

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
VERA LUCIA BELLIN MARIANO

CULTIVO DE MICROALGAS EM FOTOBIORREATORES

CURITIBA
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
VERA LUCIA BELLIN MARIANO

CULTIVO DE MICROALGAS EM FOTOBIOREATORES

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC,
apresentado a Universidade Federal do Paraná
como exigência parcial à obtenção do título de
Pós-Graduação *Lato Sensu* em Mídias Integradas
na Educação.

Orientador: Professor José Roberto Bürger

CURITIBA
2011

RESUMO

Diminuir o aquecimento global e encontrar substitutos para o uso dos combustíveis fósseis são prioridades na preservação ambiental. Uma das alternativas consiste no uso de fontes renováveis de energia como os biocombustíveis. Entretanto, a produção de biocombustíveis não deve ocorrer à custa da redução da produção de alimentos, portanto, esforços devem ser feitos para diminuir a dependência de terras cultiváveis para a produção de matéria prima para biocombustíveis. O cultivo de microalgas consiste em uma escolha inteligente tendo em vista a alta produtividade de óleo em comparação as plantas. O principal objetivo deste projeto é a busca de aprimoramento das tecnologias de cultivo de microalgas com objetivo de aumentar a produção de biomassa com a utilização de fotobiorreatores confeccionados com materiais reciclados e a utilização das mídias para pesquisas e realizações de trabalhos.

Palavras-chave: biodiesel, microalgas, fotobiorreator, mídias, microscopia.

ABSTRACT

Reduce global warming and find substitutes for the use of fossil fuels are a priority on environmental preservation. One alternative is the use of renewable energy such as biofuels. However, biofuel production should not occur at the expense of reduced food production, therefore, efforts should be made to reduce dependence on arable land to produce raw materials for biofuels. Cultive consists of a smart choice in view of high oil yield compared to plants. The main objective of this project is the improvement of technologies for cultivation of microalgae in order to increase biomass production, oil content and use of by-products. New approaches will be employed in the construction of photobioreactors and digesters.

Keywords: biodiesel, biogas, micro algae, photo bioreactor, digester, self-sustaining

SUMÁRIO

01	DADOS DE IDENTIFICAÇÃO	05
02	RESUMO	07
03	INTRODUÇÃO	07
04	PROBLEMATIZAÇÃO	09
05	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	09
	5.1 OBJETIVO GERAL	09
	5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	09
06	JUSTIFICATIVA	10
07	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
	7.1 Microalgas	12
	7.2 Composição das Microalgas	13
	7.3 Ambiente de Cultivo	14
	7.4 Frascos de Cultivo	14
	7.5 Crescimento Autotrófico	15
	7.6 Crescimento Heterotrófico e Mixotrófico	15
	7.7 Contagem de microalgas	15
	7.8 Separação de biomassa	16
	7.9 Secagem de Microalgas	16
	7.10 Composição do Meio	16
	7.11 Água do Mar	16
	7.12 Água Doce	17
	7.13 Fotobiorreatores	17
	7.14 Aplicações Comerciais das Microalgas	20
	7.15 Biodigestores	21
08	ESTRATÉGIAS DE AÇÃO	22
	8.1 Organização das equipes	23
	8.2 Apresentação do projeto e reunião das equipes	24
	8.3 Aula inaugural para os alunos	24
	8.4 Coleta de microalgas em córregos e rios da região	24
	8.5 Microscopia	24
	8.6 Preparo do meio de cultivo	25
	8.7 Cultivo Celular e condições de cultivo	25
09	CRONOGRAMA DAS AÇÕES	26
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
11	REFERÊNCIAS	28

3. INTRODUÇÃO

O estudo sobre o cultivo de microalgas abre a perspectiva de trabalho do professor de biologia, pois atualmente existe uma grande demanda pelos biocombustíveis como alternativa ao óleo diesel de origem fóssil. A busca por um combustível renovável promoveu o surgimento de novos projetos com o objetivo de aumentar e diversificar a produção de plantas oleaginosas que são matéria prima para produção de biodiesel.

O crescimento dramático da demanda de energia global e a expectativa da redução do suprimento e finalmente do desaparecimento do combustível fóssil são motivações inadiáveis para a busca de fontes renováveis para geração de energia elétrica, aquecimento, refrigeração, ar condicionado, transporte e outros processos. Um dos cenários possíveis de uso de fontes renováveis de baixa intensidade é a geração distribuída de energia elétrica nos locais das aplicações, através de sistemas de baixa potência e de forma limpa (e.g., suprimento de energia para a “casa verde” através da energia solar). Os combustíveis renováveis (de carbono “neutro”) como necessários para a sustentabilidade econômica e ambiental. O biodiesel derivado de plantações é uma dessas alternativas de combustível de carbono “neutro” para os combustíveis fósseis. O problema é que o biodiesel de plantações, resíduo de óleo de cozinha e gordura animal não pode atender sequer uma pequena parte da demanda de combustíveis, uma vez que exigiria áreas plantadas não realísticas, mesmo para um país de extensão continental como o Brasil, Chisti (2007, p. 36), reporta que, se o óleo de palma (planta de alto conteúdo de óleo) fosse utilizado para produzir biodiesel, 24 % da área cultivável de terra dos Estados Unidos seria necessária para atender 50 % da demanda anual de combustível para transporte. Assim, uma alternativa viável é a utilização de microalgas como fonte de biodiesel renovável que poderia atender a demanda de combustível para geração de energia e transporte. As microalgas necessitam de energia solar e CO₂ para produzirem óleos, mas com uma eficiência muito maior do que em plantações de oleaginosas. Um estudo recente de revisão mostra que a produtividade de óleo de muitas microalgas é grandemente superior à de plantações de oleaginosas (Chisti, 2007, p. 51), e que também argumenta que as microalgas parecem ser a única fonte de biodiesel com potencial para substituir completamente o diesel fóssil.

As microalgas podem prover vários tipos diferentes de biocombustíveis renováveis. Dentre eles estão o biodiesel derivado do óleo da microalga (Roessler *et al.*, 1994, p. 63; Sawayama *et al.*, 1995, p.87; Banerjee *et al.*, 2002, p.131; Gavrilescu e Chisti, 2005, p.89)

e o metano produzido da digestão anaeróbica da biomassa da alga (Spolaore *et al.*, 2006, p. 21).

A dificuldade de obtenção do combustível renovável (e.g., etanol, biodiesel) em comparação com o combustível fóssil, obtido diretamente por extração mineral, requer a previsão de sistemas eficientes energeticamente para atender à demanda energética, que reduzam a demanda de combustível para realizar seus propósitos. Os sistemas de co-geração, trigeração ou multi-geração visam atingir esse objetivo. A melhoria, otimização e controle de sistemas desse tipo é um aspecto crucial para a obtenção de bons resultados. Uma análise teórica de um sistema térmico, para ser confiável, deve ser capaz de capturar os aspectos "realísticos" dos processos de transferência de calor e massa que ocorrem na instalação.

Neste contexto, a produção de biodiesel a partir de microalgas cultivadas apresenta grandes vantagens e justifica o grande interesse neste processo em todo o mundo. As microalgas têm sido propostas como matéria prima para a produção de biocombustíveis, pois, em relação aos vegetais superiores, apresentam maior eficiência fotossintética, rápido crescimento, maior produção de biomassa por área e cultivo em condições climatológicas não adequadas às outras culturas tradicionais possibilitando a utilização de áreas desérticas. Além disso, podem usar resíduos industriais como fonte de carbono para seu crescimento como o CO₂ e efluentes orgânicos. Microalgas são organismos que apresentam uma grande diversidade. Encontramos microalgas em rios, lagos, mares e até mesmo no solo. Deste modo, pode-se desenvolver a produção de microalgas de água salgada cujos processos não utilizem água doce destinada a irrigação de lavouras ou consumo humano.

O maior problema para produção de biocombustíveis a partir de microalgas é o alto valor dos processos utilizados e a falta de domínio da tecnologia envolvida. Entretanto, em um cenário em que o barril de petróleo está com um valor muito elevado, a produção de biodiesel de microalgas constitui uma alternativa de mercado muito importante.

As principais características das microalgas que possibilitam sua utilização para produção de biocombustíveis são seu alto teor lipídico (algumas microalgas apresentam até 70% do seu peso seco em óleo) e sua alta taxa de reprodução. Entretanto, devido a sua composição distinta (pigmentos, lipídeos ricos em óleos insaturados, proteínas, minerais, etc.), as microalgas estão presentes em diferentes áreas como nutrição, saúde

humana e animal, química, entre outras. Há séculos a coleta e o cultivo de microalgas para utilização na alimentação humana já são realizadas, e, atualmente, as pesquisas em biotecnologia vem ganhando especial atenção.

As microalgas podem também ser cultivadas em uma instalação industrial com o uso de fotobiorreatores. Neste caso, além de ser necessária uma superfície muito menor do que a das piscinas abertas, a utilização de fotobiorreatores ajuda novamente a minimizar a preocupação com o uso da terra para se produzir biocombustíveis ao invés de alimentos.

As microalgas são organismos unicelulares de crescimento rápido que realizam fotossíntese, consumindo CO_2 e produzindo lipídios de forma mais eficiente. Na cultura das microalgas pode ser usado o CO_2 resultante de processos industriais, permitindo tornar este poluente numa matéria-prima. Os lipídios (óleos) produzidos pelas microalgas apresentam características físico-químicas similares às dos óleos vegetais comuns, podendo, tal como estes, ser utilizados como matéria-prima para obtenção de biodiesel.

4. PROBLEMATIZAÇÃO

Precisamos de um combustível alternativo para suprir a demanda com o gasto de energia e o cultivo de microalgas é uma alternativa viável para o País.

O Brasil é o país mais rico do mundo em biodiversidade e com um clima muito favorável ao desenvolvimento e cultivo de microalgas. Hoje este tema é amplamente debatido, pois a necessidade de produzir biocombustíveis como uma alternativa as oleaginosas é uma das soluções para um futuro promissor. Nossas reservas de petróleo estão acabando e a produção de microalgas é uma das maneiras encontrada por pesquisadores do mundo todo para suprir a demanda dos meios de transportes. Cabe a nós professores transmitirmos aos nossos alunos, esse conhecimento e buscarmos despertar o pensamento crítico e ambientalmente correto. Precisamos orientar as pesquisas na internet em sites confiáveis e utilizar diversos programas como gráficos e tabelas, audacity, cmap tools e outros para melhor fixação dos conteúdos.

O cultivo de microalgas tanto em fotobiorreatores quanto em piscinas a céu aberto (tipo pista de corrida), além do futuro promissor quanto à produção em larga escala de biodiesel, existe uma alternativa viável aos proprietários rurais que é a aqüicultura.

As microalgas são apresentadas pela literatura como grandes produtoras de óleo (até

oitenta por cento em relação à biomassa seca) bem como apresentam grande velocidade de crescimento (podem duplicar o número de células em até duas horas durante o crescimento exponencial). Comparando em relação à área de cultivo a produtividade das microalgas com as plantas tradicionais (milho, soja, palma, dendê) fica evidente a superioridade de produção desses microorganismos. Além disso, o cultivo pode ser efetuado em terras impróprias para o cultivo de alimentos, bem como utilizar águas salobra ou do mar não necessitando do uso de água de irrigação.

Desta forma, a utilização das microalgas como matéria prima para a produção de biocombustíveis como o biodiesel se torna claramente importante no momento em que vivemos.

As microalgas podem ser produzidas através do cultivo em tanques (método tradicional) ou em fotobiorreatores. O uso dos fotobiorreatores mostra-se mais interessante quando se compara a produtividade de biomassa por volume de meio de cultivo utilizado.

Orientar corretamente os nossos alunos para uma prática que pode utilizar aquela água imprópria para o consumo no cultivo das microalgas e que estas podem num futuro ser útil ao desenvolvimento tanto para alimento, medicamento ou transporte é um problema de conscientização ambiental.

Precisamos pensar e agir localmente para que o todo se concretize. Manter as famílias no campo evitando o êxodo rural significa melhora da qualidade de vida da população.

Dessa forma esse projeto pretende cultivar microalgas em fotobiorreatores construídos e operados pelos alunos. Primeiramente através da coleta de águas em rios, lagos e minas da região. Essas águas serão analisadas através da confecção de lâminas, no microscópio trinocular e no estereomicroscópio com câmara CCD color ou com um microscópio óptico binocular e câmara fotográfica comum. As microalgas identificadas serão fotografadas e arquivadas no banco de dados através da utilização de um programa como o Picasa onde serão editadas para a futura publicação em um Blog ou Fotolog. Através desta atividade, diferentes áreas da Ciência serão contempladas e utilizadas para discussões durante as aulas práticas e teóricas.

5. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.

5.1 OBJETIVO GERAL

- Identificar as microalgas através das coletas, realizando o cultivo, a análise, as fotomicrografias, a filtragem e secagem para obtenção da biomassa residual, utilizando as mídias em todas as etapas do trabalho.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar amostras de águas em rios, lagos, represas e córregos da região.
- Analisar o material coletado em microscópio óptico binocular, estereomicroscópio trinocular ou microscópio trinocular com câmara CCD color.
- Construir fotobiorreatores: Diferentes geometrias e materiais serão utilizados como garrafas PET, balões de vidro, galões de 20 l. Para agitação do meio de cultivo e injeção de CO₂ serão utilizados bombas de aquário.
- Preparar meios de cultivo: Químicos (insumos agrícolas) e Orgânicos (resíduos, urina, etc.), (Discussão – Aspecto ambiental da utilização de resíduos orgânicos. Qual a possível composição desses resíduos? O que a microalga precisa para seu metabolismo?)
- Acompanhar o cultivo de microalgas através da análise visual (densidade da cultura) e análise de amostras coletadas nos microscópios ópticos binocular ou trinocular (Discutir e analisar a pluralidade de formas de microalgas presentes no meio de cultivo – Por que existem tantas variedades nos cultivos de laboratório?). Poderia ser feito cultivo com apenas uma espécie de microalgas? Qual a microalga identificada que nos fornece maior quantidade de biomassa residual?
- Secar as microalgas em fornos (50°C) ou estufas construídas pelos alunos (caixa de madeira coberta forrada com lona preta e coberta por plástico transparente) expostas ao sol (Discutir o uso de energias renováveis em processos industriais).
- Pesar o material produzido e calcular as produtividades em mg% (Comparar a eficiência dos diferentes processos. Qual processo seria mais vantajoso economicamente e por quais motivos?). Utilizar primeiramente dois litros de cultivo (ambiente climatizado com ingestão de ar) e em seguida vinte litros cultivados com

as águas coletadas na zona rural. Utilizar um programa disponível nos laboratórios do Proinfo ou Paraná Digital para produzir os gráficos e tabelas e analisar os resultados obtidos com o auxílio dos professores das disciplinas de matemática e informática.

- Apresentação dos resultados para a comunidade na forma de uma exposição: Utilizando computador e internet para demonstração de todas as etapas registradas no Blog.

Confecção de banner utilizando um programa disponível na escolar para explicar o processo de cultivo das microalgas e também um banner só com as fotos das etapas realizadas durante todo o período (seleção no banco de dados).

Montagem do ambiente de cultivo em ambiente climatizado para a verificação da reprodução das microalgas e demonstração do funcionamento dos fotobiorreatores construídos com materiais reciclados. Abordar as aplicações comerciais das microalgas com foco em biocombustíveis e alimentação.

- Apresentação das microalgas produzidas na forma de biomassa seca, e palestra com professor especialista no assunto,

6. JUSTIFICATIVA

Considerando a minha experiência como professora de Biologia e de aulas práticas no laboratório no Ensino Médio, como também as leituras realizadas no primeiro e segundo períodos do Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE), foi possível perceber que:

As pesquisas na internet são fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos relacionados ao tema proposto. Novas pesquisas estão diariamente sendo registradas na mídia e esta tarefa de pesquisa é fundamental para o aprofundamento teórico relacionado ao trabalho. E também pela construção de mapas conceituais (Cmap tools) se adquire condições de compreender melhor os mecanismos para o desenvolvimento das práticas a serem realizadas.

O envolvimento do professor e dos alunos acontece em vários momentos, ou seja, no momento das saídas extra-classe, no momento da coleta do material, no momento da motivação para as aulas práticas, no momento da preparação do material para análise, no momento da reflexão sobre o tema, no momento da apresentação do relatório final, no

momento da produção do blog e no momento da produção do vídeo.

Neste sentido, é viável desenvolver, com o coletivo dos professores envolvidos no projeto, um trabalho que enfoque de forma inovadora as pesquisas, as práticas de laboratório e o uso de materiais alternativos para confecção dos mesmos e a defesa do meio ambiente enfocando a alteração do clima do planeta. Segundo a Reunião do Clima realizada no final de 2009 em Copenhague, Dinamarca, projetos de proteção ao planeta devem ser estruturados imediatamente para termos um futuro promissor. Cabe ao professor neste caso, indicar os itens a serem trabalhados a fim de que os alunos assimilem novos conceitos, e a cada prática novos tópicos surgirão. As atividades de pesquisa e aulas práticas são fatores primordiais para o aprimoramento do texto do aluno. É só com o trabalho comprometido com a Biologia que terá condições de dar conta do ato de conhecimento. Isso é o que se espera com a implementação desta proposta.

7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente é crescente o interesse no uso de microalgas para a produção de biocombustíveis tais como: biodiesel, óleo craqueano, hidrogênio e metano. Além disso, essas culturas podem ser usadas para capturar e utilizar o CO₂ emitido por usinas termoelétricas ou por outras fontes. As microalgas, plantas aquáticas microscópicas, são cultivadas em grandes piscinas ou lagoas abertas usando rodas de pás como agitadores. Também podem ser cultivadas em fotobiorreatores construídos em uma instalação industrial, e não em terras agriculturáveis ajudando no combate do uso do solo para a produção do biodiesel. Elas crescem em suspensão na água na presença de nutrientes necessários além da adição do CO₂ do ar ou de alguma instalação industrial. As microalgas produzidas são convertidas em biocombustíveis renováveis reduzindo o uso de combustíveis fósseis.

O biodiesel é um combustível obtido de fontes limpas e renováveis (ciclo curto do carbono) que não contém compostos sulfurados (não contribui para formação de chuvas ácidas) e aromáticos; apresenta alto número de cetanos (o correspondente a octanos na gasolina); e é biodegradável. Esse biocombustível, quando comparado ao diesel, oferece vantagens para o meio ambiente como a redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂, o principal responsável pelo efeito estufa) e de materiais particulados. Essas vantagens são traduzidas em menos custos com a saúde pública, visto o grande consumo de óleo diesel nos transportes rodoviários e automotivos nas grandes cidades. (COSTA NETO e COLS. 2000, p. 92).

Têm-se como principais vantagens das microalgas entre os vegetais superiores, uma maior produção de biomassa por área, mais rápido crescimento, possibilidade de uso de resíduos no cultivo, uma maior capacidade de biofixação de CO₂ e facilidade para alterar-se o teor de lipídios. As microalgas podem crescer praticamente em qualquer lugar onde exista bastante luz solar. Como desvantagem deve-se ressaltar um alto custo de produção.

As microalgas são uma atrativa alternativa às oleaginosas como soja, milho, canola, girassol, pinhão manso e palma (dendê). Isso devido a sua elevada densidade de lipídios, que faz com que elas possam produzir mais óleo por hectare, podendo assim reduzir os custos dos biocombustíveis.

Este trabalho mostra os principais aspectos sobre as microalgas e sua importância na produção de energia permitindo conscientizar os alunos para a problemática ecológica, ambiental e social e suas implicações na sustentabilidade do planeta. Leff (2001, p. 409) diz que:

“Além da possibilidade de acender a um estado de equilíbrio através de uma “gestão racional do ambiente”, a pergunta pela sustentabilidade se apresenta como um problema sobre o sentido da vida. A sustentabilidade reafirma a relação entre cultura e natureza; entre os diferentes significados culturais e os diversos potenciais da natureza. A sustentabilidade implica um processo de apropriação cultural da *produtividade nequentrópica de biomassa* gerada pela fotossíntese, por diferentes estilos étnicos e diversos projetos de gestão produtiva da riqueza vital do planeta. A sustentabilidade se funda na capacidade de vida do planeta fundada nesse fenômeno nequentrópico único – a fotossíntese – que permite transformar a energia radiante do Sol em biomassa”.

7.1 MICROALGAS

As microalgas são as algas unicelulares que compõem a base da cadeia alimentar nos mares e rios e são conhecidas como plâncton. O comércio atual de microalgas destina-se a produção de matérias primas para a indústria de cosméticos, alimentos e aquicultura (GUIL-GUERRERO, 2004). Para a indústria cosmética as algas são comercializadas congeladas e fornecem a matéria prima necessária para a elaboração de cremes anti-rugas devido a sua grande concentração em ácidos graxos com grandes capacidades regenerativas da pele. Essa composição diferenciada de ácidos graxos, principalmente os insaturados como Ômega-3 e Ômega-6, além da elevada concentração de proteínas e carboidratos coloca as microalgas como fontes ideais de nutrientes para a elaboração de alimentos funcionais, correção de alimentos na forma de aditivos ou até mesmo de

nutracêuticos (FORTMAN *et al.*, 2008, p. 132).

As microalgas apresentam uma estrutura celular muito simples em relação às plantas superiores que têm sofisticados sistemas de transporte. A energia química acumulada após o processo de fotossíntese não é desviada para a construção de estruturas complexas permitindo, desta forma, o melhor aproveitamento para a produção de novas células.

Os processos de cultivo de organismos unicelulares normalmente começam com a adição de uma quantidade padronizada de células chamada de inóculo. A qualidade do inóculo está diretamente ligada a qualidade do processo de crescimento. A adição de quantidades menores que as ideais levam a tempos de crescimento demorados e conseqüentemente baixa produtividade.

7.2 COMPOSIÇÃO DAS MICROALGAS

Como as microalgas não possuem estruturas especializadas, além da presença dos pigmentos fotossintetizantes, sua composição basicamente consiste em carboidratos, proteínas e lipídeos. A Tabela 1 resume a composição de algumas microalgas de interesse para produção de biocombustíveis em relação às proporções de carboidratos, proteínas e lipídeos.

A literatura demonstra que variações nas condições de cultivo como a temperatura, concentração de sais, nitrogênio e CO₂, por exemplo, interferem diretamente na composição bioquímica da microalga (UGWU *et al.*, 2008, p. 38; VOLTOLINA *et al.*, 2008, p. 129; TONON *et al.*, 2002, p. 121; LI *et al.*, 2007, p. 75). A concepção de fotobiorreatores modulares permitirá o teste desses diferentes parâmetros para obter alto teor de lipídeo e grande produção de biomassa.

Microalga	Carboidratos	Proteínas	Lipídeos
<i>Chaetoceros muelleri</i> (Lemm.) (VOLTOLINA <i>et al.</i> , 2008; TONO <i>et al.</i> , 2002)	11–19%	44–65%	22–44%
<i>Chaetoceros calcitrans</i> (Paulsen) Takano (TONON <i>et al.</i> , 2002)	10%	58%	30%
<i>Isochrysis galbana</i> (Parke) (SAYEGH <i>et al.</i> , 2007; LI <i>et al.</i> , 2007)	7–25%	30–45%	23–30%
<i>Chlorella</i> sp. (CHISTI, 2007)	38–40%	12–18%	28–32%
<i>Nannochloropsis</i> sp. (CHISTI, 2007)	n.d.	n.d.	31–68%
<i>Neochloris oleoabundans</i> (CHISTI, 2007)	n.d.	n.d.	35–54%
<i>Schizochytrium</i> sp. (CHISTI, 2007)	n.d.	n.d.	50–77%

n.d. – não disponível

Tabela 1 – Composição bioquímica de microalgas

7.3 AMBIENTE DE CULTIVO

O ambiente de cultivo consiste no local específico em que são realizados os cultivos de microalgas, independentemente da sua dimensão. Os cultivos podem ser realizados em salas climatizadas ou câmaras incubadoras, o que permite grande controle dos fatores que afetam o crescimento das microalgas como a temperatura e iluminação.

A temperatura ideal do local de cultivo deve ser definida em função das microalgas que estão sendo cultivadas. Espécies tropicais podem ser cultivadas sob temperaturas entre 20 e 25°C. Temperaturas constantes são desejáveis, pois fornecem maiores estabilidades aos experimentos e operações de rotina.

A iluminação é fundamental no cultivo de microalgas e necessita de muita atenção no projeto e execução. Os melhores resultados com cultivos de microalgas são alcançados com iluminação artificial fluorescente. O uso de luz difusa é geralmente insuficiente para promover o crescimento adequado de microalgas, exceto espécies com afinidades por ambientes de baixa intensidade luminosa como as cianobactérias. Cuidado deve ser tomado na utilização de lâmpadas e reatores que liberam calor, principalmente em salas onde a temperatura não é controlada.

7.4 FRASCOS DE CULTIVOS

Uma grande vantagem em se trabalhar com microalgas é possibilidade de utilizar

diferentes materiais para os cultivos. As tradicionais vidrarias de laboratório fornecem uma excelente plataforma de trabalho para esses microorganismos. Além disso, aparatos de plásticos como policarbonato e polipropileno podem ser esterilizados em autoclave, facilitando o trabalho com microalgas como as diatomáceas que podem ser influenciadas por silicatos solúveis proveniente de materiais de vidro. As microalgas também podem ser cultivadas até mesmo em sacos plásticos flexíveis

7.5 CRESCIMENTO AUTOTRÓFICO

Cada microalga necessita de um meio de cultivo apropriado para sua manutenção. Esses meios de cultivo provêm todos os elementos necessários ao crescimento da microalga como fontes de Macronutrientes (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Magnésio, Ferro e Silício), Micronutrientes (Manganês, Molibdênio, Cobalto, Boro, Vanádio, Zinco, Cobre e Selênio) e Fatores Orgânicos (Vitaminas). Além disso, os meios de cultivo podem apresentar sistemas para controle de íons como o quelante EDTA e controle de pH (sistemas tampão). Os meios clássicos para manutenção de algas marinhas e de água doce estão descritos em Lourenço (2006). A Fonte de Carbono utilizada em todos esses sistemas descritos é o CO₂ do ar fornecido a partir da aeração das culturas.

Fontes alternativas de nutrientes serão avaliadas no projeto para possibilitar a produção de biomassa em larga escala com baixo custo. Será dada ênfase aos subprodutos de processos agroindustriais como efluentes de processos fermentativos (vinhaça), resíduos úmido da extração da fécula de mandioca, efluentes de biodigestores, glicerina (subproduto da síntese do biodiesel) etc.

7.6 CRESCIMENTO HETEROTRÓFICO E MIXOTRÓFICO

Alternativamente serão avaliadas condições de crescimento de microalgas em meios de cultivo contendo fonte de carbono orgânico na ausência (heterotrófico) e presença de luz (mixotrófico). Serão estudados como fonte de carbono a glicose, glicerol, hidrolisado de amido, acetato de sódio, entre outros.

7.7 CONTAGEM DE MICROALGAS

Uma das formas mais eficiente de se acompanhar o crescimento das microalgas nos

cultivos consiste na contagem direta em microscópio. Esse processo utiliza hemocitômetros, também conhecidos como câmara de Neubauer e requer microscópios com aumento de pelo menos 400 vezes. Outras medidas que complementam a contagem em microscópio são o uso da leitura de fluorescência *in vivo*, densidade óptica, medidas de biomassa e composição química.

7.8 SEPARAÇÃO DA BIOMASSA

Em escala laboratorial a biomassa de microalgas cultivadas em fotobiorreatores pequenos pode ser separada por floculação com NaOH ou FeCl₃, centrifugação e/ou filtração. Normalmente uma combinação destas metodologias propicia uma eficiência aumentada como, por exemplo, a floculação seguida de centrifugação.

7.9 SECAGEM DE MICROALGAS

A biomassa pode ser seca através de processos de secagem em estufa com ou sem circulação de ar, ou ainda através de liofilização. Alternativamente caixas de secagem que utilizam o sol como fonte de calor apresentam grande praticidade para secagem de pequenas quantidades de biomassa de microalgas.

7.10 COMPOSIÇÃO DO MEIO

A composição do meio de cultura é definida em função da microalga e das condições de cultivo. Existem algas capazes de crescer em distintos meios como água doce, água do mar, água salobra e até mesmo águas com alta concentração de poluentes como lagoas de tratamento de resíduos industriais e esgoto.

7.11 ÁGUA DO MAR

O uso de algas que crescem em água do mar viabiliza um modelo de produção de biodiesel que não compete com o cultivo de alimentos já que usa água que não se destina a irrigação. O uso desse sistema se justifica em regiões costeiras onde o custo para o uso da água do mar é baixo e a produção de um resíduo de alto teor de sal não preocupa.

A água do mar possui principalmente cloreto de sódio em sua composição (aproximadamente 35 g.l⁻¹). O uso de um meio contendo apenas esse sal não atende as necessidades das microalgas. Além do CO₂ e da luz solar, esses organismos necessitam de vários íons que estão presentes no meio marinho. Com o objetivo de propiciar as melhores condições de crescimento das microalgas, além de água do mar devem ser

utilizados aditivos de baixo custo como insumos agrícolas: uréia (fonte de nitrogênio) e superfosfato (fonte de fofato).

7.12 ÁGUA DOCE

Em locais distantes do litoral o uso de água salgada inviabiliza o cultivo de microalgas marinhas devido ao custo do transporte da água do mar ou do sal marinho. Além disso, criaria um problema em relação à produção de resíduos com alto teor de sal.

O cultivo de algas de água doce consome uma quantidade de água inicial. Depois da cultura estabelecida, existe apenas a necessidade de reposição de água eliminada pela evaporação nos trocadores de gases. A água pode ser reciclada no sistema precisando somente da correção dos elementos consumidos pelas algas. O meio de cultivo em água doce também precisa da adição de fontes de nitrogênio e fosfato e eventuais íons utilizados no metabolismo das microalgas.

7.13 FOTOBIORREATORES

Os primeiros cultivos comerciais de microalgas envolviam apenas recipientes grandes e com ampla superfície de contato com o ar, sendo o sistema aberto ou protegido por plásticos transparentes ou vidro (como numa casa de vegetação). Devido a altas taxas de evaporação ou contaminação excessiva, levaram ao desenvolvimento de fotobiorreatores, os quais são sistemas fechados para o cultivo de microalgas.

Fotobiorreatores são confeccionados com materiais bastante transparente como plásticos (principalmente acrílico) e vidro, permitindo plena penetração de luz. Os primeiros pesquisadores a desenharem fotobiorreatores foram Maters & Clark (1944, p. 138), cujo produto continha vários componentes confeccionados em aço. Hoje em dia eles apresentam pouquíssimas partes metálicas, que correspondem a conexões e elementos de sustentação dos componentes transparentes do sistema.

O formato da maioria dos fotobiorreatores em operação no mundo é o tubular, com disposição vertical ou horizontal dos tubos. Eles podem ser instalados em ambientes fechados, recebendo iluminação artificial, ou ser dispostos ao ar livre, recebendo energia solar. Os tubulares podem ter sistema formado por serpentina ou espirais. Começaram a ser desenvolvidos, a mais de 20 anos fotobiorreatores planos, que apresentam bom desempenho com diversas espécies em diversas localidades. Progressos têm sido alcançados com relação ao uso mais eficiente da energia solar (o ângulo dos painéis

pode ser ajustado) o que os torna muito promissor. Homero (2007), em seu artigo Biodiesel de Microalgas, disponível em sua página na internet afirma:

O fotobiorreator pode ser operado para recolher as microalgas produzidas de forma contínua ou de uma só vez. Um fotobiorreator operado dessa segunda forma é carregado inicialmente com nutrientes e com as sementes de microalgas e levado a operar até o fim da batelada, quando é realizada então a colheita das microalgas. Já em um fotobiorreator contínuo a colheita de microalga é realizada com uma frequência elevada, determinada pelos parâmetros de operação do fotobiorreator.

Os gastos associados à construção e operação dos fotobiorreatores são maiores em comparação com tanques. A viabilidade econômica dos fotobiorreatores resulta do fato de que as espécies cultivadas nesses sistemas envolvem a produção de componentes de alto valor agregado, por exemplo a fabricação de pílulas para consumo humano como complemento alimentar.

Fotobiorreatores pode proporcionar elevada produtividade, gerando mais biomassa algácea por unidade de tempo e volume. Em relação aos tanques podemos citar outras vantagens: - perdas virtualmente nulas em relação à evaporação; - redução acentuada de problemas relacionados à contaminação dos cultivos por outras algas ou organismos heterotróficos; - maior facilidade nos procedimentos de coleta de biomassa; - maior controle das trocas gasosas entre o cultivo e o ar atmosférico; - menor ocupação de espaço (vantagem especialmente importante em cultivos realizados em ambientes fechados); - maior rendimento por unidade de área e volume: - maior facilidade para reaproveitar o meio de cultura parcialmente consumido, decorrente da manipulação de menores volumes de cultivo: - alta relação superfície volume, fator que contribui para aumentar a produtividade do sistema; possibilidade de obter cultivos com elevado grau de pureza.

Os primeiros fotobiorreatores foram desenvolvidos para cultivos em ambientes fechados e compreendiam pequenos volumes, com 20-40 litros.

Nas últimas décadas com o avanço tecnológico verificado levou ao desenvolvimento de fotobiorreatores cada vez maiores, com centenas de metros de comprimento de tubos e comportando centenas de metros cúbicos de volume. Eles podem ser instalados em ambientes fechados ou ao ar livre. Homero (2007), em seu artigo Biodiesel de Microalgas, disponível em sua página na internet afirma:

A empresa GreenFuel Technologies, localizada em Cambridge (MA), realizou testes de campo utilizando um fotobiorreator que usa 13% dos gases de exaustão emitidos pela usina termoeletrica (co-geração) do Massachusetts Institute of Technology – MIT para alimentar microalgas. Um primeiro resultado foi a redução significativa das concentrações do CO₂ na exaustão, sendo esta da ordem de 82,3% em dias ensolarados e de 50,1% em dias nublados. O processo removeu também 85,9% de óxidos de nitrogênio.

A temperatura tende a ser alta em fotobiorreatores irradiados com luz artificial ou solar. A forma mais simples de controlar os aumentos de temperatura é com o resfriamento do sistema por meio de água fria circulante, sobretudo em sistemas instalados ao ar livre. No caso de ambientes fechados, o aumento da temperatura é menos importante e pode ser controlado mediante a refrigeração do ambiente como um todo.

No interior de um fotobiorreator as células permanecem em movimento constante, proporcionado pela ação de bombas elétricas.

Em fotobiorreatores pequenos é possível produzir movimentação sem o uso de bomba, por meio da adição de aeração em alguns pontos do sistema. A aeração pode ser introduzida de forma que estabeleça fluxo controlado, outro fator que gera movimentação.

A remoção de frações do cultivo realizado com fotobiorreatores é bastante simples e primeiramente envolve a interrupção dos processos de aeração e agitação. Alíquotas do cultivo são recolhidas e sofrem processo de floculação, seguido de centrifugação. Mediante a centrifugação, pode-se recuperar as algas em forma de pastas, obtendo-se por outro lado, o meio de cultura que pode ser recolhido em um tanque especial. O meio de cultivo recuperado pode ser recolocado no fotobiorreator, mas deve antes ser recolhido num reservatório, esterilizado e desinfetado.

Normalmente são poucos os problemas relacionados ao crescimento de bactérias em fotobiorreatores, pois a assepsia das atividades de rotina é grande e há pouco carbono disponível para sustentar o crescimento bacteriano. Sergio Lourenço (2006, p. 416) afirma que:

A aeração introduzida em fotobiorreatores geralmente ocorre com enriquecimento de CO₂ cuja mistura ao ar varia tipicamente entre 0,2% e 5%. A introdução de pequenas bolhas aumenta a eficiência de dissolução de carbono no meio da cultura. Contudo, o excesso de CO₂ também pode acarretar efeitos adversos, relacionados à acidificação do meio de cultura. Se o meio de cultura apresenta nitrato como fonte de nitrogênio, cujo consumo produz alcalinização do meio, a adição de CO₂ pode neutralizar o processo de alcalinização.

A tendência atual é o desenvolvimento de sistemas cada vez mais automatizados de agitação, aeração, colheita e filtração, mediante a instalação de sensores em pontos específicos que permitem avaliação eficiente da produtividade do cultivo.

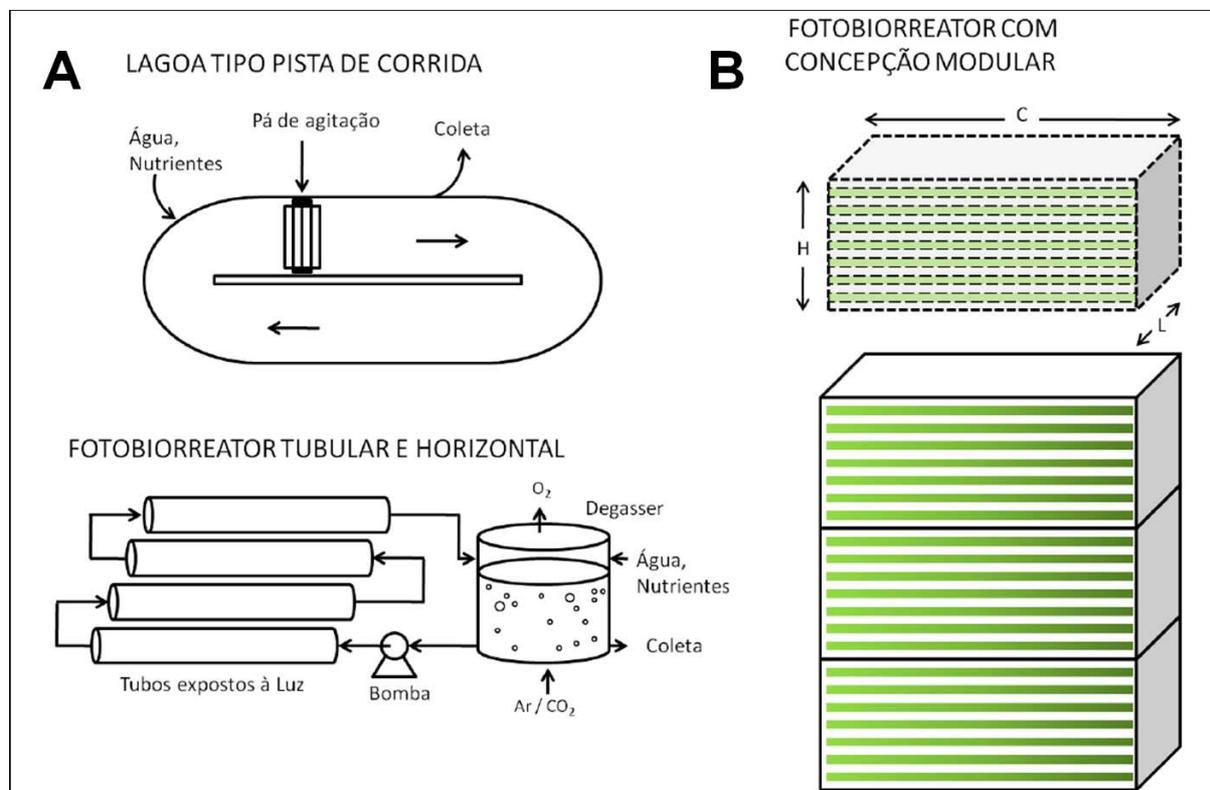


Figura 1 – Produção de microalgas. A – Formas de cultivo de microalgas: Lagoa tipo pista de corrida e Fotobiorreatores. B – Fotobiorreator tubular horizontal e compacto (Fonte: Mariano et al, 2010).

7.14 APLICAÇÕES COMERCIAIS DE MICROALGAS

Atualmente as pesquisas em biotecnologia alimentar empregando microalgas vêm ganhando especial atenção, no entanto, a coleta e o cultivo para utilização na alimentação humana são realizados há séculos (Richmond, 1988). Segundo o mesmo autor, povos nativos do Chade, na África, e do lago Texcoco (Astecas), no México, alimentavam-se de produtos feitos com biomassa de *Spirulina* spp. e, ainda hoje, os nativos do Chade, em determinadas épocas do ano, dependem quase que exclusivamente da coleta da biomassa desta microalga para sua alimentação (Jourdan, 1996, p. 87).

O potencial biotecnológico de microalga fica evidente quando se examina a literatura. Em resumo, todas as aplicações existentes de microalgas estão relacionadas, além da do seu rápido crescimento, à sua composição química. A importância da composição química

das microalgas manifesta-se pelo balanço dos componentes majoritários (proteínas, carboidratos e lipídeos totais) ou pela concentração de substâncias específicas tipicamente menos abundantes (pigmentos, ácidos graxos, dependendo da aplicação em questão (Lourenço, 2006, p. 76).

As microalgas são muito utilizadas em aqüicultura comercial e ornamental, alimentação humana (suplementos e nutracêuticos), fontes de pigmentos (caroteno e astaxantina), cosméticos e ácidos graxos de alto valor agregado (Ácido linolênico, ácido aracdônico, ácido eicosapentanóico, ácido docosaheptaenóico). Alguns compostos de interesse produzidos pelas microalgas estão descritos na Tabela Tabela 1 – Produtos obtidos de microalgas *

	Produto	Aplicação
Biomassa	Biomassa	“health food” Alimentos funcionais Aditivos alimentares Aqüicultura Condicionador de solo
Corantes e Antioxidantes	Xantofilas (astaxantina e cantaxantina) Luteína Caroteno Vitamina C e E	Aditivos alimentares Cosméticos
Ácidos Graxos	Ácido Araquidônico Ácido eicosapentaenóico Ácido decosaheptaenóico Ácido – linolênico Ácido Linolênico	Aditivos Alimentares
Enzimas	Superóxido dismutase Fosfoglicerato quinase Luciferase e Luciferína Enximas de restrição	“healt food” Pesquisa Medicina
Polímeros	Polissacarídeos – Amido, Ácido Ácido poli-hidroxibutírico	Aditivos Alimentares, Cosméticos, Medicina
Produtos Especiais	Peptídeos, toxinas, isótopos, aminoácidos, esteróis	Pesquisa Medicina

Fonte Barbosa(2003).

7.15 BIODIGESTOR

Durante o processo de produção biodiesel a partir de biomassa de microalgas serão gerados resíduos em diferentes etapas. Desse material serão separadas

substâncias de valor comercial que eventualmente estejam presentes. O restante será destinado a um biodigestor para decomposição anaeróbica com formação de biogás (metano) em um biodigestor modular projetado previamente. O processo de produção de biogás a partir desses resíduos consiste em um reator cilíndrico e hermético onde os resíduos fermentarão produzindo o biogás que é captado no topo. O processo tem um tempo de retenção de aproximadamente 40 dias. Os gases gerados no biodigestor podem ser utilizados para produção de calor por queima direta ou produção de energia elétrica. Em trabalho recente Vergara–Fernández *et al.* atingiram uma produção de 180 mL.g^{-1} de alga seca.dia⁻¹, com concentração de metano de 65% (VERGARA–FERNÁNDEZ *et al.*, 2008, p. 101) o que mostra o potencial energético do material em questão

8. ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

O presente trabalho será realizado na cidade de Ibaiti, conhecida como a “Rainha das Colinas”. Com uma área de 956,26 mil metros quadrados, o município de Ibaiti está localizado no Norte Pioneiro do Paraná a 290 quilômetros da capital Curitiba. O entroncamento rodoviário permite fácil acesso aos países companheiros do Brasil no Mercado Comum do Cone Sul (Mercosul), a importantes capitais brasileiras e cidades polos regionais do Paraná pelas PR 272, 273, 435 e BR 157. Ibaiti conta ainda com o Aeroporto Campinho. A temperatura geralmente amena lembra o clima serrano, proporcionado pela própria geografia da região, que envolve a Serra do Caratuva e o Pico Agudo, ambos com mil metros de altitude. De acordo com dados do último censo realizado em 2007, Ibaiti tem 28.005 habitantes. O município comporta ainda cinco distritos denominados Campinho, Vassoural, Vila Guay, Euzébio de Oliveira e Amorinha.

No município temos as seguintes instituições de ensino público: Colégio Estadual Aldo Dallago, Colégio Estadual Margarida Franklin Gonçalves, Escola Affonso Martinez Albaladejo, Escola Professora Raquel Soares Marques, Colégio Estadual Júlio Farah, Colégio Estadual Antônio Martins de Mello, Colégio Estadual Caetano Munhoz da Rocha e Colégio Estadual Napoleão da Silva Reis. A atividade proposta por este projeto será desenvolvida com os professores do Colégio Aldo Dallago e alunos das primeiras, segundas e terceiras séries do ensino médio.

8.1 Organização das equipes

- Em equipes: fazer uma pesquisa na internet sobre algas macroscópicas e microscópicas.
- Reunião para a distribuição das atividades e elaboração de um cronograma de trabalho.
- As atividades no laboratório poderão ser realizadas num contra turno com uma agenda organizada de acordo com a disponibilidade dos alunos.
- Produção de um vídeo com dados da pesquisa, trabalhos de coleta do material utilizado, aulas práticas de microscopia no laboratório, construção de materiais para o cultivo das microalgas, resultados dos relatórios apresentados, etc.
- Se o “Projeto Rádio na Escola” estiver em funcionamento levar às informações à comunidade escolar de todo o andamento dos trabalhos. Poderá também ser usada a Rádio Local onde as informações serão passadas à comunidade.
- Cada equipe deverá ter seu “mural” no Colégio, onde as informações serão levadas e atualizadas constantemente de acordo com o andamento do projeto.
- Editar um Jornal contendo todas as fases do trabalho e posteriormente a sua conclusão. No caso da escola não possuir o “Projeto Jornal na Escola” as informações poderão ser levadas à comunidade também através do Jornal do Município.
- Elaborar um mapa Conceitual (CmapsTools) com os etapas que envolverão o trabalho.
- Cada equipe deverá criar um blog (www.blogspot.com ou equivalente) para divulgação on-line das pesquisas realizadas, trabalhos desenvolvidos e resultados alcançados.
- No final do ano letivo será realizada Palestra subordinada ao tema “Cultivo de Microalgas e a Produção de Biocombustível”.

8.2 Apresentação do Projeto e Reunião da Equipe

- Para a realização deste projeto será necessária uma reunião com os professores participantes: Física, Química e Biologia e outras. Cada professor terá um papel importante dentro do projeto, pois abordarão as temáticas trabalhadas juntamente com os assuntos das aulas.
- Para a apresentação do projeto será necessário o uso de retroprojetor (ou projetor ligado a computador) e tela de projeção ou TV-pendrive. A apresentação explicará todas as etapas do projeto (teoria e prática). Após a apresentação, o cronograma das atividades será decidido, bem como os pontos de coleta de água contendo as microalgas.

8.3 Aula inaugural para os alunos

Os professores das disciplinas envolvidas apresentarão em sala de aula a proposta de trabalho aos alunos. Todas as etapas serão devidamente orientadas, não deixando dúvidas sobre os procedimentos a serem realizados: pesquisas, aulas de campo, aulas práticas no laboratório, etc.

8.4 Coleta de microalgas em córregos e rios da região

Utilizando transporte escolar adequado, e acompanhados por uma equipe do colégio, os alunos serão levados aos diferentes pontos de coleta de água no município: chácaras, sítios, fazendas e vilas rurais para coleta de amostra dos materiais a serem utilizados.

As amostras de água devem ser coletadas em frascos limpos e completados até a boca. De preferência em garrafas PET transparentes. O transporte deve ser realizado em ambiente fresco e a armazenagem dos mesmos deve se realizar em geladeira com lâmpada acesa.

8.5 Microscopia

Os materiais coletados pelos alunos serão levados ao laboratório do colégio onde se realizarão as observações ao microscópio. As lâminas serão preparadas dentro dos padrões normais de trabalho utilizando os materiais disponíveis. Após a observação,

deverão ser apresentados relatórios com desenhos referentes ao material observado para futura identificação. Das amostras coletadas selecionaremos aquela com maior número de algas para o cultivo. As espécies de microalgas identificadas deverão ser feitas através das pesquisas e comparação com fotos em sites na internet.

8.6 Preparo do meio de cultivo

Para o cultivo das microalgas de água doce será utilizado o meio de cultivo W.C. segundo Ohse et al., 2008, p. 76.

TABELA 1: Meio de cultura W.C., modificado de Guillard e Lorenzen (1972).

Reagentes	Solução Estoque (g 100 mL ⁻¹)	Meio de Cultura
CaC12.2H2O	36,8	1mL
MgSO4.7H2O	37	1mL
Na2HC03	12,6	1mL
K2HPO4.3H2O	11,4	1mL
NaNO3	85	1mL
Na2SiO3.5H2O	21,2	1mL
Solução de Ferro	(g 1000 mL – 1 de água destilada): Na2EDTA= 4,36; FeC13.H2O=3,15	1mL
Solução de Micronutrientes	(g 1000 mL – 1 de água destilada) CuSO4.5H2O = 0,01; ZnSO4.7H2O = 0,022; CoC12.H2O = 0,01; MnC12.4H2O = 0,18; Na2MoO4.2H2O = 0,006; H3BO3 = 1,0	1mL
Solução de Vitaminas	(g 1000 mL – 1 de água destilada) Tiamina HCl = 0,1; Biotina = 0,0005	1mL
Água destilada		1000mL

Correção do pH para 6,5 com solução de HCl 10% (aproximadamente 2 mL).

8.7 Cultivo Celular e condições de cultivo

Será executado um cultivo autotrófico estacionário em frascos de laboratório ou em garrafas recicladas do tipo PET. O fotoperíodo será de 24 horas e a iluminação será através de lâmpadas fluorescentes de 40 W. Para a aeração serão utilizadas bombas de aquário. A temperatura da sala deverá ser amena (em média 25°C).

Para fins didáticos a amostra de água selecionada para o cultivo será inoculada em diferentes condições e meios de cultivo conforme Tabela 2. A inoculação inicial será de 25% e a iluminação nos 2 primeiros repiques deverá ser menor (usar poucas lâmpadas).

Tabela 2 – Condições de Cultivo

Experimento	Meio de Cultivo	Regime de iluminação
1	W.C	24 horas
2	W.C	sem iluminação
3	Água destilada	24 horas
4	Água destilada	Sem iluminação
5	Urina 10%	24 horas
6	Urina 10%	Sem iluminação

A cada 10 dias retirar 10% do meio de cultivo e inocular em meio apropriado.

9. CRONOGRAMA DAS AÇÕES

O presente projeto seguirá o seguinte cronograma:

Cronograma 2010-2011										
Nº	Atividades	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
1	Revisão Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x		
2	Elaboração do Projeto	x	x	x	x	x				
3	Desenvolvimento/Projeto	x	x	x	x	x	x	x		
4	Reunião / Direção			x						
5	Reunião / Professores			x	x					
6	Reunião / Alunos				x					
7	Atividades / Extra-Classe				x	x	x	x		
8	Aula Prática / Laboratório				x	x	x	x		
9	Produção / Jornal				x	x	x	x	x	
10	Mural/Banner					x	x	x	x	
11	Criação / Blog				x	x	x	x	x	x
12	Produção / Vídeo					x	x	x		
13	Apresentação Final									x

10. Considerações Finais

A produção de biocombustíveis a partir de microalgas consiste em uma das soluções para a produção de energia, pois apresenta grandes perspectivas devido ao alto valor de lipídios encontrado nas células, bem como na alta eficiência fotossintética e rápido crescimento em comparação com culturas tradicionais (soja, dendê, pinhão-mansão,

etc.). Assim sendo, o projeto cultivo de microalgas em fotobiorreatores, apresenta novos desafios tecnológicos, proporcionando a busca de informações através do uso da internet e das práticas realizadas.

Considerando que o trabalho de intervenção está sendo desenvolvido na escola é muito significativo em termos de experiência o emprego de atividades práticas por professores e alunos. Ele encontra-se determinado não somente pelo desejo de propiciar condições favoráveis aos estudantes, mas também pelas relações que estabelecem com o ensino da biologia e outras disciplinas na permanente busca de aperfeiçoamento de sua prática.

Os resultados que estão sendo obtidos a partir da implementação na escola confirmam que o emprego de atividades experimentais pelos professores está determinado de maneira marcante pelo desejo de propiciar condições favoráveis de aprendizagem aos nossos alunos.

Estamos constatando que muitos professores estão preocupados com a teoria e o tempo destinado a aplicação dos conteúdos uma vez que a escola está trabalhando com blocos. Com relação a algumas disciplinas não estamos obtendo êxito devido a este fato. Alguns colegas demonstram resistência com relação a atividades práticas e são categóricos em alegar a falta de tempo, demonstrando a sua falta de interesse em iniciar este tipo atividade, justificando o não uso pela falta de técnicos para auxiliar no trabalho prático ou falta de equipamentos necessários ao desenvolvimentos dos experimentos.

Em direção oposta, uma parcela expressiva dos professores que estão participando do projeto demonstram ter consciência sobre a importância das atividades experimentais no ensino unindo assim teoria com a prática, facilitando a relação com os acontecimentos do dia a dia.

De forma geral, entende-se que todos os alunos e professores envolvidos no projeto estão participando ativamente demonstrando interesse e comprometimento com a realização das atividades.

No tocante aos alunos, não resta dúvidas que o uso de atividades experimentais contribui para a aquisição de novos conhecimentos e maior motivação para o estudo do tema do projeto. A busca de novas informações contribui para o aperfeiçoamento das atividades realizadas.

Muitos alunos estão trabalhando no período extra-classe demonstrando o grande

interesse pela aprendizagem, uma vez que não lhes foi atribuído conceitos por estas atividades.

No laboratório de informática trabalhando com mapas conceituais, percebemos a grande facilidade dos alunos com o uso do computador e utilização das ferramentas demonstrando a necessidade de utilização desses meios para a melhoria da qualidade do ensino. Também na elaboração de gráficos e tabelas a facilidade demonstrada confirma a minha afirmação.

Na criação do blog, estamos constatando que não temos como fugir da nova realidade. O uso das novas mídias se faz presente na vida de nossos alunos e nós precisamos acompanhá-los em todas essas etapas .

A proposta de intervenção está contribuindo para o aperfeiçoamento das atividades realizadas e a interação entre professores, equipe pedagógica e direção, contribuem de maneira positiva para que o trabalho de implementação atinja o seu objetivo.

Percebemos o grande interesse dos alunos nas atividades de campo, interagindo melhor com colegas e professores aumentando assim a sua capacidade de compreensão dos conteúdos.

Nas aulas práticas o envolvimento com os materiais do laboratório, incluindo vidrarias, microscópio e materiais reciclados facilita a aprendizagem como conferimos nos relatórios e textos produzidos sobre o tema do projeto.

Espera-se que a realização deste trabalho possa contribuir para ampliar a compreensão sobre a importância das microalgas na produção de biodiesel possibilitando uma reflexão sobre o avanço das pesquisas no Brasil e no Mundo.

De forma mais ampla, com os resultados dos trabalhos de implementação estamos verificando que é preciso buscar novos enfoques para relacionar a prática com a teoria, pois acreditamos que a motivação é um fator decisivo na aprendizagem dos alunos.

11. Referências

ANDRADE, MR & COSTA, JAV **Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes**, Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 32, n. 5, p. 1551-1556, 2008

BAIRD, COLIN, Química **Ambiental**, 2ª ed. Porto Alegre, Bookemann, 2002 . 622 p.

BECKER, W. **Microalgae in human and animal nutrition**, Oxford, 312-351p.

CANHOS, V.P. & VANZOLLER, R.F. 2004. **A importância das coleções biológicas**. Sci. Am. Brasil, 30:20

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25, 294–306, 2007.

COMIN, R. & GIROLDO, D. **Cultivo de microalgas continentais do sul do rio grande do sul: um instrumento para estudos ecofisiológicos, biotecnológicos e educacionais**, VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambú, Brasil, 2005.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F. e RAMOS, L.P. **Produção de biodiesel alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. *Química Nova*, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

DUER, E.O.; MOLNIST, A.& SATO V. 1998. **Cultured microalga as aquaculture feeds**. *J. Mar. Biotechnol*, 7:65-70.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1985. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos*. 3ed. São Paulo: IAL. Vol. 1, 533 p.

LACERDA E SILVA, LMC F et al. **Influência da luminosidade no cultivo da cianobactéria *Aphanothece microscópica nãgeli* em fotobiorreatores**, VII Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica – COBEQ/IC, Santa Catarina, Agosto de 2007.

LEFF, Enrique, **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder**. 4ª ed. Petrópolis – Rio de Janeiro, 2001. p. 494

LOURENÇO, SÉRGIO O. **Cultivo de Microalgas Marinhas – princípios e aplicações** - São Carlos – RIMA – 2006. 588 p.

MEINERZ, L.I. **Influência da temperatura, salinidade e nutrientes dissolvidos (N e P) no cultivo de microalgas de água estuarina e costeira**, Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Aquicultura da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2007.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação do. **Diretrizes curriculares de biologia para as séries finais do ensino fundamental e para o ensino médio**. Disponível em: <[http://biologia seed.pr.gov.br](http://biologia.seed.pr.gov.br)>. Acesso em: 08 de julho 2009.

PÉREZ, HEB, **Biodiesel de Microalgas** ([http://www.projetobr.com.br/c/document_library /get_filefolderId=75&name=biodiesel+de+microalgas.pdf](http://www.projetobr.com.br/c/document_library/get_filefolderId=75&name=biodiesel+de+microalgas.pdf))

RADMANN, E et al. **S Variação das condições de cultivo da microalga *Chlorella* visando aumentar a produção de biomassa**, XIX Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE2004, Curitiba, Brasil, Novembro de 2004.

SANTOS B. ANA PAULA E PINTO C. ÂNGELO, **Biodiesel: Uma Alternativa de Combustível Limpo**- *Química Nova da escola*, Vol. 31 N° 1, FEVEREIRO 2009

SHEI, MRP et al., **Cultivo de microalga marinha *Chaetoceros calcitrans* (Bacillariophyceae) em diferentes marcas de água marinha artificial** (ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/sicip/17__resumo_shei.pdf)

SIPAÚBA TAVARES, L. H.; ROCHA, O. **Produção de Plânton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para Alimentação de Organismos Aquáticos**, São Carlos – Rima, 2003.

TEIXEIRA, CLAUDIA MARIA, **Microalgas como matéria prima para a produção de biodiesel**. Disponível em:

<<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/microalgascomopdf>>. Acesso em julho de 2009.

TEIXEIRA, PCN & TEIXEIRA, CML **Potencial de geração de biocombustíveis a partir de microalgas**, Conferência Internacional de Agroenergia, Londrina, Brasil, Dezembro de 2006.