National Award

Energy transformation in the living organisms

Transformação de energia nos seres vivos

Andrea T. Da Poian^{1*}, Carolina A.C.A. Braga², Luisa A. Ketzer²

¹ Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis, Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Campus Duque de Caxias Prof. Geraldo Cidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro

*e-mail: dapoian@bioqmed.ufrj.br

Support: FAPERJ, CNPq, CAPES

Abstract

Seeking mechanisms to transfer the scientific training accumulated in Brazil to the education offered in the schools is one of the challenges faced by the Brazilian scientists. In this context, we developed a course aiming at providing to school teachers tools for using the scientific methodology in their professional practice. This course, named "Energy transformations in the living organisms", deals with the three main Biochemistry topics taking part of the secondary school curriculum (fermentation, photosynthesis and cellular respiration), and comprises 5 full-day meetings. The main discoveries that established the conceptual bases in each topic are presented in the beginning of the first three days. Then the participants are challenged to formulate questions on the topic and to design and execute experiments that would answer them. A theoretical class containing the fundamental concepts on the topics is given after the discussion of the results obtained in the experiments. The fourth day is dedicated to the elaboration of an investigative class proposal on the theme. Finally, the participants present their proposals and the way they intend to apply them at the schools. The participants' reports show they feel confident that they acquired the conceptual background necessary to develop activities in their schools.

Keywords: Science education; energy metabolism; secondary school teachers

Resumo

Encontrar mecanismos para transferir o treinamento científico acumulado no Brasil para a educação oferecida nas escolas é um dos desafios enfrentados pelos cientistas brasileiros. Neste contexto, desenvolvemos um curso com o objetivo de proporcionar aos professores da Educação Básica ferramentas para o uso da metodologia científica em sua prática profissional. Este curso, denominado "Transformações de energia nos organismos vivos", trata dos três principais tópicos de Bioquímica que fazem parte do currículo do Ensino Médio (fermentação, fotossíntese e respiração celular) e compreende 5 encontros de dia inteiro. As principais descobertas que estabeleceram as bases conceituais em cada tópico são apresentadas no início dos três primeiros dias. Em seguida, os participantes são desafiados a formular questões sobre o tema e a desenhar e executar experimentos que as respondam. Uma aula contendo os conceitos fundamentais sobre os temas é dada após a discussão dos resultados obtidos nos experimentos. O quarto dia é dedicado à elaboração de uma proposta de aula investigativa no tema do curso. Finalmente, os participantes apresentam suas propostas e a forma como pretendem aplicá-las em sala de aula. Os depoimentos dos participantes mostram que eles se sentem confiantes de que adquiriram os conceitos necessários para desenvolver atividades em suas escolas.

Palavras-chave: Educação em ciências; metabolismo energético; professores de escolas

Ficha da atividade

Título	Transformação de energia nos seres vivos
Categoria:	Prêmio Nacional de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular “Bayardo Baptista Torres”: Prática de Ensino
Tipo de atividade:	Curso de curta duração baseado em atividades investigativas.
Público-alvo:	Professores da Educação Básica em exercício ou em formação (licenciandos), atuando na área de Ciências Biológicas.
Conteúdos abordados	Fermentação, fotossíntese e respiração celular.
Objetivos educacionais	<ul style="list-style-type: none"> - Promover a compreensão dos principais processos de transformação de energia que ocorrem nos seres vivos (fermentação, fotossíntese e respiração celular) através da vivência da construção do conhecimento científico, incluindo a revisão do histórico das principais descobertas na área, o estímulo da proposição de questões sobre o tema, o desenvolvimento de atividades experimentais e a revisão de conceitos-chave referentes ao tema; - Desenvolver o pensamento crítico e o uso da metodologia científica; - Estimular o desenvolvimento de atividades práticas de caráter investigativo pelos professores que atuam/atuarão em salas de aulas da Educação Básica, visando trabalhar a experimentação como parte fundamental da Biologia assim como a própria vivência da construção do conhecimento científico; - Permitir aos participantes a vivência de atividades didáticas diferenciadas das aulas tradicionais, estimulando o questionamento sobre cada tema e a busca por resoluções experimentais, levando-os à criação de aulas práticas alternativas, de acordo com a sua realidade escolar.
Duração estimada	40 horas.
Justificativas:	<ul style="list-style-type: none"> - Pouca ou nenhuma exposição dos professores ou licenciandos à metodologia científica durante sua formação e atuação como professores de Ciências; - Falta de tempo e de formação adequada e/ou suporte para elaboração de abordagens didáticas não convencionais, investigativas, pelos professores de Ciências; - Dificuldade de entendimento dos fenômenos de transformação de energia nos seres vivos, embora este tema seja o principal conteúdo de Bioquímica abordado na Educação Básica; - Falta de práticas de ensino em laboratório para professores de Ciências/Biologia.

1 Introdução

O Brasil vem apresentando nas últimas décadas um grande e consistente aumento na formação de mestres e doutores e na consequente produção de conhecimento científico. Este fato contrasta dramaticamente com o desempenho dos alunos da Educação Básica, especialmente nas áreas relacionadas às Ciências, como exemplificado pelo resultado do PISA 2015, no qual o Brasil ocupa a posição 63 dentre os 70 países participantes (<http://www.oecd.org/pisa/>). Este cenário sugere a necessidade de se buscar mecanismos de transferência da formação e do conhecimento científicos adquiridos pelo país para a educação oferecida nas escolas. Nesse sentido, o Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis promove, desde 1985, cursos de extensão, idealizados pelo Prof. Leopoldo de Meis, que visam promover a professores e alunos da Educação Básica a vivência da metodologia científica.

Como um dos desdobramentos destas atividades, e visando fornecer mais instrumentos para que os professores pudessem transferir esta experiência para sua prática profissional, nosso grupo tem oferecido desde 2011 o curso “Transformação de energia nos seres vivos”. O curso foi desenhado especificamente para professores da Educação Básica em exercício ou em formação (licenciandos). Seu principal objetivo é apresentar, de forma investigativa, os conceitos básicos referentes aos principais tópicos de Bioquímica que fazem parte do currículo do Ensino Médio, a saber, fermentação, fotossíntese e respiração celular.

A discussão e o questionamento sobre os temas são estimulados e o pensamento crítico e criatividade são essenciais durante todo o decorrer das atividades. Os participantes são envolvidos no processo de construção do conhecimento científico através de sua vivência, e seus depoimentos ao final mostram que eles se sentem orgulhosos e confiantes por terem conseguido desenvolver a proposta do curso.

2 Apresentação do material ou prática de ensino

Os tópicos fermentação, fotossíntese e respiração celular são apresentados de acordo com o seguinte formato (veja também o cronograma apresentado no **item 5**). Inicialmente um histórico das principais descobertas relacionadas aos conteúdos fundamentais do tópico em questão é apresentado (**Figura 1**).

Figura 1. Imagens ilustrativas da abordagem histórica dos tópicos trabalhados no curso.

Este início serve como motivação para o momento seguinte, no qual os alunos são divididos em grupos e propõem perguntas relacionadas ao tema (**Figura 2**).

Figura 2. Imagem representativa de perguntas propostas pelos participantes.

Depois, os grupos são desafiados a buscar respostas para suas perguntas através da experimentação, sendo estimulados a desenhar experimentos simples que possam fornecer resultados para elas (**Figura 3**).

Figura 3: Imagens representativas de experimentos realizados pelos participantes: compilação de imagens obtidas em várias edições do curso

A montagem de atividades é supervisionada diretamente, buscando-se sempre mostrar aos professores o potencial de sua aplicação futura em sala de aula.

Cada tema é desenvolvido em dias diferentes, que correspondem aos três primeiros dias do curso. No final de cada dia, os participantes apresentam para os colegas a pergunta escolhida pelo grupo e os resultados obtidos através dos experimentos que desenharam para respondê-la. Uma aula teórica contendo os conceitos fundamentais sobre cada tema é ministrada após da discussão dos resultados.

O quarto dia é dedicado a elaboração de uma proposta de aula inovadora, abordando um ou mais temas e envolvendo atividades experimentais investigativas (**Figura 4**). No encerramento do curso, os participantes apresentam a proposta de aula a ser aplicada em sua escola.

Figura 4. Representação esquemática de um exemplo de proposta feito por um grupo de participantes (curso oferecido como disciplina no Mestrado Profissional em Formação Científica para Professores de Biologia, na UFRJ/pólo de Xerém, em 2013).

3 Potencial Educacional

O potencial educacional do curso “Transformação de energia nos seres vivos” está relacionado ao exercício da metodologia científica e da vivência de atividades investigativas pelos professores, além do estímulo a sua criatividade e autonomia para lidar com diferentes situações-problema. Muitas vezes o professor de Ciências ensina sem saber como se dá o processo de construção dos conceitos que estão nos livros didáticos de Biologia. O desafio do curso está na proposta de que os próprios professores criem suas hipóteses e desenhem experimentos para responder seus questionamentos iniciais, semelhante a o que os cientistas fazem em seus laboratórios de pesquisa.

4 Diferencial com os materiais/atividades pré-existent

Os seguintes pontos podem ser destacados como diferenças observadas na atividade proposta:

- O participante redescobre os temas através de uma abordagem histórica, tendo contato com os principais experimentos e cientistas que contribuíram para o conhecimento atual;
- O participante é desafiado a criar estratégias experimentais para responder as perguntas que ele próprio formulou. Desta maneira, não segue protocolos pré-estabelecidos como ocorre em aulas práticas tradicionais;
- A construção do conhecimento se dá através da experimentação e é trabalhado de forma simples, sem a necessidade de muitos recursos nem de tecnologias sofisticadas, explorando a criatividade e materiais de fácil acesso.

5 Procedimentos de uso ou aplicação

O curso já foi ministrado nove vezes até o momento: três edições no Estado do Pará, para licenciandos em Ciências Biológicas (UFPA/polo de Oriximiná, em 2011; e UFOPA/Santarém, em 2012 e 2013); e seis edições no Estado do Rio de Janeiro, sendo quatro em Duque de Caxias, para alunos (professores de Biologia) do Mestrado Profissional em Formação Científica para Professores de Biologia (UFRJ/Xerém, entre 2012 a 2015) e duas no Rio de Janeiro, para licenciandos em Ciências Biológicas do Centro de Educação a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ, em 2015 e 2016). O número de alunos que participaram variou entre 10 a 25 alunos por turma, totalizando 170 participantes. O curso compreende 40 horas, organizadas de acordo com o seguinte cronograma:

Horário	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia
8:00 às 12:00	<ul style="list-style-type: none"> - Abertura do curso - Aula: Histórico sobre Fermentação - Formulação de perguntas pelos participantes - Divisão em grupos para a elaboração das propostas de experimentos e início da atividade experimental 	<ul style="list-style-type: none"> - Aula: Histórico sobre Fotossíntese - Formulação de perguntas pelos participantes - Elaboração das propostas de experimentos e início da atividade experimental 	<ul style="list-style-type: none"> - Aula: Histórico sobre Respiração celular - Formulação de perguntas pelos participantes - Elaboração das propostas de experimentos e início da atividade experimental 	<ul style="list-style-type: none"> - Considerações finais sobre os temas abordados. - Elaboração do plano de aula dentro dos temas trabalhados no curso, a ser desenvolvida com alunos do Ensino Básico 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação das propostas de aula desenvolvidas por cada grupo
13:00 às 17:00	<ul style="list-style-type: none"> - Continuação da atividade experimental - Discussão dos resultados obtidos - Aula teórica com os conceitos básicos relacionados ao processo de Fermentação 	<ul style="list-style-type: none"> - Continuação da atividade experimental. - Discussão dos resultados obtidos - Aula teórica com os conceitos básicos relacionados ao processo de Fotossíntese 	<ul style="list-style-type: none"> - Continuação da atividade experimental. - Discussão dos resultados obtidos - Aula teórica com os conceitos básicos relacionados à Respiração celular 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração do plano de aula dentro dos temas trabalhados no curso, a ser desenvolvida com alunos do Ensino Básico 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação das propostas de aula desenvolvidas por cada grupo

A aula inicial relata as principais descobertas científicas que contribuíram para o conhecimento atual dos temas fermentação, fotossíntese e respiração celular, e instiga os alunos a formularem perguntas, que são colocadas no quadro.

Seguem algumas perguntas que surgiram nas diferentes edições do curso:

Fermentação:

A fermentação precisa de ser vivo?

É possível medir a fermentação nas frutas?

Quais são as condições que favorecem a fermentação (temperatura, pH, pressão)?

Como podemos comparar a fermentação láctica e a alcoólica? Existe diferença?

Quais são os produtos dos dois tipos de fermentação?

Qual é a influência do tipo de açúcar na fermentação?

Qual é quantidade mínima de nutrientes necessários para que haja fermentação?

Como ver a fermentação no dia-a-dia?

A fermentação pode ajudar na saúde?

Fotossíntese:

Qual é a intensidade mínima de luz necessária para ocorrer a fotossíntese?

Por que a incidência de luz é mais importante que a terra para o crescimento da planta?

Como a absorção de luz influencia na fotossíntese?

Quais são os pigmentos das plantas? É só a clorofila? Qual o espectro de absorção destes pigmentos?

Todas as plantas fazem fotossíntese?

E as plantas carnívoras fazem fotossíntese?

As bactérias fazem fotossíntese?

As plantas utilizam o oxigênio que elas produzem?

Até que ponto o CO₂ é responsável pela fotossíntese? Em que condição ele é utilizado?

Existe diferença na fotossíntese de plantas aquáticas e terrestres?

Respiração celular:

Variações no ambiente podem influenciar o consumo de oxigênio?

Temperaturas extremas alteram o consumo de oxigênio?

O pH influencia na respiração?

Como seria a produção de CO₂ alterando-se a disponibilidade de oxigênio?

É possível medir respiração em plantas?

Todas as células têm citocromos?

Como os organismos que não usam oxigênio obtêm energia?

Existe um nível mínimo de consumo de nutrientes pelas células para que ocorra a respiração?

Em quanto tempo ocorre a morte celular na ausência de oxigênio?

É possível demonstrar como o oxigênio participa da combustão de nutrientes?

É possível medir o consumo de nutrientes pela célula que está respirando?

Após a formulação das perguntas, os alunos são divididos em grupos. Em seguida, cada grupo escolhe uma pergunta para responder experimentalmente. Os alunos são supervisionados e orientados a discutirem a questão, elaborando hipóteses e condições experimentais pertinentes (exemplos de experimentos propostos e desenvolvidos nos temas fermentação, fotossíntese e respiração celular estão especificados no **item 5.1** e disponibilizados nos **Apêndices 1, 2 e 3**, respectivamente). Os resultados e conclusões obtidos são expostos para os demais grupos no final do dia com o objetivo de debater, criticar e sugerir adaptações, caso necessário.

A aula teórica ministrada no encerramento dos três primeiros dias aborda conceitos fundamentais de cada processo.

No quarto dia, os grupos devem trabalhar em uma proposta de aula para ser

aplicada na escola, abordando um ou mais temas trabalhados no curso. Os grupos precisam criar uma nova pergunta e testá-la experimentalmente. O roteiro da prática e os resultados do experimento são apresentados no último dia do curso.

Os depoimentos dos participantes mostram que eles se sentem confiantes de que adquiriram os conceitos necessários para desenvolver atividades em suas escolas (ver **Apêndice D**).

5.1. Materiais/ procedimentos

Material	Descrição	Tipo do arquivo
Apêndice A: Roteiros experimentais em "Fermentação"	Descrição de exemplos de desenvolvimento experimental de perguntas propostas no tema "Fermentação"	texto
Apêndice B: Roteiros experimentais em "Fotossíntese"	Descrição de exemplos de desenvolvimento experimental de perguntas propostas no tema "Fotossíntese"	texto
Apêndice C: Roteiros experimentais em "Respiração celular"	Descrição de exemplos de desenvolvimento experimental de perguntas propostas no tema "Respiração celular"	texto

6 Considerações finais

O curso estimula a aplicação da prática experimental em sala de aula e contribui para o desenvolvimento de autonomia de forma que os participantes desenvolvem as próprias ideias, sem a necessidade de um roteiro ou protocolo pré-estabelecido. As perguntas levantadas pelos participantes, os experimentos desenvolvidos e a análise dos resultados obtidos demonstraram que eles compreenderam claramente os princípios do método científico. Esta experiência também estimulou a criatividade dos professores para adaptarem diversos procedimentos experimentais para serem desenvolvidos com o mínimo de recursos.

No final do curso, os participantes relatam segurança para o desenvolvimento deste tipo de atividade em suas escolas, com recursos e estrutura adaptados para a realidade local. Estas adaptações servirão de estímulo para que outros professores desenvolvam aquelas atividades experimentais, mesmo em escolas cujos recursos são limitados. Portanto, as atividades desenvolvidas pelo nosso grupo criaram (1) a oportunidade aos professores e futuros professores de exposição real ao método científico, (2) a possibilidade de produção de informações novas e aprimoramento dos

métodos experimentais disponíveis dentro do tema do curso, por parte dos envolvidos, (3) a oportunidade para os professores em formação vivenciarem o método científico no contexto da sala de aula e, mais importante, (4) treinamento para a autonomia na metodologia de ensino, gerando potencial multiplicador de nossa proposta.

Agradecimentos

Todas as atividades desenvolvidas nesse trabalho tiveram como inspiração as idéias e as atividades desenvolvidas pelo Prof. Leopoldo de Meis, a quem sempre seremos gratas.

Apêndice A. Exemplos de experimentos propostos e desenvolvidos pelos participantes das diferentes edições do curso no tema “Fermentação”

Exemplo 1:

Pergunta: Quais são os produtos da fermentação e em qual temperatura ocorre mais fermentação?

Materiais:

- Banho Maria
- Balança
- Gelo
- Estante para tubos
- Tubos
- Garrafas pequenas de vidro
- Beckers
- Balões - número 3
- Hidróxido de Bário Saturado
- Dicromato de potássio
- Fermento biológico
- Sacarose

Descrição do experimento:

- 1) Pesar 5g de fermento biológico e diluídos em 250 mL de água da torneira;
- 2) Colocar 50 mL de suspensão com fermento em cada garrafa;
- 3) Preparar 100 mL de solução sacarose ou açúcar de cozinha em água da torneira (solução 10%);
- 4) Preparar os grupos experimentais da seguinte forma:

Garrafa	Identificação	Sacarose 10%	H ₂ O
1	Fermento biológico + H ₂ O (Gelo)	-	50 mL
2	H ₂ O + Açúcar (Gelo)	50 mL	50 mL
3	Fermento biológico + Açúcar (Gelo)	50 mL	-
4	Fermento biológico + H ₂ O (Temp. ambiente)	-	50 mL
5	H ₂ O + Açúcar (Temp. Ambiente)	50 m	50 mL
6	Fermento biológico + Açúcar (Temp. ambiente)	50 mL	-
7	Fermento biológico + H ₂ O (60° C)	-	50 mL
8	H ₂ O + Açúcar (60° C)	50 mL	50 mL
9	Fermento biológico + Açúcar (60° C)	50 mL	-

- 5) Após preparar as misturas descritas acima, retirar uma alíquota de 2 mL de todas as garrafas, centrifugar e retirar o sobrenadante para determinar a concentração de etanol no tempo zero;
- 6) Colocar os balões na boca das garrafas e em seguida colocar as 3 garrafas de cada grupo em seus respectivos ambientes (gelo, bancada e banho maria a 60°C) e esperar 60 min;
- 7) Durante o esse tempo, preparar um tubo para cada garrafa contendo 1 mL de hidróxido de bário saturado;
- 8) Ao final dos 60 minutos, transferir os balões rapidamente da garrafa para os tubos contendo hidróxido de bário para identificação do CO₂;
- 9) Retirar uma alíquota de 2 mL de cada garrafa, centrifugar e retirar o sobrenadante para identificação da produção de etanol após 60 min;
- 10) Em seguida misturar 0.5 mL de dicromato de potássio + 0.5 mL de sobrenadante de cada garrafa do tempo zero e após 60 minutos de mistura. Esperar 10 minutos e comparar as condições.

Detalhes do experimento:

- 1) Para detecção da produção de etanol deve-se, obrigatoriamente, usar sacarose ou açúcar de cozinha, pois a glicose reage com o dicromato de potássio, ficando a coloração azul;
- 2) Para uma melhor detecção do CO₂, devem-se usar balões pequenos, os quais tem um melhor encaixe nos tubos de 8 mL contendo o hidróxido de bário, caso contrário corre o risco de vazamento do gás durante a passagem da garrafa para os tubos;
- 3) A reação do dicromato de potássio deve ser medida em 10 minutos, após esse tempo a cor continua em modificação constante, com isso perde a especificidade da reação com o etanol.

Conclusão:

Através destes experimentos é possível visualizar uma maior produção de etanol e CO₂ ocorre somente nas garrafas que continham fermento e açúcar, e que em temperaturas mais altas a fermentação é aumentada.

--XXX--

Exemplo 2:

Pergunta: A fermentação acontece com leveduras rompidas?

Materiais:

- Banho Maria a 60^o C
- Balança
- Placa aquecedora
- 3 garrafas pequenas de vidro (150 mL)
- 1 proveta de 100 mL
- 3 balões – número 3
- 3g de fermento biológico seco
- 15 g de açúcar de cozinha

Descrição do experimento:

- 1) Diluir 2g de fermento biológico em 100 mL de água da torneira (para a mostra 1 e 2);
- 2) Diluir 1g de fermento biológico em 2 mL de água da torneira. Em seguida, adicionar areia e nitrogênio líquida e macerar vigorosamente. Após a lise, completar para o volume final de 50 mL (verificar a lise celular com Azul de Tripán 1:1);
- 3) Dividir o fermento diluído nas três garrafas (50 mL em cada) e identificar as garrafas da seguinte forma:

GARRAFA	Identificação
1	Fermento biológico
2	Fermento biológico fervido
3	Fermento biológico após a lise

- 4) Ferver o fermento da garrafa 2;
- 5) Preparar 150 mL de solução de açúcar em água de torneira (solução 10%);
- 6) Adicionar a solução de Açúcar nas garrafas já contendo a levedura diluída, da seguinte forma:

GARRAFA	Identificação	Açúcar 10 %
1	Fermento biológico	50 mL
2	Fermento biológico fervido	50 mL
3	Fermento biológico após lise	50 mL

- 7) Esvaziar as bolas de látex e posicioná-las na boca de cada garrafa;
- 8) Fotografar após 60 min.

Conclusão:

Por meio deste experimento é possível visualizar que a produção de CO₂ ocorre independente da lise celular, pois somente com a amostra fervida que não ocorre a produção de CO₂. Desta forma, podemos discutir que a produção do CO₂ seria dependente do conteúdo celular e não da integridade da célula.

--XXX--

Exemplo 3:

Pergunta: O O_2 influencia nas fermentações láctica e a alcoólica?

Materiais:

- Erlenmeyer (125 e 250 mL)
- Fermento biológico
- Lactobacilos
- Sacarose
- Balões – número 3
- Fitas de aferição de pH

Descrição do experimento:

- 1) Diluir o fermento biológico e os lactobacilos em água em um estoque mãe;
- 2) Preparar o açúcar a 10% em água de torneira;
- 3) Dividir o estoque de fermento e lactobacilos em volumes iguais de 100 mL + 50 mL de H_2O ou açúcar no grupo com baixo O_2 (**Erlenmeyer de 125 mL**);

GARRAFA	Identificação
1	Fermento biológico + H_2O
2	Fermento biológico + Açúcar
3	Lactobacilos + H_2O
4	Lactobacilos + Açúcar

- 4) Dividir o estoque de fermento e lactobacilos em volumes iguais de 100 mL + 50 mL de H_2O ou açúcar no grupo com alto O_2 (**Erlenmeyer de 250 mL**);

GARRAFA	Identificação
5	Fermento biológico + H_2O
6	Fermento biológico + Açúcar
7	Lactobacilos + H_2O
8	Lactobacilos + Açúcar

- 5) Medir o pH dos grupos com lactobacilos utilizando fita de aferição;
- 6) Após, tapar os recipientes com balões de aniversário para analisar a produção de gases pela fermentação;

- 7) Após 1 hora analisar, através do inflamento dos balões, a produção de CO_2 ;
- 8) Ao final medir novamente com fita de aferição o pH dos grupos com lactobacilos para saber se acidificou o meio.

Conclusão:

No grupo controle (sem açúcar) os balões não encheram, mostrando que é necessária a presença de açúcar para a fermentação. No grupo com lactobacilos os balões encheram muito pouco. O grupo com mais O_2 encheu o balão de maneira semelhante ao com baixo O_2 , porém o tempo foi muito maior no segundo grupo.

--XXX--

Apêndice B. Exemplos de experimentos propostos e desenvolvidos pelos participantes das diferentes edições do curso no tema “Fotossíntese”

Exemplo 1:

Pergunta: A taxa de fotossíntese varia em diferentes tipos de planta?

Materiais:

- Plantas de diversos formatos, tamanhos, maturação e cores, recolhidas nas redondezas do colégio
- Respirômetro
- Cronômetro
- Balança
- Faca, gilete ou estilete para cortar as folhas

Descrição do experimento:

- 1) Pesar 6 g de folhas para durante o experimento termos a garantia que a diferença na fotossíntese não foi devido a uma maior quantidade de folhas;
- 2) Colocar as folhas pesadas dentro do respirômetro, vedar o sistema e ascender a luz de 100 W para estimular a fotossíntese;
- 3) Ao iniciar o experimento, deve-se observar o ponto de início do menisco de água dentro da pipeta e marcar por tempo (utilizando um cronômetro) a variação na coluna. Com o consumo de CO_2 , a pressão de gases aumentada no interior empurra o menisco da coluna para baixo;
- 4) Nos experimentos realizados, foi marcado o tempo no qual o menisco percorria 0.01 mL na marcação da pipeta.

Detalhes do experimento:

- 1) Regular a quantidade de água dentro do Becker, para que o volume da coluna dentro da pipeta esteja em uma altura visível durante as variações no experimento;
- 2) A variação foi detectada através de um deslocamento fixo (0.01 mL) na pipeta e o tempo necessário para percorrer esse intervalo foi registrado pelo cronômetro, e

esse tempo foi usado como parâmetro para determinar a taxa de fotossíntese. Devido às marcações da pipeta (muito espaçadas), essa maneira foi a mais fácil, porém, também podemos fixar um tempo no cronômetro e ver a variação da coluna;

- 3) Tentar deixar as plantas em organizações parecidas, pois a área de contato com a luz influencia muito, logo não amassá-las no fundo do pote.

Conclusão:

Diversos tipos de folhas e condições foram analisados, como por exemplo, folha nova e velha, folhas de diferentes cores, folhas de árvores rasteiras e folhas de árvores altas, capim sem água e capim hidratado com um algodão, etc. E os resultados mais expressivos foram em relação a folhas da cor roxa e/ou envelhecidas que tiveram uma taxa de fotossíntese muito menor do que as folhas verdes. E outro resultado expressivo foi o capim hidratado com algodão, este teve uma maior taxa de fotossíntese quando comparado ao capim que não foi hidratado com algodão molhado.

--XXX--

Exemplo 2:

Pergunta: A presença do gás carbônico é essencial para a fotossíntese?

Materiais:

- 4 Sistemas Becker + Funil
- 4 tubos Falcon de 15 mL ou tubos de ensaio pequenos
- Estante com encaixe para lâmpadas
- 4 lâmpadas de 100W
- Bicabornato de sódio
- Balança
- Água da torneira
- 5g de Elódia por Becker

Descrição do experimento:

- 1) Pesar 0.5%, 1.5% e 3.0% de bicabornato de sódio e diluir em 1 litro de água da torneira no Becker;
- 2) Colocar um Becker com 1 litro de água da torneira na ausência de bicabornato de sódio;
- 3) Adicionar a Elódia com o funil e colocar o falcon na saída do funil sem a presença de ar; Pesar e dividir as elódias em 4 sistemas Becker + Funil e fechar o mesmo com um tubo Falcon ou de ensaio virado de cabeça para baixo, afim de aprisionar os gases produzidos;
- 4) Distribuir o Becker em cada encaixe da estante, contendo lâmpadas de 100 W , da seguinte forma:

- 5) Ascender à luz de 100 W para estimular a fotossíntese e verificar a formação da coluna de ar nos tempos de 1, 2 e 3 horas;

- 6) De acordo com tempo, marcar com uma caneta de retro a coluna de ar formada e avaliar a diferença entre as diluições.

Conclusão:

Podemos observar que o gás carbônico é importante para a fotossíntese. Entretanto, a adição de bicarbonato de sódio em excesso leva ao mascaramento da medida da produção de oxigênio, pois há desprendimento de gás carbônico também. A melhor condição observada foi a solução de 0,5% de bicabornato de sódio.

--XXX--

Exemplo 3:

Pergunta: A luz é necessária para produção de açúcar na planta?

Material:

- Folha
- Etanol
- Papel laminado
- Lugol
- Becker

Descrição do experimento:

- 1) Enrolar uma folha overnight em papel laminado;
- 2) Utilizar uma folha controle que não teve privação de luz;
- 3) Retirar o pigmento com etanol em um Becker;
- 4) Após, banhar a folha em Lugol.

Conclusão:

As folhas privadas de luz e expostas à luz tiveram coloração parecida após a marcação com lugol para a revelação do conteúdo de amido. Logo, este experimento requer um tempo maior de privação de luz: talvez 2 ou 3 dias sejam necessários.

--XXX--

Exemplo 4:

Pergunta: Qual a influência das cores e da intensidade de luz na fotossíntese?

Material:

- Estante com encaixe para lâmpadas
- Lâmpadas de 25, 60, 100 e 200 W
- Papel celofane colorido
- Elódias
- Sistemas Becker + Funil
- Tubos Falcon de 15 mL ou tubos de ensaio pequenos

Descrição do experimento:

- 1) Pesas e dividir as elódias em 8 sistemas Becker + Funil e fechar o mesmo com um tubo Falcon ou de ensaio virado de cabeça para baixo afim de aprisionar os gases produzidos, esquema similar ao utilizado na pergunta 2 de fotossíntese. Na solução a qual a elódia esta imersa, contém bicarbonato 0.5%;

- 2) Embrulhar 4 sistemas em papel celofane de diferentes cores (amarelo, azul, vermelho e verde);

- 3) Distribuir o Becker em cada encaixe da estante, contendo uma lâmpada de 100 W cada;
- 4) Em outra estante, colocar 4 sistemas com diferentes intensidades de lâmpada (25, 60, 100 e 200 W);
- 5) Ao final do experimento, sem deixar o ar escapar, retirar o tubo do sistema, e ao liberar a passagem de ar, expor um graveto em brasas ao mesmo. Se houver aumento da brasa, podemos sugerir a presença de O₂ gerado pela fotossíntese e que ficou aprisionado no tubo Falcon.

Conclusão:

A intensidade da lâmpada provocou uma maior fotossíntese (25 < 60 < 100 < 200), a qual foi verificada por uma maior produção de O₂ e aumento da coluna de ar no tubo Falcon encaixado no sistema. Ao final, o gás ao ser liberado do sistema, aumentou a chama de um graveto. Dessa forma, mostrando ser inflamável e assim sugerindo que o mesmo era O₂. Infelizmente, no experimento com diferentes filtros, não houve diferença na fotossíntese devido à incapacidade do papel celofane em filtrar as cores. Esse experimento foi adaptado posteriormente com o uso de filtros.

--XXX--

Exemplo 5:

Pergunta: Quais são os pigmentos existentes nas plantas?

Materiais:

- Papel de Filtro
- Becker
- Tubos de vidro
- Material para macerar a folha
- Folhas de diversas cores
- Etanol
- Campânula
- Espectro (Opcional)

Descrição do experimento:

- 1) Macerar a planta em etanol até a completa remoção dos pigmentos;
- 2) O líquido resultante deve ser colocado em um Becker. Dentro coloca-se o papel filtro na posição vertical. Todo o sistema é fechado com a campânula a fim de criar a atmosfera de etanol;
- 3) Após evaporação e separação dos pigmentos no papel filtro, deve-se separar cada pigmento através de recorte;
- 4) Cada pedaço cortado com os respectivos pigmentos são imersos em 1 mL de etanol, em tubos de vidro, para passagem do pigmento novamente para o etanol. Assim, podem-se comparar os diferentes pigmentos;
- 5) (Opcional) Ao final, podem-se levar essas amostras para o espectro e definir qual comprimento de onda eles absorvem.

Conclusão:

Um pigmento verde foi sempre detectado nas diferentes folhas analisadas (mesmo em folhas coloridas). Notou-se também a presença de um pigmento amarelo, além de um pigmento rosa/roxo nas folhas roxas.

--XXX--

Apêndice C. Exemplos de experimentos propostos e desenvolvidos pelos participantes das diferentes edições do curso no tema “Respiração celular”

Exemplo 1:

Pergunta: Como se comporta a respiração de seres ectotérmicos e endotérmicos

Materiais:

- Respirômetro
- Balança
- Cronômetro
- Banho Maria (40° C)
- Gelo
- Camundongo
- Perereca ou Sapo
- Hidróxido de Potássio (sólido)
- Tampa de papelão com pequenos furos no formato do pote para isolar o fundo

Descrição do experimento:

- 1) Forrar o fundo do pote com hidróxido de potássio;
- 2) Colocar a tampa de papelão por cima para evitar o contato do animal com o reagente;
- 3) Colocar o animal (camundongo ou sapo) dentro do respirômetro e vedar.
- 4) Em seguida, analisar a variação da coluna, diferente dos experimentos de fotossíntese, o menisco tende a subir com o passar do tempo, pois o oxigênio é consumido e o CO₂ eliminado é precipitado no hidróxido de potássio, reduzindo a pressão de gases no interior do sistema;
- 5) Como no experimento de fotossíntese, a taxa de respiração foi medida pela variação de 0.01 mL do menisco e o tempo para este deslocamento foi marcado por um cronômetro;
- 6) Além da temperatura ambiente, esse experimento foi repetido após a exposição do pote do respirômetro com o animal (camundongo ou sapo) por 20 minutos no gelo ou no banho maria a 40° C.

Detalhes do experimento:

- 1) Confeccionar a tampa de papelão de maneira que vede totalmente o hidróxido de potássio, pois se não pode haver contato com o animal e causar irritação ao animal;
- 2) Fazer bastantes furos na tampa de papelão para gerar uma maior área de contato dos gases com o hidróxido de potássio, mas sem que a cauda do animal passe por esses furos;
- 3) Esses experimentos também foram realizados com diferentes tipos de animais e insetos em temperatura ambiente, logo é uma boa ferramenta para medir a respiração em diversos seres vivos;
- 4) O menisco na respiração fica muito mais instável que na fotossíntese, ele fica variando muito e de repente dá uma subida rápida e volta a oscilar. Este fenômeno parece ser devido à precipitação de CO₂, pois a precipitação do mesmo no hidróxido de potássio parece se dar de maneira não tão fácil, precisando ter um aumento

da pressão de CO₂ para então ele ser precipitado, isso poderia explicar o oscilação.

Conclusão:

No animal endotérmico, a respiração foi maior do que a do ectotérmico em temperaturas baixas (gelo). Em temperatura ambiente e elevada (40° C) não foi constatada diferenças significativas.

--XXX—

Exemplo 2:

Pergunta: Como se dá a produção de CO_2 em diferentes condições?

Materiais:

- Tubo Falcon 15 mL
- Pipeta graduada descartável
- Hidróxido de Bário Saturado

Descrição do experimento:

- 1) Realizamos duas condições para o experimento: REPOUSO (antes do exercício físico) E CORRENDO (após o exercício físico);
- 2) Separamos 2 tubos Falcon e colocamos 3 mL de hidróxido de bário em cada um;
- 3) O aluno soprou no hidróxido de bário com o auxílio da pipeta descartável;
- 4) Em seguida, diferenciamos a formação do precipitado antes e após o exercício.

Detalhes do experimento:

- 1) Para termos maior segurança, poderíamos soprar em um balão de festa (número 3) e acoplarmos este a um tubo Falcon com o hidróxido de bário. Tendo cuidado para não perder o ar que está no balão;
- 2) Podemos utilizar um terceiro parâmetro: sopro após prender a respiração. Assim, poderíamos abordar que a célula respira mesmo quando ausente o ato de inspirar e expirar. Que são processos independentes.

Conclusão:

Uma vez que o hidróxido de bário em contato com o CO_2 forma um precipitado, podemos observar que após o exercício há uma maior produção de CO_2 quando comparamos com o repouso. Com este experimento podemos observar a formação de CO_2 pela respiração e que o aumento da necessidade de oxigênio pelo exercício físico promove, consecutivamente, um aumento na formação de CO_2 .

--XXX--

Exemplo 2:

Pergunta:

As leveduras também respiram?

Materiais:

- Fermento biológico
- Garrafas de vidro
- Tubos de vidro
- Balões – número 3
- Banho Maria
- Glicose
- Etanol

- Piruvato-malato
- Inibidor da respiração mitocondrial (azida ou cianeto)
- Hidróxido de Bário saturado

Descrição do experimento:

- 1) Pesar 5g de fermento biológico e diluir 250 mL de água da torneira;
- 2) Dividir a levedura (50 mL em cada) em 5 grupos:

GARRAFA	Identificação
1	Fermento biológico + H ₂ O
2	Fermento biológico + Glicose
3	Fermento biológico + Piruvato-malato
4	Fermento biológico + Etanol
5	Fermento biológico + Etanol + (Inibidor)
6	Fermento biológico + Piruvato-malato + (Inibidor)

- 3) Após preparar os grupos, vedar as garrafas com o balão e deixar a 40° C em banho maria por 3 horas;
- 4) (Opcional) Ao final do experimento, precipitar o gás produzido aprisionado nos balões, em 1 mL de hidróxido de bário saturado.

Conclusão:

No tubo controle (sem glicose) não houve produção de gás carbônico, enquanto no respectivo controle onde ocorreu a fermentação houve. A garrafinha contendo piruvato/malato mostrou alguma produção de gás carbônico durante as 3 horas e a garrafa com etanol menos ainda. O controle com os inibidores da fosforilação oxidativa funcionou perfeitamente, ou seja, não houve produção de gás carbônico, assim como no controle somente com água e levedura.

--XXX--

Exemplo 4:

Pergunta: As plantas respiram no escuro?

Materiais:

- Erlenmeyer (125 ou 250 mL)
- Elódia
- Lâmpadas de 100 W
- Marcador de pH de piscina que muda de cor (meio ácido ou básico)
- Papel laminado
- Bicarbonato de sódio

Descrição do experimento:

- 1) Dividir as elódias em dois erlenmeyer e encher com água da torneira;
- 2) O primeiro, as elódias ficaram no claro overnight. E no segundo, no escuro (coberto por papel laminado) no mesmo tempo;
- 3) O grupo claro (que faria mais fotossíntese) tinha 0.5% de bicarbonato para doar CO_2 . Enquanto, o grupo escuro (que faria mais respiração) não teria bicarbonato;
- 4) No tempo zero, uma alíquota de cada frasco foi retirada e utilizada para reagir com o marcador de pH;
- 5) No dia seguinte, uma alíquota foi retirada e utilizada para reagir com o marcador de pH.

Conclusão:

O grupo experimental que permaneceu no escuro até o dia seguinte apresentou uma cor mais amarelada (indicando meio ácido) quando comparado com o dia anterior (tempo zero). Já no grupo que permaneceu no claro não foi possível completar o experimento, pois a presença de bicarbonato tornou a solução muito básica, impossibilitando a aferição do pH e a verificação do consumo de CO_2 .

--XXX--

Apêndice D. Exemplos de depoimentos dos participantes no final do curso

Participantes dos cursos oferecidos no Estado do Rio de Janeiro:

“Proposta realmente surpreendente, demonstrando enorme consciência do público alvo e suas necessidades. Parabéns pela capacidade de **integrar o “meio” acadêmico à realidade de nossas salas de aula.**”

“...me sinto mais segura ... e o principal é que **consegurei adaptar a maioria das coisas para as minhas aulas na escola.**”

“Me formei há muito e muitos anos... Cresci no conhecimento e na **vontade de fazer uma educação científica melhor**, a começar por mim!”

“Além de bem estruturado e contextualizado, o curso foi extremamente produtivo e pertinente, em conceitos e procedimentos, para a prática docente.”

“Foi a disciplina que melhor atendeu minhas expectativas e as **reais necessidades do professor da escola pública.**”

“Tivemos a possibilidade de colocar, literalmente, em prática o conteúdo trabalhado com os alunos do ensino básico.”

“Inicialmente fiquei assustada em ter que formular as perguntas e elaborar os experimentos para respondê-las ... não achei que fôssemos capazes. Entretanto, após a primeira aula percebi que era possível! A metodologia realmente proporciona a **construção do conhecimento.**”

“Mostrou para nós professores **formas de instigar os alunos** a questionar e pensar em como provar ou responder ao questionamento, **vivenciando a ciência.**”

“O mais importante para mim foi refletir sobre a **importância de se trabalhar com o método científico** com meus alunos. Espero conseguir montar aulas nas quais eles mesmos devam investigar suas próprias curiosidades.”

Participantes dos cursos oferecidos no Estado do Pará:

“Foi uma oportunidade única, experiência que levarei para sempre.”

“Tive a oportunidade de aprender bastante... estou planejando **reproduzir estes experimentos com os alunos** da zona rural da cidade.”

“Resumindo em uma só palavra, o curso foi excepcional.”

“... pude perceber que a ciência está mais acessível do que eu imaginava, e o melhor de tudo, **ativa o senso crítico.** Instiga a pensar sobre problemas que aparentemente podem ser complexos mas que com curiosidade e paciência podem ser resolvidos.”

“O curso foi uma experiência única e inédita para mim porque pude responder perguntas sobre fenômenos biológicos e químicos que eu imaginava, mas achava que eram muito complexos e que eu não poderia responder com simples experimentos... percebi que todos **podemos chegar até a resposta de nossas perguntas.**”

“... foi uma experiência totalmente diferente pela qual passei... **gera em nós um pensamento crítico sobre questões** científicas. Espero que esta metodologia de ensino possa ser levada para as escolas para que os alunos aprendam a gostar de ciências e deixem de lado a idéia de que ciência é algo chato e entediante.”