-Núcleo de pesquisa e desenvolvimento de energia autossustentável  
Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210, Jardim das Américas , Curitiba – PR, CEP 81531-970

**Abstract.** Recently microalgae have gained prominence on its potential in the production of renewable fuels and wastewater and emission treatment, as well as products of commercial interests in the pharmaceutical and nutrition industries, for example. Because of this demand, many ways to cultivate microalgae has been developed in order to ensure greater productivity combined with the quality of the material. In this context the automation and control technologies gain critical role in the operations involved in microalgae culture. Among the process variables which influence the growth of microalgae are: temperature, pH, dissolved CO<sub>2</sub>, light intensity and cell density. Effecting control over these variables can optimize the conditions according to each species of microalgae and also according to the desired application. This study aimed to automation of microalgae cultivation for maintaining optimal density, that is, maintain growth in its exponential phase. In this way it is possible to operate in continuous mode, thus obtaining uniform biomass and steadily for a long period without the need for possible breaks in the process or start a new crop. A low cost based on optical density concentration sensor has been developed. It provides a signal of 0 ~ 5V and is received by a controller Arduino Mega <sup>TM</sup> 2560. This controller has a 10bit analog / digital converter, thus the value of the signal in digital form ranging from 0- 1023. The digital value was chosen to simplify the calculations. The calibration was performed by relating the digital value of the signal with cell number. A sample was taken from crops batch at an advanced stage. 10 dilutions were made varying proportionally cell concentration of 100% sample to pure water. The cell count was done by Neubauer's Chamber and an optical microscope and for each diluted sample was measured the value of the sensor signal. Calibration was made with two species of microalgae: *Chlamydomonas chlorastera* and *Acutodesmus obliquus* getting the following correlations:  $y = 2.10^5 x + 765.06$  with  $R^2 = 0.9954$  and  $y = 1.38.10^6 x + 762.38$  with  $R^2 = 0.9845$ , respectively. Where  $y$  is the value of the digital signal,  $x$  is the cell concentration and  $R^2$  the correlation factor. This sensor works in conjunction with a dilution system responsible for operating in continuous mode.

The dilution system is composed of two peristaltic pumps 12 V and are also controlled by Arduino <sup>TM</sup>, one for adding new culture medium for another sample / concentration measurement. The sensor is not submerged in the culture, thus the readings are carried out by withdrawing samples with the aid of pickup pump. After reading the sample is returned to bioreactor. A control algorithm does measurements every 30 minutes, and when the reference value (set by firmware) is reached, the system is in continuous mode at a dilution rate of  $0,031h^{-1}$ , corresponding to rate of cell growth obtained in earlier experiments. The value of cell number during the growing season may be accompanied by an LCD display. The proposed system can be used in different types of bioreactors and any microalgae, since the calibration is made, and configured for other dilution rates. The sensor showed good response in determining the cell concentration as a complementary method for the characterization of biomass produced.

**Keywords:** Biofuels, microalgae, continuous culture, automation.