



# PROJETO PRÓ-MÉDIO/*SPIRULINA*

Este material tem o objetivo de auxiliar os professores na orientação dos grupos participante do Projeto Pró-Médio, realizado em parceria da FURG com FINEP e escolas filiadas a 18ª Delegacia de Educação.

## Projeto PRÓ-MÉDIO

O PRÓ-MÉDIO é um projeto da FURG financiado pela FINEP e que prevê a interação dos cursos de Engenharia da FURG com estudantes de ensino médio.

O que motivou o projeto foi a queda na procura pelos cursos de engenharia nos últimos vestibulares, e as desistências dos cursos de engenharia nas séries iniciais.

Esses problemas podem trazer prejuízos pessoais para o futuro do estudante e também para a sociedade, pois o investimento no estudante que não conclui o curso não traz retorno à sociedade.

Estes problemas podem ocorrer devido à dificuldade que os estudantes encontram nas disciplinas da área de exatas no ensino médio, como física, química, matemática e à falta de informação sobre o curso e a profissão. Com o objetivo de auxiliar na minimização desses problemas foi idealizado este projeto, a fim de Promover a interação do ensino de engenharia com as atividades de ensino de ciências exatas e naturais do ensino médio, a fim de despertar o interesse dos jovens para as profissões das áreas tecnológicas.

## Etapas do projeto

No projeto estão previstas, resumidamente, as seguintes etapas:

Levantamento do perfil do candidato a profissional da área tecnológica;

Realização de seminários com enfoque na relação ciência básica/produto tecnológico da engenharia;

Realização de oficinas que envolvam aspectos de engenharia, abrangendo as engenharias oferecidas na FURG;

Formação e atualização de professores do ensino médio.

### MICROALGA *Spirulina*

A microalga *Spirulina* (Figura 1) é uma cianobactéria filamentosa, com 1 a 12  $\mu\text{m}$  de diâmetro, e se dispõem na forma espiralada, com até 1mm de comprimento. Esta microalga é encontrada nos Lagos Chad na África Central, Texcoco no México, Nakaru e Elementeita no Quênia, e Aranguadi na Etiópia. No Brasil é registrada a ocorrência de *Spirulina* na Lagoa Mangueira, em Santa Vitória do Palmar.



Figura 1 - Microalga *Spirulina*

Os Astecas e os Maias usaram *Spirulina* como fonte central de sua dieta. Na África os povos Kanembu, que vivem ao longo das costas do Lago República do Chade, alimentam-se dessa alga até hoje. Lá, a biomassa de *Spirulina* é retirada dos lagos, disposta sobre pedras e secas ao sol (Figuras 2 e 3), resultando num alimento conhecido como “Dihé”.



Figura 2 – Colheita da *Spirulina* dos tanques de cultivo.



**Figura 3 - *Spirulina* secando ao sol**

O interesse no estudo e na produção comercial de *Spirulina* aumentaram devido a algumas propriedades particulares como o alto teor de proteínas, por não possuir parede celular celulósica, o que aumenta sua digestibilidade, e ainda contêm ácidos graxos essenciais, como o ômega-6, que são importantes sob o ponto de vista nutricional, pois não são produzidos pelo organismo humano e devem ser consumidos através da dieta. Alguns minerais presentes na biomassa são: cálcio, ferro, magnésio, fósforo e potássio. A biomassa de *Spirulina* contém também vitaminas, principalmente do complexo B, polissacarídeos, e pigmentos como a ficocianina, clorofila,  $\beta$ -caroteno.

## **USOS DA *Spirulina***

### **Uso da *Spirulina* na alimentação**

O uso mais antigo e difundido da *Spirulina* é como alimento. Desde a antiguidade a *Spirulina* é utilizada como alimento na África, onde cresce naturalmente, e atualmente é encontrada no comércio como cápsulas que auxiliam na alimentação de pessoas em dieta de emagrecimento (Figura 4); como ração animal, principalmente para peixes (Figura 5), frangos e camarão. A *Spirulina* também é utilizada na composição de alimentos, como bolos e cereais (Figura 6).

### **Benefícios à saúde**

A *Spirulina* traz vários benefícios à saúde tais como: auxilia no tratamento de artrite, doenças do coração, obesidade, hipertensão, cicatrização e sinais de envelhecimento. Alimentos com *Spirulina* são utilizados no combate a desnutrição infantil, em que estudos demonstram que apenas 1g de *Spirulina* por dia pode corrigir a desnutrição em crianças, em algumas semanas.



Figura 4 - Cápsulas de *Spirulina*



Figura 5 - Alimento para peixes com *Spirulina*



Figura 6 – Alimentos com *Spirulina*

## ASPECTOS LEGAIS

Desde 23 de junho de 1981 a *Spirulina* foi legalmente aceita pelo FDA (Food Drug Administration) que declarou “A *Spirulina* é uma fonte de proteínas e contém várias vitaminas e minerais. Ela pode ser legalmente comercializada como alimento ou complemento alimentar desde que precisamente qualificada, livre de contaminantes e de adulteração com substâncias”. Assim, a microalga *Spirulina* é legalmente autorizada como alimento na quase totalidade dos países. Possui certificado GRAS (Generally Recognized As Safe) que garante sua utilização como alimento sem oferecer risco à saúde.

## PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

O aumento na concentração de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) na atmosfera vem aumentando o efeito estufa, causando alterações climáticas, que trazem prejuízos para a agricultura e para as cidades. O protocolo de Kyoto é um acordo internacional entre países para redução nas emissões de CO<sub>2</sub> nos países desenvolvidos. O Brasil está desobrigado de reduzir emissões até 2012, no entanto, se conseguir reduzir emissões pode vender estes créditos para outros países através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

A *Spirulina* é capaz de realizar fotossíntese, transformando CO<sub>2</sub> em biomassa, assim, estudos vêm sendo realizados para utilizar esta capacidade da *Spirulina* para fixar CO<sub>2</sub> formado na queima de combustíveis em indústrias e na geração térmica de energia elétrica. A capacidade de fixação de CO<sub>2</sub> pelas árvores, que é a maior entre os vegetais, é estimada em cerca de 1 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, podendo chegar a 3,5 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em florestas tropicais. As microalgas representam os organismos mais eficientes na fixação de CO<sub>2</sub>. A *Spirulina* pode fixar 6,3 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, alcançando 16,2 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em regiões tropicais, como é a maior parte do Brasil.

Um projeto, realizado pela FURG em parceria com empresas, tem o objetivo de fixar CO<sub>2</sub> originado na queima de carvão para a geração termelétrica de energia, cuja estrutura instalada é apresentada na Figura 7.



Figura 7 – Planta piloto de fixação de CO<sub>2</sub> de usina termelétrica





## VANTAGENS DO CULTIVO DE MICROALGAS EM COMPARAÇÃO COM VEGETAIS

O cultivo de microalgas utiliza menores áreas que os cultivos de vegetais para produzir a mesma quantidade de proteínas. Cultivos de microalgas necessitam de menor quantidade de água que vegetais, e pode utilizar águas salinas, alcalinas, ou até mesmo águas residuárias, que são impróprias para a agricultura. Cultivos de microalgas podem ser realizados até mesmo no deserto. Além disso, não causam problemas ao solo, como desertificação, causada por alguns tipos de culturas vegetais.

## PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

A queima de combustíveis fósseis faz com que o carbono que estava no petróleo na forma de  $\text{CO}_2$  seja lançado à atmosfera, aumentando o efeito estufa. Por outro lado, biocombustíveis são produzidos a partir da fotossíntese, através da qual  $\text{CO}_2$  é transformado em compostos orgânicos. Assim, a queima de biocombustíveis não provoca aumento na concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera.

A *Spirulina*, e outras microalgas, têm sido estudadas para a produção de biocombustíveis, como o biogás, biodiesel, etanol e hidrogênio.

**Biogás:** O biogás é produzido a partir do processo de digestão anaeróbia da fração orgânica de biomassas. Por isso, o processo é operacionalmente mais simples que a produção de outros biocombustíveis. O biogás é composto de metano, gás carbônico, e traços de gás sulfídrico, hidrogênio e nitrogênio. Esse gás é gerado no tratamento anaeróbio de esgoto e efluentes industriais. A biomassa de *Spirulina* pode ser uma fonte de matéria orgânica para a produção de biogás.

**Biodiesel:** Biodiesel é produzido a partir da esterificação de ácidos graxos componentes da fração lipídica da biomassa. Ácidos graxos extraídos da biomassa de *Spirulina* podem servir de matéria-prima para a produção de biodiesel.

## PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Alimentos ricos em *Spirulina* (Figura 8) vêm sendo produzidos no Centro de Elaboração de Alimentos com *Spirulina* (CEAS), localizado na cidade de Rio Grande no campus cidade da Universidade Federal do Rio Grande (Figura 9). O CEAS tem como parceiros a Copesul, Petrobrás, Fundação ZERI, Refinaria de Petróleo Ipiranga e Prefeitura Municipal do Rio Grande. Este projeto tem como objetivo preparar alimentos tais como: misturas para bolos, achocolatado, mistura para pudim, barra de cereal, sopa instantânea, mistura para gelatina e biscoitos (todos com adição determinada de *Spirulina*), para acrescentar à merenda escolar de algumas escolas da cidade, visando uma melhoria na saúde das crianças. É importante destacar que este local encontra-se dentro das normas da ANVISA.



**Figura 8** - Alimentos com *Spirulina*: bebida isotônica, pudim de chocolate, sopa instantânea, barra de cereal, bolo de chocolate e de limão.



**Figura 9** – CEAS - Centro de Elaboração de Alimentos com *Spirulina* na FURG



## O QUE A *Spirulina* PRECISA PARA CRESCER?

### Fontes de nutrientes

A *Spirulina*, assim como outras microalgas, necessita de carbono, nitrogênio, fósforo e outros micronutrientes para o seu crescimento e sua manutenção. Estes nutrientes são utilizados no preparo de um meio no qual as microalgas são cultivadas, este meio é chamado de meio de cultivo.

O carbono é a principal fonte de nutrientes para o crescimento de microalgas. Este nutriente pode ser fornecido pelo  $\text{CO}_2$  do ar, que contém somente 0,03% de  $\text{CO}_2$ ; pelo  $\text{CO}_2$  formado na queima de combustíveis, ou por  $\text{NaHCO}_3$  (bicarbonato de sódio), adicionado ao meio de cultivo.

Em lagos naturais as fontes de carbono utilizadas pelas microalgas são  $\text{CO}_2$  atmosférico ou carbonatos e bicarbonatos dissolvidos. A água da Lagoa Mangueira é utilizada no cultivo de *Spirulina* por apresentar altas concentrações de carbonatos, devido à presença de concha

Um meio de cultivo que contém os sais para o crescimento da *Spirulina* é chamado meio de cultivo Zarrouk, pois foi formulado por este cientista no ano de 1966. Existem também outros meios de cultivo, e vários estudos testam a utilização de fontes alternativas de nutrientes, como melão, açúcares, efluentes industriais, água da Lagoa Mangueira, entre outros.

### Temperatura

A temperatura é um fator importante na vida de todos os seres vivos. A temperatura ótima para o crescimento de *Spirulina* está entre 30 – 38°C. Estudos mostram que esta microalga consegue crescer a 8°C. Porém, abaixo de 15°C ou acima de 40°C, o crescimento é limitado, ocorrendo lentamente.

A temperatura influencia também na composição das células da *Spirulina*, alterando a concentração de proteínas e lipídios.

### Luz

A luz é um fator muito importante para a realização da fotossíntese. Níveis extremos de luz no cultivo de microalgas podem diminuir a atividade fotossintética e conduzir a um processo desfavorável ao crescimento. Em altas concentrações as células da superfície causam sombreamento nas células em maiores profundidades no interior do cultivo reduzindo a penetração de luz na cultura.

### Agitação

A agitação nas culturas de *Spirulina* é importante pois todas as células devem receber luz para fazer a fotossíntese. A agitação impede a formação de aglomerados celulares, garantindo incidência luminosa suficiente às células. Além disso, permite a captação de  $\text{CO}_2$  da atmosfera na superfície do meio líquido, e a liberação de  $\text{O}_2$  produzido na fotossíntese. A agitação pode ser feita através de pás rotativas ou por meio de aeração.



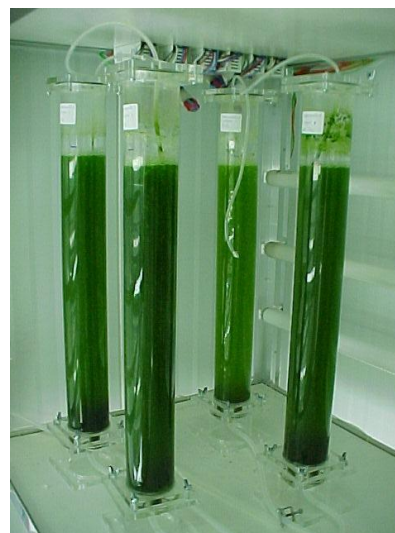
## Biorreatores para o cultivo de *Spirulina*

Biorreatores são tanques ou recipientes onde a *Spirulina* é cultivada. Podem ter poucos litros (Figura 10) até dezenas de milhares de litros (Figura 11). Há uma grande variedade de formas possíveis para biorreatores, no entanto, os mais utilizados para a produção em grande escala são os biorreatores abertos agitados mecanicamente.

Embora biorreatores abertos dificultem ou impossibilitem o controle de certas variáveis, como temperatura e evaporação, com influência no crescimento da microalga, sistemas abertos expostos a condições ambientais naturais são os mais utilizados para o cultivo de *Spirulina* em grande escala, devido principalmente ao aproveitamento da energia solar e ao baixo custo e simplicidade de construção e operação. A cobertura dos cultivos por um túnel de filme transparente já foi avaliada como uma alternativa de baixo investimento para reduzir os efeitos ambientais prejudiciais, com a vantagem de permitir que a luz solar atinja os cultivos.

Os fotobiorreatores para produção comercial de *Spirulina* são geralmente na forma de tanques alongados abertos, com área de até 5000 m<sup>2</sup>, profundidade menor que 0,3 m e agitados por pás rotativas. O material empregado para a construção é geralmente concreto ou PVC.

**Figura 10** – Biorreatores para o crescimento de *Spirulina* em laboratório



(a)

(b)



(c)



(d)

**Figura 11** – Cultivo de microalgas em biorreatores abertos: (a) Califórnia; (b) Hawái; (c) Taiwan; (d) em Santa Vitória do Palmar

#### SITES INTERESSANTES SOBRE *Spirulina*

<http://www.earthrise.com/home.asp>

<http://www.cyanotech.com/>

<http://Spirulina.org.uk/portugese/.htm>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Spirulina>

<http://www.Spirulina.com/>

<http://www.Spirulinasource.com/>

<http://www.leb.furg.br/>