

Meu metabolismo que lute! Conhecendo o caminho do carbono para a geração de energia na célula

My metabolism that fights! Knowing the carbon way to Energy generation in the cell

Matheus Oliveira Póvoas
Elisa Mitsuko Aoyama
Marcos da Cunha Teixeira
Karina Carvalho Mancini
Paola Rocha Gonçalves

Resumo: A Bioquímica tem por objetivo esclarecer a forma e o papel biológico dos mecanismos e o conjunto de processos e transformações químicas ocorridos nos organismos vivos, chamado de metabolismo. A maioria dos seres vivos obtêm energia por meio de processos metabólicos que envolvem a oxidação do carbono oriundo de nutrientes carbonados. A compreensão do funcionamento destas reações bioquímicas é importante para o entendimento da dinâmica entre o ambiente e organismos para os processos de obtenção de energia e de produção de moléculas, entretanto tais conhecimentos ocorrem superficialmente dentro das escolas, de forma pouco explorada. Este trabalho objetiva-se apresentar uma proposta de atividade investigativa para ser aplicada em estudantes do ensino médio, visando o entendimento sobre as interações existentes entre as formas de obtenção de compostos orgânicos bioquímicos e de produção de energia nas células, com a compreensão dos processos químicos e biológicos relacionados; além disto, a atividade possibilita o estímulo a criticidade no desenvolvimento do método científico a partir da pergunta norteadora: “Como o motor do carro funciona?”. A proposta é o desenvolvimento de uma Sequência Didática Investigativa sobre os processos de obtenção de energia na célula, de forma a envolver os alunos em análises e discussões, a partir da problematização e posterior levantamento de hipóteses e pesquisa, culminando com a produção de quebra-cabeça ilustrado sobre os processos metabólicos envolvidos na discussão.

Palavras-Chave: energia celular; inter-relação entre química e biologia; educação básica; ensino de bioquímica; ensino por investigação; método científico.

Abstract: Biochemistry aims to clarify the form and biological role of mechanisms and the set of chemical processes and transformations that occur in living organisms, called metabolism. Most living beings obtain energy through metabolic processes that involve the oxidation of carbon from carbonaceous nutrients. Understanding the functioning of these biochemical reactions is important for understanding the dynamics between the environment and organisms for the processes of obtaining energy and producing molecules, however such knowledge occurs superficially within schools, in a little explored way. This work aims to present a proposal for an investigative activity to be applied to high school students, aiming at understanding the interactions between the ways of obtaining biochemical organic compounds and energy production in cells, with the understanding of chemical processes and related biologicals; in addition, the activity enables the stimulation of criticality in the development of the scientific method from the guiding question: “How does the car engine work?”. The proposal is the development of an Investigative Didactic Sequence on the processes of obtaining energy in the cell, in order to involve students in analyzes and discussions, from the

problematization and subsequent survey of hypotheses and research, culminating with the production of puzzles illustrated head on the metabolic processes involved in the discussion..

Keywords: cellular energy; interrelationship between chemistry and biology; basic education; teaching biochemistry; teaching by investigation; scientific method.

Introdução

227

Conforme Lehninger, Cox e Nelson (2014) a Bioquímica tem por objetivo central esclarecer a forma e o papel biológico em termos químicos, com base em moléculas dos mecanismos e os processos químicos ocorridos nos organismos e, por isto, fornece os princípios organizacionais que fundamentam a vida de todos os seres vivos. Dentro disto, o conjunto de todas as transformações químicas encontradas em organismos vivos é chamado por metabolismo e, em plantas e alguns microrganismos, uma parte deste consiste dos mecanismos bioquímicos envolvidos com a fotossíntese que, na presença de luz, levam à conversão do gás carbônico (CO_2) em compostos orgânicos.

Muitos destes compostos são nutrientes que podem ser utilizados por todos os tipos celulares para a geração de energia química em reações que dependem do oxigênio (O_2), como na respiração celular, ou em rotas metabólicas que independem da presença deste gás, como na fermentação (láctica e alcoólica). Neste contexto, a maioria dos seres vivos obtêm energia por meio de processos metabólicos envolvendo a oxidação do carbono oriundo de nutrientes carbonados como as hexoses, em especial a glicose, também, os ácidos graxos e os aminoácidos, com redução do O_2 ; tendo como produtos gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e energia, na forma de adenosina trifosfato (ATP) (LEHNINGER, COX e NELSON, 2014).

Nas descrições de Lehninger, Cox e Nelson (2014) são demonstradas a interdependência existente entre os organismos autotróficos e heterotróficos por participarem do ciclo global do O_2 e do CO_2 , sustentando a importância da compreensão do funcionamento das vias metabólicas relacionadas ao uso e produção destes gases, para possibilitar o entendimento da dinâmica entre o ambiente e os organismos vivos. Esta dinâmica está diretamente relacionada aos processos bioquímicos que levam à síntese de biomoléculas e a produção de energia nas células (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2016).



Embora tais conhecimentos sejam bastante relevantes, as discussões dos conteúdos de Bioquímica ocorrem superficialmente dentro das escolas, de forma pouco explorada. A constatação deste fato se dá pois o ensino de Bioquímica é geralmente abordado na 1ª série do Ensino Médio de maneira muito discreta, permeando também nas disciplinas de Ciências no Ensino Fundamental e de Biologia nas outras séries do Ensino Médio. Por não ser uma disciplina ofertada diretamente, de maneira isolada, mas sim, apontada pela apresentação de conceitos gerais utilizados para explicar fenômenos observados na natureza, ou em situações que servem para explicar fenômenos biológicos que apenas compõem o componente curricular (GOMES, MESSEDER, 2014; SOLNER, FERNANDES, FANTINEL, 2021).

Neste contexto, a falta de uma maior exploração dos conteúdos de Bioquímica dentro do ensino fundamental e médio, pode ser percebida em nossas práticas docentes, em que as dificuldades são geradas pela forma como apresentamos os conteúdos de Biologia e Química, sem conexão, sem diálogo, lado a lado com a falta de vínculos e inter-relação entre os mesmos e com o cotidiano do estudante (SARMENTO et al., 2013). Isto configura uma perda muito grande para os estudantes, já que a Bioquímica é interdisciplinar, por estar inserida em duas áreas básicas do conhecimento: a Biologia e a Química e, a sua utilização é fundamental para a elucidação de inúmeros fenômenos ocorridos em sistemas vivos; por esse motivo, a Bioquímica é descrita como a ciência da vida (GOMES, 2006).

Diante disto, o estudo do metabolismo e da bioquímica configura então, um desafio para alunos e professores, uma vez que correlaciona conceitos químicos e processos biológicos complexos, dois aspectos com os quais o aluno recém-introduzido no ensino médio não está completamente familiarizado. Outro aspecto que merece atenção no ensino da Bioquímica é a necessidade de transmitir ao aluno uma percepção um pouco mais próxima da realidade dinâmica que caracteriza o metabolismo energético (VASCONCELOS; BONELLI, 2008), que além das dificuldades geradas por um possível descompasso sociocultural, apresenta-se no currículo escolar com



certo grau de dificuldade, devido à necessidade da capacidade de abstração de informações (JESUS et al., 2019).

Pesa sobre isso o ensino do metabolismo usando aulas expositivas que geram fragmentação do conhecimento e dificultam a integração das vias metabólicas, por induzir o aluno a memorizar as etapas metabólicas (SILVEIRA COVIZZI; LOPES DE ANDRADE, 2012). Este modelo de ensino predominante na Educação Básica, em geral pautado na transmissão de conhecimentos e sem esforços de contextualização, não tem sido eficaz para a formação de um indivíduo crítico e ativo (SARMENTO et al., 2013). Assim, o ensino por investigação ganha lugar nos currículos pelos objetivos de levar os estudantes a realizarem investigação e desenvolver um entendimento sobre o que seja a investigação científica, ou seja, denota a intenção do professor em possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção dos conhecimentos científicos (SASSERON, 2015).

Com o ensino por investigação, pretende-se criar condições em sala de aula para os alunos poderem participar sem medo de errar, dando-lhes liberdade intelectual, oportunidade para interagir com o material e construir de seus conhecimentos (CARVALHO, 2018). Nesse sentido, o estudo em questão propõe uma atividade investigativa que busca estimular a produção de hipóteses, a pesquisa e a elaboração coletiva de conclusões, num processo que culmina com a concepção de conhecimentos dentro do ensino de Bioquímica.

Assim, pensando na importância do conteúdo de energia celular e nas dificuldades que permeiam sua compreensão no ensino médio, o presente artigo traz uma proposta de sequência didática investigativa envolvendo a identificação das formas de obtenção de compostos orgânicos e de produção de energia pelas células, dos processos químicos e biológicos relacionados e a criticidade no desenvolvimento do método científico.

Percurso metodológico para o desenvolvimento da sequência didática

A sequência didática investigativa proposta prevê a utilização de 4 (quatro) aulas de 50 (cinquenta) minutos com momentos específicos. O



primeiro momento, envolve a sensibilização dos alunos ao tema em discussão. Para isso, serão utilizados vídeos de práticas químicas de desidratação e combustão. No segundo momento, acontecerá a problematização. O professor apresenta alguns questionamentos para estimular a construção de hipóteses a partir dos conhecimentos prévios dos alunos. De posse destas hipóteses, iniciarão a pesquisa. Para a aplicação desta sequência didática investigativa seria utilizado o Laboratório de informática, smartphones, internet e projetor.

A seguir, estão dispostos os momentos da sequência didática investigativa, organizada de forma a envolver os alunos em análises e discussões, a partir da problematização e posterior abertura para o levantamento de hipóteses. A proposta foi construída em torno de dois vídeos gratuitos (youtube.com), que tratam da transformação química das substâncias através da combustão e da composição química do açúcar.

Aula 1: Problematização e Levantamento de hipóteses

Primeiro Momento: O professor apresenta 2 vídeos para os alunos:

O carbono escondido no açúcar -
<https://www.youtube.com/watch?v=x0bG8Ebwli4>

Descrição: O vídeo apresenta um experimento que utiliza açúcar, um béquer e ácido sulfúrico. No início do experimento são colocados 200 gramas de açúcar no interior do béquer e depois, adiciona-se 200 ml de ácido sulfúrico. Acontece uma reação de desidratação do carboidrato (sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$). Assim, o Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) consome toda a água presente na molécula, deixando apenas o Carbono de forma aparente. A proposta é apresentar o carboidrato e a sua composição química.

Combustão do açúcar -

<https://www.youtube.com/watch?v=6HMNRuCo9sl>

Descrição: O vídeo apresenta a queima do açúcar. Inicialmente, o calor derrete o açúcar, mas não provoca a sua combustão. Após a queima de papel, o mesmo entra em combustão e produz cinzas ao final. Estas cinzas (sais que não queimam) agregadas ao açúcar, promovem a sua combustão. A sacarose



então, combustível, juntamente com o oxigênio do ambiente, produzem o fogo. A proposta é mostrar o processo de combustão e a transformação química da substância.

Segundo momento: Após a demonstração dos experimentos nos vídeos, os alunos serão divididos em 5 grupos. Estes grupos formularão as suas hipóteses com base nos seus conhecimentos prévios, que possam explicar o que ocorreu no primeiro e segundo vídeo, com base na pergunta norteadora: *Como o motor do carro funciona?*

Em seguida, o professor lhes apresenta o problema central da pesquisa, deixando-os refletir sobre as informações recebidas para a concretização de suas hipóteses.

- Qual a relação que existe entre os experimentos e o nosso corpo?
- Quais os processos de produção de energia nas nossas células?
- Que tipo de reações químicas acontecem em nossas células para a obtenção de energia?

Terceiro momento: Após a construção das hipóteses, os grupos deverão apresentá-las em cartazes e deixar visíveis para toda a turma.

Aulas 2 e 3: Colocando as hipóteses à prova

Primeiro momento – A turma realizará uma pesquisa no laboratório de informática ou na própria sala de aula utilizando seus smartphones, onde poderão utilizar a internet para executar as etapas propostas nas aulas (acessar vídeo aulas, artigos científicos, livros etc) para investigar sobre as situações problema indicadas.

Segundo momento – Neste momento, os grupos já estabelecidos receberão do professor 5 temáticas:

Grupo 1: Fotossíntese

Grupo 2: Glicólise

Grupo 3: Ciclo de Krebs



Grupo 4: Cadeia de Elétrons/Fosforilação Oxidativa

Grupo 5: Fermentação

Terceiro momento – Conhecendo os seus temas e de posse das ferramentas tecnológicas, com base nas hipóteses levantadas, os grupos se reunirão para pesquisar argumentos que sustentem suas hipóteses e expliquem a associação com o tema selecionado.

232

Em seguida, os grupos deverão construir um quebra-cabeça ilustrado sobre os processos metabólicos envolvidos (Fotossíntese, Respiração Celular e Fermentação) demonstrando o caminho da glicose originada da sacarose, produzida nos vegetais e também a importância do O₂ e do CO₂ neste percurso. Cada grupo aplicará os conhecimentos adquiridos na pesquisa desta aula para a produção do quebra-cabeça.

O próximo passo é a apresentação em cartaz ou slide sobre o assunto definido para o cada grupo, apresentando também os cartões com informações importantes sobre o assunto e que irão compor o quebra-cabeça ilustrado.

Nesse momento é importante que os grupos observem as suas hipóteses iniciais e revejam os vídeos a fim de corrigir algum conceito ou mesmo expor algo novo.

Nessa apresentação, eles deverão esclarecer suas descobertas e abordar os aspectos relacionados às formas de obtenção de energia na célula e a relação existente entre os experimentos do vídeo e o nosso corpo.

Aula 4: Tomada de consciência

Após as apresentações com os resultados da investigação, será realizada uma roda de conversa para discussão sobre o que acharam de todo o processo investigativo, podendo ainda sanar dúvidas existentes sobre os conteúdos pesquisados.

Na roda de conversa, os estudantes serão questionados sobre suas hipóteses iniciais e se houve mudanças. Por último, será proposto aos alunos que façam uma correlação entre os alimentos ricos em carboidratos e os processos de nutrição diária, importantes para a manutenção do processo de produção energética nas nossas células.



Discussão

A presente proposta investigativa foi construída a partir do desenvolvimento de uma sequência didática aplicável de forma presencial em 4 aulas de 50 minutos, numa abordagem que desperta a curiosidade e valoriza a participação dos alunos, tornando o ensino mais dinâmico e atrativo e, transforma o aluno no protagonista do seu processo de ensino aprendizagem. Isto ocorre por meio do estudo sobre os processos de obtenção de energia correlacionados aos de síntese de moléculas orgânicas dentro nas células, utilizando estratégias didáticas que envolvem observação, discussão e interpretação de informações e que resultam na construção de conceitos científicos e desenvolvimento da criticidade.

Esta sequência didática apresenta as discussões sobre metabolismo, numa abordagem dos conceitos gerais, transformação química envolvendo oxidação e o levantamento os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema e desenvolve a compreensão da célula como um sistema organizado, no qual ocorrem reações químicas vitais, e que está em constante interação com o ambiente. Além disso, envolve a leitura de textos complementares às informações da aula, possibilitando sistematizar conhecimentos, promover novas perguntas e questões-problema ou trazer os conteúdos para uma realidade mais próxima da vida do aluno (MOTOKANE, 2015).

Ao propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo, estamos proporcionando condições para que ele possa raciocinar e construir seu conhecimento (CARVALHO, 2013), seguindo uma das diretrizes da BNCC.

Segundo a BNCC a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, em que se precisa assegurar o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica (BRASIL, 2017).

A adoção de uma abordagem interdisciplinar no ensino médio é uma das indicações dos documentos oficiais sobre as diretrizes curriculares dos cursos. A interdisciplinaridade supõe um eixo integrador que pode ser o objeto de



conhecimento, um projeto de investigação, um plano de intervenção (BRASIL, 2002). Dentro disto, a proposta pela investigação do caminho percorrido pelo carbono desde a síntese de biomoléculas até a sua oxidação para geração de energia permite uma interdisciplinaridade nas Ciências da Natureza, que só é encontrada no estudo da bioquímica.

A sequência didática investigativa proposta contribui de forma bastante interessante na compreensão da bioquímica que permite a promoção das inter-relações entre os conteúdos da química orgânica com os processos biológicos celulares. A proposta busca auxiliar na superação dos obstáculos pelo estudante que apresenta dificuldade de integrar os conteúdos isolados de química e de biologia (BARBOSA, 2016) e, de promover correlações entre os conceitos estudados com as atividades cotidianas de forma sequenciada e concatenada. A atividade investigativa possibilita uma atuação consciente e crítica do aluno, em temáticas importantes, tais como saúde e meio ambiente, onde o conhecimento bioquímico é fundamental.

Em seu trabalho, Garcez e Soares (2017) mostraram a importância de se instigar o interesse dos discentes aos estudos e uma forma para isto acontecer é por meio da adoção de alternativas metodológicas que utilizam a ludicidade, tornando o estudo uma ação mais divertida e prazerosa. Neste contexto, a sequência didática, de forma lúdica, instiga a criatividade e estimula o raciocínio lógico por meio da compreensão e do estabelecimento de correlações entre os mecanismos bioquímicos: fotossíntese, glicólise, ciclo de Krebs, cadeia de elétrons acoplada à fosforilação oxidativa e a fermentação. Ainda, a presente proposta de ensino de bioquímica apresenta o método científico, o que corrobora com o Henriques e colaboradores (2016) que relata que o processo de ensino-aprendizagem da ciência no ensino médio é de grande importância para a formação crítica dos estudantes, pois desperta o interesse científico e tecnológico.

A proposta de ensino por investigação é um trabalho em parceria entre professor e estudantes, que exige que o professor valorize as pequenas ações do trabalho e compreenda a importância de colocá-las em destaque (SASSERON, 2015). Segundo, Scarpa e Campos (2018), é um processo de



reflexão coletiva que atua como regulador, da aprendizagem dos estudantes e do professor, que pode avaliar, trazer novas informações e reflexões e comparar os resultados de cada grupo. O próprio cenário de comunicação entre os grupos faz parte do processo investigativo e, tanto a verificação das hipóteses quanto a argumentação compõem aspectos do fazer científico e, por isso, correspondem a elementos da cultura científica (SASSERON, 2015).

Os vídeos indicados e utilizados para a sensibilização nesta ação investigativa são gratuitos, podem ser encontrados na rede e também podem ser substituídos por outros, à critério do professor, levando em consideração tempo e aprofundamento do conteúdo. Esta estratégia conecta-se à habilidade EM13CNT301 da BNCC que visa construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. Por isso, acreditamos que os vídeos possam sensibilizar os alunos a discutir o tema metabolismo energético em sala de aula, após a apresentação da questão problematizadora, de forma a abordar outras questões que vão além da memorização de conceitos e processos metabólicos, mas favorecendo o processo de ensino aprendizagem. A escolha dos vídeos baseia-se na possibilidade de qualquer professor e escola poderem realizar a atividade, sem que seja necessário um laboratório de ciências. Além disso, o vídeo proporciona mais segurança, visto que os alunos não estarão expostos a produtos químicos perigosos.

Conclusão

Dada a importância da utilização de novas estratégias metodológicas para o oferecimento das disciplinas relacionadas às Ciências da Natureza nas escolas, essa sequência didática propõe a aplicação de uma estratégia investigativa dentro do ensino de Bioquímica, como ferramenta interdisciplinar para a melhoria da fixação dos conteúdos de Biologia e de Química Orgânica pelos estudantes.



Investigar o caminho percorrido pelo carbono dentro dos diferentes sistemas metabólicos pode se tornar algo muito interessante, divertido e que leva o despertar do conhecimento científico; compreender tanto os processos da fotossíntese que levam à síntese de carboidratos a partir do dióxido de carbono com liberação do oxigênio, quanto os mecanismos da respiração celular e das fermentações para a geração de energia por meio da oxidação destes compostos carbonados é algo possível, quando apresentado de forma sequenciada, concatenada e ligada a algo comum do dia-a-dia do estudante, como foi definido pela pergunta norteadora em relação ao funcionamento do motor de um carro.

Neste trabalho, a abordagem de ensino por investigação pretende ajudar a combater visões deformadas a respeito do tema metabolismo e principalmente sobre a bioquímica celular, mostrando que é possível a sua discussão no ensino básico, levando o estudante a refletir sobre as situações do cotidiano e associando-as com o conteúdo teórico.

Referências

BARBOSA, J. B. N. **Ensino da bioquímica por meio de uma rede social educacional para alunos do ensino médio**. Dissertação de mestrado, UFRN, RN. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. Secretaria da Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Vol. 2. Brasília: Ministério da Educação, 2006. 135p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC. 2017

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. de *et al.* **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p.156.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.



GARCEZ, E. S. C.; SOARES, M. H.; SOARES, F. B. Um estudo do Estado da Arte sobre a utilização do lúdico em ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n.1, p. 183-2014, 2017.

GOMES, L. M. J. B.; MESSEDER, J. C. Fotossíntese e Respiração Aeróbica: vamos quebrar a cabeça? Proposta de jogo. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 91-107, out. 2014. ISSN 2318-8790. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/317>>. Acesso em: 12 set. 2021. <https://doi.org/10.16923/reb.v12i2.317>.

GOMES, K. V. G.; RANGEL, M. Relevância da disciplina bioquímica em diferentes cursos de graduação da UESB, na cidade de Jequié. **Revista Saúde Com. Vitória da Conquista**, v. 2, n. 1, p. 161-168, 2006.

HENRIQUES, L. R.; KONIG, I. F. M.; DIAS, B. K. M.; BAGNO, F. F.; SANTOS, R. C. V.; LEITE, J. P. V. Bioquímica nas escolas: Uma estratégia educacional para o estudo de Ciência no Ensino Médio. **Revista Elo- Diálogos em Extensão**, v. 5, n. 3, p. 6-17, 2016.

JESUS, M. S. de et al. **Mapeamento das tecnologias digitais da informação e comunicação (tdics) publicadas na revista brasileira de ensino de bioquímica (2017 - 2019)**. Anais VI CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<http://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/61027>>. Acesso em: 12/09/2021 21:57

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.

LEHNINGER, A.L.; COX M. M.; NELSON, D. L. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Artmed: Porto Alegre, RS. 2014.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), [s.l.], v. 17, n., p. 115-138, nov. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s07>.

SARMENTO, A.C.H. et al. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 3, p. 573-598, 2013.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), [S.L.], v. 17, n. , p. 49-67, nov. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>.

SCARPA, D. L; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 32, n. 94, p. 25-41, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>.



SILVEIRA COVIZZI, U. D.; LOPES DE ANDRADE, P. F. Estratégia para o ensino do metabolismo dos carboidratos para o curso de farmácia, utilizando metodologia ativa de ensino. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 10-22, dez. 2012. ISSN 2318-8790. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/169>>. Acesso em: 12 set. 2021. doi:<https://doi.org/10.16923/reb.v10i1.169>.

SOLNER, T. B.; FERNANDES, L. da S.; FANTINEL, L. O ensino de Bioquímica: uma investigação com professores da rede pública e privada de ensino. **Revista Thema**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 899-911, 2021. 10.15536/thema.V17.2020.899-911.1591. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1591>. Acesso em: 12 set. 2021.

VASCONCELOS, L.C., BONELLI, R.R. Desenvolvimento de um jogo de tabuleiro destinado a aumentar o nível de aprendizado e interesse do aluno pelo metabolismo energético no ensino médio. In: **Anais do XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba. 2008. p. 1-4.

Sobre os autores

Matheus Oliveira Póvoas

biopovoas@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3486-9770>

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, Especialização em Gestão Ambiental Municipal pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB e Especialista em Ensino de Ciências e Matemática - UESC e Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Rede em Ensino de Biologia (PROFBIO), pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

Elisa Mitsuko Aoyama

elisaoyama@yahoo.com.br

<https://orcid.org/0000-0002-3131-2782>

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Taubaté(1995), especialização em Ecologia pela Universidade de Taubaté (1999), mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho(2002), doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo Instituto de Botânica(2010) e curso-tecnico-profissionalizante pelo Colégio Técnico de Tremembé(1990). Atualmente é Revisor de periódico da Hoehnea (São Paulo), Professor Adjunto I da Universidade Federal do Espírito Santo, Revisor de periódico da Magistra, Revisor de periódico da Rama : Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Revisor de periódico da Revista Biociências (Taubaté), Revisor de periódico da Natureza On Line (Espírito Santo), Revisor de periódico da Revista de Biologia Neotropical, Revisor de periódico da Ciência Rural (UFSM. Impresso) e Membro de corpo editorial da Health and Bioscience. Tem experiência na área de Botânica, com



ênfase em Morfologia Vegetal. Atuando principalmente nos seguintes temas: Bromeliaceae, germinação, anatomia foliar, produção, aclimação.

Marcos da Cunha Teixeira

marcosteixeiraufes@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3564-2180>

Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (1997), Mestre e Doutor em Entomologia (Tese em Ecologia) pela Universidade Federal de Viçosa (1999 e 2007, respectivamente). Atuo no ensino superior desde 2001 e entre 2009 e 2013 atuei como professor adjunto no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) onde desempenhei as seguintes funções: - Autor e tutor do Programa de Educação Tutorial Conexões de Saberes Socioambientais; - Orientador no Programa de mestrado em Gestão de Políticas Públicas; - Assessor de meio ambiente e sustentabilidade do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas; Atualmente, sou professor adjunto do Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas (DCAB) da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus São Mateus, onde desempenho as seguintes funções: - Coordenador do Laboratório de Educação Ambiental/Núcleo de Pesquisas e Práticas Pedagógicas em Biologia; - Orientador no Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Ensino de Biologia (PROFBIO - Nucleado na UFMG); - Diretor de Interlocução com a Sociedade pela Pró-Reitoria de Extensão.UFES. Desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão nas seguintes áreas: - Educação ambiental; - Ecologia e conservação da biodiversidade; - Ensino de ciências e Biologia; - Divulgação e popularização das ciências.

Karina Carvalho Mancini

karina.mancini@ufes.br

<https://orcid.org/0000-0003-3275-0693>

Possui graduação - Bacharelado e Licenciatura - em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (1998), doutorado (2003) e pós-doutorado (2007) em Biologia Celular e Estrutural pela mesma universidade. Atualmente é professora Associada II na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus. Tem experiência na área de Morfologia (estrutura, ultra-estrutura e citoquímica), com ênfase na morfologia espermática de invertebrados, principalmente insetos. Atualmente trabalha em Ensino de Biologia, principalmente relacionado a produção de materiais didáticos. Foi coordenadora do PIBID/Ciências Biológicas/CEUNES de 2012 a 2017. Foi Coordenadora Adjunta do PROFBIO/CEUNES em 2017 e desde 2018 é Coordenadora do mesmo Programa. Atua como docente permanente dos Programas de Pós-graduação Ensino na Educação Básica (PPGEEB) e Rede Nacional em Ensino de Biologia (PROFBIO), ambos em nível mestrado e vinculados a Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus (CEUNES/UFES).

Paola Rocha Gonçalves

paola.goncalves@ufes.br

<https://orcid.org/0000-0001-5760-4938>

Graduada em FARMÁCIA pela Faculdade de Farmácia e Bioquímica do Espírito Santo (1994) e Doutora em BIOLOGIA FUNCIONAL E MOLECULAR / área: BIOQUÍMICA, com ênfase em toxicologia celular e molecular, pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Desde 2008 é docente de Bioquímica e Toxicologia da Universidade Federal do Espírito Santo, no Campus de São Mateus/ES (CEUNES/UFES) e, a partir de 2021 é Professora Associado III. Tem Pós-doutorado na área de sinalização de mecanismos celulares envolvidos na atividade antitumoral e, bioensaios in vitro (em 2015). Atualmente, é também professora colaboradora no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), no CEUNES/UFES.

