

Conhecimento dos Alunos e a Avaliação e uma Sequência Didática sobre Radicais Livres, Antioxidantes e Compostos Fenólicos no Ensino Básico

Students' Knowledge and Evaluation of a Teaching Sequence on Free Radicals, Antioxidants and Phenolic Compounds in Basic Education

Janaina Pinheiro Gonçalves^{*a}; Kelma da Conceição Bitencourt^b; Nara Lilian Pires e Pires^b; Ionara Antunes Terra^b; João da Silva Carneiro^b

^aSecretaria Municipal de Educação de Abaetetuba. PA, Brasil.

^bUniversidade do Estado do Pará. PA, Brasil

*E-mail: janainagoncalves08@gmail.com

Resumo

A temática “radicais livres, antioxidantes e compostos fenólicos” está intrinsecamente relacionada à química orgânica no Ensino Médio. Diante disso, este estudo objetivou avaliar o conhecimento dos alunos do Ensino Médio e uma sequência didática sobre esta temática. Para tal, foi eleito um público de 82 alunos, o equivalente a quatro turmas da 3ª série do Ensino Médio, de três escolas da rede pública de ensino do município de Abaetetuba-PA, os quais realizaram uma atividade teórico-prática em sala de aula e, posteriormente, realizou-se a aplicação de um questionário com perguntas fechadas sobre o cotidiano e conhecimento dos discentes em relação ao tema em questão, ensino de química e avaliação da sequência didática, cujos dados foram analisados, quantitativamente, gerando frequências e subsidiando a elaboração de tabelas. Os resultados revelaram que os alunos apresentaram pouco conhecimento em relação ao assunto, apesar deste tema estar presente no cotidiano, demonstrando as deficiências do ensino de química quanto à contextualização, experimentação científica escolar e, principalmente, à temática radicais livres, antioxidantes e compostos fenólicos. Com relação à sequência didática proposta, os alunos atribuíram conceitos “bom ou excelente” para sua dinâmica. Portanto, o referido conhecimento químico pode ser mais bem trabalhado com o uso desta sequência didática, a qual despertou a motivação, curiosidade e participação dos alunos, além de contribuir para a assimilação dos conceitos e contextualização.

Palavras-chave: Ensino de Química. Experimentação Científica Escolar. Funções Orgânicas.

Abstract

The theme “free radicals, antioxidants and phenolic compounds” is intrinsically related to organic chemistry in high school. Therefore, this study aimed to evaluate the knowledge of high school students and a didactic sequence on this topic. For this, an audience of 82 students was elected, the equivalent of four classes of the 3rd grade of high school, from three public schools in the municipality of Abaetetuba-PA, when a theoretical-practical activity was carried out in the classroom, and later, a questionnaire was applied with closed questions about the students' daily life and knowledge regarding the subject in question, teaching chemistry and evaluation of the didactic sequence, whose data were analyzed, quantitatively, generating frequencies and subsidizing the elaboration of tables. The results showed that the students had little knowledge on the subject, despite this theme is present in everyday life, demonstrating the deficiencies of chemistry teaching regarding contextualization, school scientific experimentation, and, mainly, the theme free radicals, antioxidants, and phenolic compounds. Regarding the proposed didactic sequence, the students attributed concepts “good or excellent” to its dynamics. Therefore, the aforementioned chemical knowledge can be better worked with the use of this didactic sequence, which aroused the students' motivation, curiosity and participation, in addition to contributing to the assimilation of concepts and contextualization.

Keywords: Teaching. School Experimentation. Chemical Functions.

1 Introdução

Os radicais livres e antioxidantes são temas que vêm sendo alvo de pesquisa e motivo de interesse social nos últimos anos, tanto em seus aspectos básicos quanto em suas aplicações (Silva; Ribeiro; Chaves, 2009). Isto vem ocorrendo em função dos processos de oxidação se apresentarem, sobretudo, como a causa da diminuição da vida útil de alimentos e de muitas matérias-primas, além de serem os principais causadores do envelhecimento dos organismos vivos (Novaes *et al.*, 2013).

A oxidação é um processo básico da vida aeróbica e do metabolismo, em que os radicais livres são gerados naturalmente ou em decorrência de alguma disfunção biológica (Barreiros; David; David, 2006). Existem várias

espécies de radicais livres, como exemplo: o oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$), radical superóxido (O_2^-) ($\text{O}_2^{\cdot-}$), radical hidroxila (OH^\cdot) (OH^\cdot), óxido nítrico (NO^\cdot) (NO^\cdot), peroxinitrito (ONOO^-) (ONOO^-) e o radical semiquinona (Q^\cdot) (Q^\cdot) (Bianchi; Antunes, 1999). Para fins de informação, o termo “radicais livres” faz alusão a átomos ou grupos de átomos que apresentam um elétron não-pareado (Murray; Granner; Rodwell, 2007).

Os radicais livres podem ser formados pela ruptura das ligações covalentes (homólise), mediante o fornecimento de energia na forma de calor, luz, raios X ou raios gama, proveniente da força da ligação que está sendo desfeita. Entretanto, nos organismos vivos é mais corrente a formação de radicais livres em função da transferência de elétrons por

reações “redox”, de óxido-redução (Augusto, 2006).

A produção de radicais livres é de grande importância para o organismo, pois esses radicais livres desempenham funções biológicas essenciais, como promover a formação de ATP (energia) e participar de mecanismos de defesa. Uma célula normal possui uma proporção adequada de compostos oxidantes, porém, quando o equilíbrio entre os compostos oxidantes e antioxidantes é desfeito pode ocorrer o estresse oxidativo. Tal desequilíbrio é causado pela produção excessiva de radicais livres ou quando os níveis dos antioxidantes estão em menor quantidade, causando danos às células e tecidos (Barbosa *et al.*, 2010).

Os antioxidantes, por sua vez, são substâncias responsáveis por inibir os efeitos danosos causados pelos radicais livres, atrasando, neutralizando ou impedindo a ação oxidativa provocada por esses radicais (Mosca; Sanches; Comune, 2017). Estas substâncias fornecem grande benefício à vida do ser humano, visto que têm a capacidade em adiar doenças degenerativas. Por isso, é ideal e indicado o consumo de alimentos ricos em antioxidantes, porque reduzem os riscos para alguns tipos de câncer e a frequência de outros problemas crônicos de saúde (Harvey; Ferrier, 2012).

Entre as substâncias que apresentam atividade antioxidante estão os compostos fenólicos, os quais podem absorver e neutralizar radicais livres, e podem ser naturais ou sintéticos (Novaes *et al.*, 2013). Nas plantas, a atividade antioxidante, geralmente, está relacionada à presença de compostos fenólicos, os quais são produtos do seu metabolismo secundário, em resposta ao estresse biótico e abiótico, como seca, umidade, insetos e plantas hospedeiras. Estes compostos apresentam como estrutura básica um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxila e se classificam de acordo com o número de unidades presentes na molécula (Schafranski, 2019).

O uso de plantas medicinais é uma ótima opção para auxiliar no ensino de química orgânica, levando em consideração, principalmente, as funções químicas presentes em cada planta. Neste contexto, aplica-se o ensino dos radicais livres, antioxidantes e compostos fenólicos, que são temas que demandam a inserção no ambiente escolar por apresentarem uma alta relevância para a sociedade, estarem presentes no cotidiano e por suas implicações na vida das pessoas, influenciando na saúde humana, inclusive, na cura de inúmeras doenças e a promoção da qualidade de vida (Silva; Ribeiro; Chaves, 2009).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), repassar os conteúdos, de forma interdisciplinar e contextualizada, torna mais fácil o entendimento de conteúdos de Ciências Naturais, como a aplicação de conhecimentos da Biologia e da Química, para o entendimento dos mecanismos de formação e ação dos radicais livres, e a relação desses últimos com o envelhecimento celular (Brasil, 2000). As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM)

ressaltam a importância de trabalhar os conteúdos curriculares de forma interdisciplinar e contextualizada, relacionando-os com o contexto social dos educandos (Brasil, 2006). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o conhecimento dos alunos do Ensino Médio sobre radicais livres, antioxidantes e compostos fenólicos, propondo e avaliando uma sequência didática sobre a temática.

2 Material e Métodos

2.1 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa foi do tipo exploratória, com abordagem quantitativa, que se caracteriza como um levantamento por meio da interrogação direta, cujo comportamento de um grupo de pessoas se deseja conhecer, assim como informações acerca do problema estudado por meio de questionários (Gil, 2002). Buscou-se, também, entender a influência de uma atividade teórico-prática, suas dificuldades e possibilidades em sala de aula (Morais, 2015), neste caso, no ensino de química.

2.2 Público-alvo

Para esta abordagem foi eleito um público de 82 alunos, o equivalente a quatro turmas da 3ª série do Ensino Médio, de três escolas da rede pública de ensino do município de Abaetetuba-PA. As turmas do Ensino Médio foram eleitas pelo fato de terem na grade curricular a química orgânica, mais precisamente, o assunto de funções orgânicas.

Os estudantes maiores de 18 anos que participaram deste estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), documento que comprova a concordância em participar do estudo, e no caso dos estudantes com menor idade, os pais e/ou responsáveis foram comunicados quanto aos objetivos do estudo e assim, assinaram o termo respaldando a realização da pesquisa.

2.3 Desenvolvimento da sequência didática

Inicialmente, foi dirigida uma aula expositiva e dialogada, com auxílio de *notebook*, datashow, quadro branco e pincéis, sobre a temática “radicais livres, antioxidantes e compostos fenólicos”, buscando contextualizar com o cotidiano dos alunos. Esta aula foi estruturada em: a) processo de formação dos radicais livres no organismo e as consequências de sua produção em excesso; b) forma de atuação dos antioxidantes em relação aos radicais livres; c) fontes de alimentos ricos em antioxidantes, ressaltando suas características, usos medicinais e benefícios; e d) constituintes (princípios ativos) que conferem a atividade antioxidante aos produtos naturais.

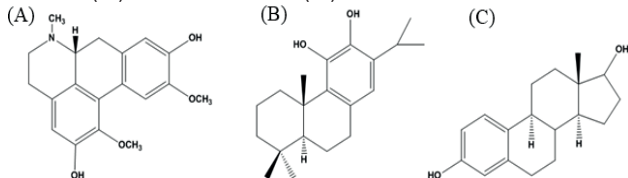
Com o intuito de exemplificar e contextualizar os conceitos teóricos abordados em sala de aula foi desenvolvida a atividade experimental, sobre antioxidantes e substâncias fenólicas, a partir de testes com chás de três plantas medicinais, sendo o boldo-do-chile (*Peumus boldus* Molina), o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e a quebra-pedra (*Phyllanthus niruri* L.). Para tanto, foram necessários 4 (quatro) gramas

de folhas de boldo-do-chile, alecrim e quebra-pedra, água quente, seis béqueres, três pires pequenos, papel filtro comum pequeno, seis tubos de ensaio e solução de cloreto férrico (FeCl_3) a 1%.

Os extratos das plantas foram obtidos por infusão à quente, em forma de chá. Para isso, foram adicionados 40 mL de água quente nos três béqueres, contendo 4g das folhas de cada planta, previamente pesados em balança analítica. Posteriormente, foram cobertos com pires, deixados em repouso por cinco minutos e, em seguida, filtrados, transferindo o extrato de cada planta para dois tubos de ensaios. Foram adicionadas cinco gotas da solução aquosa a 1% de FeCl_3 em apenas um dos tubos de ensaio de cada extrato, a fim de comparar as mudanças de cores após reação entre as substâncias fenólicas e o FeCl_3 .

Ressalta-se que estas três plantas foram selecionadas por serem bastante conhecidas e utilizadas pela medicina popular no Brasil e em função de seu potencial antioxidante decorrente da bioatividade de seus compostos fenólicos (Figura 1). O boldo-do-chile possui a propriedade antioxidante, a qual é conferida, provavelmente, por uma série de compostos fenólicos, como a boldina (Costa, 2017). No caso do alecrim, esta atividade antioxidante, também, está relacionada à presença de fenólicos, como o ácido carnosóico (Carvalho Júnior, 2004). Por sua vez, a quebra-pedra tem em sua composição química flavonoides, ligninas, alcaloides, taninos, terpenos e esteróis, como o estradiol, sendo este, provavelmente, o responsável por sua característica antioxidante (Sousa, 2017).

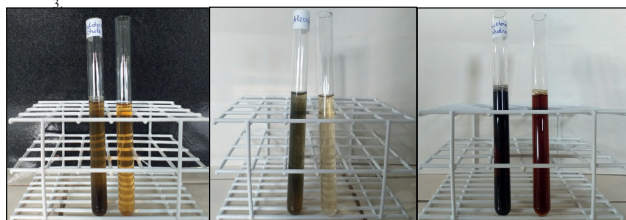
Figura 1 - Constituintes responsáveis pela atividade antioxidante do boldo-do-chile, alecrim e quebra-pedra, respectivamente. (A) boldina. (B) ácido carnosóico. (C) estradiol



Fonte: adaptado de Carvalho, Júnior (2004); Costa (2017) e Sousa (2017).

Os resultados do experimento consistiram em demonstrar aos alunos que, quando as gotas da solução de FeCl_3 são adicionadas no extrato das folhas de boldo-do-chile, alecrim e quebra-pedra, separadamente, ocorre uma reação dos constituintes químicos presentes nestas plantas com esta solução, levando a uma mudança na coloração dos chás, como pode ser possível visualizar na Figura 2.

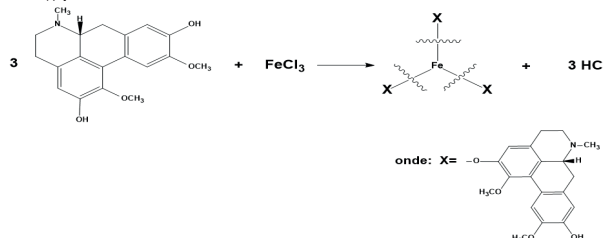
Figura 2 - Extratos do boldo-do-chile, alecrim e quebra-pedra, respectivamente, antes (direito) e após (esquerdo) a adição de FeCl_3



Fonte: dados da pesquisa.

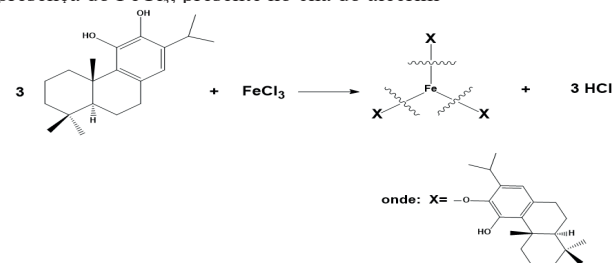
Com base nisso, a intenção foi exemplificar aos alunos que a alteração da cor está vinculada às reações de complexação dos compostos fenólicos presentes em cada chá, na presença do FeCl_3 , ressaltando-se que são estas substâncias fenólicas produzidas pelas próprias plantas (metabólitos secundários) que, provavelmente, conferem a atividade antioxidante aos chás (Figuras 3, 4 e 5).

Figura 3 - Reação de complexação da boldina na presença do FeCl_3 , presente no chá do boldo-do-chile



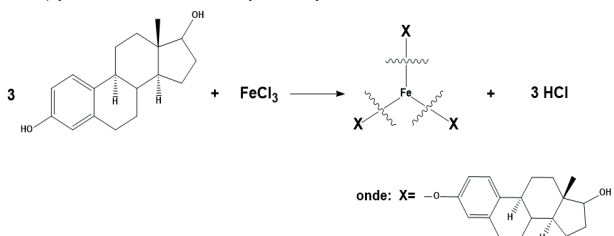
Fonte: dados da pesquisa.

Figura 4 - Reação de complexação do ácido carnosóico na presença do FeCl_3 , presente no chá do alecrim



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 5 - Reação de complexação do estradiol na presença do FeCl_3 , presente no chá da quebra-pedra



Fonte: dados da pesquisa.

2.4 Avaliação do conhecimento dos alunos e da sequência didática

Ao término da atividade teórico-prática foi aplicado um questionário estruturado com perguntas fechadas sobre:

O cotidiano e o conhecimento dos alunos sobre a temática (uso medicinal de plantas, conhecimento sobre os antioxidantes presentes em plantas, conhecimento da atividade antioxidante do açaí e sua relação com os compostos fenólicos, caracterização da estrutura química do fenol, conhecimento sobre a importância dos antioxidantes para as células, e exemplificação de um radical livre);

O ensino do assunto em aulas de química (conteúdo ministrado pelo professor sobre plantas medicinais e o seu potencial antioxidante, importância dos radicais livres para as células humanas, e a participação em atividade experimental relacionando plantas medicinais ao assunto em questão); e A avaliação da atividade teórico-prática (conhecimento sobre a

atividade antioxidante dos chás de três plantas medicinais e a sua relação com as substâncias fenólicas, comparação das estruturas das moléculas antioxidantes dos chás com base na Figura 1, viabilidade da atividade para associar a mudança de cor dos chás à aula teórica, o experimento desenvolvido como um recurso interessante para o ensino de funções orgânicas, e a avaliação desta sequência didática em conceitos). Para esta avaliação, foram propostos cinco conceitos (péssimo, ruim, regular, bom e excelente), podendo ser assinalada apenas uma opção.

2.5 Análise de dados

As informações obtidas com base nas perguntas sobre o cotidiano e o conhecimento dos alunos, o ensino do tema nas aulas de química e avaliação da atividade experimental foram tabuladas em planilhas do *software* Excel 2018, a fim de calcular as frequências relativas e subsidiar a elaboração de tabelas.

3 Resultados e Discussão

3.1 Questões relacionadas ao cotidiano e conhecimento dos alunos sobre a temática

Os alunos, em sua maioria, afirmaram que fazem uso ou já utilizaram alguma planta como remédio (97,5%), demonstrando que os chás fazem parte do cotidiano deles (Quadro 1). A maior frequência de uso destes recursos vegetais na medicina popular pode ser explicada pela facilidade de aquisição de plantas, em quintais, feiras e mercados, da simplicidade de produção dos chás e em função ao baixo custo, quando comparado aos medicamentos laboratoriais, além das dificuldades em conseguir atendimento hospitalar, exames e medicamentos pelas populações de países em desenvolvimento (Veiga Júnior; Pinto; Maciel, 2005). Na cultura popular, em especial, no Brasil, o uso de plantas medicinais ocorre na forma de remédio, cujo processamento e o preparo são realizados na própria residência (Braga; Silva, 2021), podendo ser pelos estudantes ou por seus familiares.

Quadro 1 - Frequência das respostas negativas e positivas em relação às perguntas sobre o cotidiano e o conhecimento prévio dos alunos, alvo da sequência didática

Pergunta	Resposta (%)	
	Não	Sim
Você utiliza ou já utilizou alguma planta como remédio?	2,5	97,5
Você já ouviu falar ou leu algo sobre os antioxidantes presentes em plantas?	31,8	68,2
Você já sabia que o açaí possui atividade antioxidante?	61,0	39,0
Você sabia que tal atividade antioxidante acima mencionada está relacionada à presença de compostos fenólicos produzidos pelas plantas?	79,3	21,2
Você já conhecia a estrutura química de um fenol?	84,1	15,9
Você saberia informar que uma das propriedades dos antioxidantes era proteger as células dos radicais livres?	79,3	20,7
Você saberia citar, antes da realização desta atividade, um radical livre na química?	91,5	8,5

Fonte: dados da pesquisa.

Em relação ao conhecimento relacionado aos antioxidantes presentes em plantas, 68,2% dos discentes alegaram que já escutaram ou leram algo a respeito dessas substâncias produzidas pelo metabolismo vegetal (Quadro 1). Marmitt *et al.* (2016), em uma oficina intitulada “Antioxidantes: Fonte da Juventude?”, visaram avaliar o potencial antioxidante de dois sucos de frutas adquiridos comercialmente (laranja e abacaxi), e os autores perceberam que a atividade despertou a curiosidade dos alunos, pois se tratava de um tema de grande visibilidade na mídia, e observaram que os discentes possuíam algumas noções sobre os benefícios dos antioxidantes para a saúde. Por ser um tema frequente em jornais televisivos, propagandas de cosméticos e de alimentos, livros didáticos e fazer parte do currículo disciplinar do Ensino Médio, grande parte dos alunos, alvo desta atividade, apresentava algum conhecimento prévio sobre o assunto.

Quanto ao conhecimento da propriedade antioxidante do açaí, os alunos, em sua maioria, não eram conhecedores deste fato (61,0%), demonstrando baixo nível de conhecimento sobre as atividades biológicas de um alimento (fruto) presente no seu dia a dia, e que a contextualização sobre este assunto não foi abordada em sala de aula (Quadro 1). Do mesmo modo, 79,3% dos discentes não sabiam que a atividade antioxidante desse fruto está relacionada à presença de compostos fenólicos (Quadro 1). Sobre isso, pode-se inferir que na área da química há grande número de conceitos e conhecimentos, cuja inter-relação é dificilmente percebida pelos alunos em seu cotidiano (Nery; Liegel; Fernandez, 2007).

Em relação ao conhecimento dos discentes sobre a estrutura química do fenol, 84,1% dos alunos alegaram que não sabiam informar tal descrição, o que é bastante preocupante, pois se trata de um conceito básico de química orgânica (Quadro 1). Esta situação pode estar relacionada ao fato de que as instituições possuem uma série de conteúdos que precisam ser repassados, o que acaba por enfadar alunos e o professor, em que este faz de conta que ensina, e o aluno aprende uma educação superficial e desestimulante (Oliveira, 2016).

Oliveira (2016) frisou também que, no modelo de ensino supracitado, o professor não busca novas formas de ensino que sejam mais instigantes para todos. Este fato pode estar relacionado à falta de interesse do professor ou falta de tempo para o desenvolvimento de um plano de aula diferenciado.

Foi explorado, também, se os alunos sabiam sobre a função dos antioxidantes na proteção das células contra os radicais livres, e a maioria respondeu negativamente a esta questão (79,3%), apesar de muitos alunos já terem algum conhecimento sobre antioxidantes presentes em plantas (Quadro 1). Em estudo similar, Sousa e Freitas (2018), por meio de uma sequência didática com realização de oficinas sobre a atividade antioxidante, obtiveram resultados similares a estes, mostrando que os alunos, predominantemente, desconheciam os antioxidantes tampouco compreendiam sua importância para a manutenção das células.

Ao ser solicitada a exemplificação de um radical livre na química, grande parte dos alunos (91,5%) não soube dar este exemplo (Quadro 1). Diante disso, infere-se que o educando não tem a flexibilidade que o docente tem, em articular as fórmulas químicas como meio de comunicação das suas ideias, pois o aluno ainda não possui o entendimento tão abrangente dos fatos químicos, estagnando apenas na simbologia até criar uma memória mais aprofundada sobre o assunto (Pelegri, 1995). Neste viés, a falta de exemplificação e contextualização é um dos fatores que pode limitar o conhecimento sobre as estruturas químicas e suas importâncias.

3.2 Questões relacionadas ao ensino do assunto em aulas de química

No contexto de sala de aula, a maioria dos alunos (58,6%) não teve acesso à informação sobre plantas medicinais e o seu potencial antioxidante, enquanto 41,4% responderam positivamente a este questionamento, mencionando o livro didático. Nesse sentido, entre os recursos viáveis para aprender conteúdos, alguns alunos costumam citar os livros didáticos, reforçando a sua importância no processo de ensino-aprendizagem (Santos; Costa; Chaves, 2013), embora o professor deva considerar os livros didáticos apenas como recursos de apoio. Ressalta-se, novamente, a importância de contextualizar, a fim de que o aluno possa visualizar os conhecimentos construídos em sala de aula com o seu cotidiano. Finger e Bedin (2019) afirmaram que, no ensino de química na Educação Básica, as dificuldades para a compreensão e a significação dos saberes científicos pelos alunos, geralmente, estão relacionadas a não eficácia das ações e práticas docentes no processo de ensino-aprendizagem, visivelmente observadas no não relacionamento entre o saber do aluno/contextual e o saber científico.

Quanto ao conhecimento repassado pelo professor de química em relação aos efeitos dos radicais livres nas células humanas, 59,8% dos alunos mencionaram que o docente explicou este conteúdo em alguma de suas aulas, enquanto 40,2% responderam que não, alegando que isto não ocorreu ou então não se lembravam. Este resultado reforça a ideia de que este assunto ainda é pouco discutido em sala de aula tampouco relacionado aos antioxidantes, apesar de ser tema presente no cotidiano. Pitanga *et al.* (2017) propuseram para o ensino de química, no Ensino Médio, a inserção dos processos oxidativos, os quais podem ser relacionados às discussões de conteúdos como: reação de oxirredução, funções e reações orgânicas de oxidação, cálculos de concentração, catálise, radicais livres, entre outros. A discussão mais aprofundada dos conceitos sobre radicais livres, antioxidantes, compostos orgânicos e reações de oxirredução desses compostos são necessários, pois são itens correlatos e importantes para o ensino da química orgânica e para a vida das pessoas (Pitanga; Oliveira, 2009).

Na perspectiva do ensino de química, a maioria dos alunos

(62,2%) alegou que, até o momento, não havia participado de uma atividade experimental relacionando plantas medicinais aos referidos conteúdos, enquanto os demais (37,8%) mencionaram que tiveram experiências afins. Neste caso, observa-se que a grande parte dos discentes, ao longo do Ensino Básico, não teve a oportunidade de participar de um experimento com plantas medicinais, o que se configura como uma limitação, visto que tanto as plantas como a própria experimentação são fortes aliadas para a qualidade e flexibilidade do processo de ensino-aprendizagem, pois possibilita melhor compreensão e exemplificação do conteúdo por parte dos alunos e facilita a atuação do professor (Figaro, 2015). É fato que, embora a química orgânica esteja intrinsecamente relacionada à vida das pessoas, a maioria dos professores do Ensino Médio ainda apresenta muitas dificuldades em contextualizar os conteúdos curriculares dessa disciplina em suas aulas (Pazinato *et al.*, 2012).

3.3 Questões relacionadas à atividade teórico-prática

Em relação às plantas usadas na atividade desenvolvida (**boldo-do-chile**, **alecrim** e **quebra-pedra**) e suas propriedades antioxidantes, grande parte dos alunos (54,9%) não sabia sobre esta propriedade bioativa (Quadro 2). Apesar de muitos discentes utilizarem tais plantas, em forma de chá, a maioria destes ainda desconhecia o efeito antioxidante contido nessas, configurando uma limitação no ensino de Química e Biologia e ausência de contextualização. Nesse sentido, Souza (2013) argumentou que, em geral, umas das principais dificuldades apresentadas pelos estudantes é a de selecionar informações de diferentes fontes, estabelecer ligações entre a ciência escolar e as situações que fazem parte de suas vidas e ainda tirar suas próprias conclusões a partir dos conteúdos abordados. Além disso, durante o ano letivo, são raros os momentos em que os professores utilizam temáticas, em suas aulas, que promovam a contextualização dos conteúdos de química (Pazinato *et al.*, 2012).

Quadro 2 - Frequência das respostas negativas e positivas em relação às perguntas sobre a atividade teórico-prática

Pergunta	Resposta (%)	
	Não	Sim
Você já sabia que o chá de boldo-do-chile, alecrim e quebra-pedra apresentavam atividade antioxidante?	54,9	45,1
Você atribui a causa da atividade antioxidante dos chás às substâncias fenólicas?	18,3	81,7
Você achou importante mostrar a presença dos antioxidantes nos chás por meio desta atividade experimental?	9,8	90,2

Fonte: dados da pesquisa.

A atividade antioxidante dos três chás foi associada corretamente à presença de substâncias fenólicas, após a sequência didática, conforme 81,7% dos discentes (Quadro 2). Este resultado evidencia que a demonstração teórica

vinculada à experimentação pode auxiliar no aprendizado dos conceitos, visto que anteriormente somente a minoria dos alunos sabia sobre os antioxidantes presentes em vegetais do dia a dia, pois, em geral, estes discentes não tiveram aula ou atividade sobre a temática. Um dos estudantes, que não reconheceu a relação entre antioxidantes e as substâncias fenólicas, citou, após a sequência didática: “*Não sabíamos que as plantas tinham o fenol, através do experimento feito podemos entender a presença deles*” (Aluno A).

A realização de experimentos, em química, representa uma excelente ferramenta para que o aluno faça a experimentação do conteúdo e possa estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática (Reginaldo; Sheid; Güllich, 2012).

Ao indagar sobre a viabilidade do experimento para associar a mudança de coloração imediata dos chás ao conteúdo repassado na aula teórica, todos responderam positivamente a esta questão. Esta mudança na coloração ocorre perante o fato de os fenóis, que ao reagirem com FeCl_3 , formarem complexos coloridos, além de poderem variar do azul ao vermelho, dependendo do tipo de solvente, e tal reação pode ocorrer em água, metanol ou diclorometano (Pazinato *et al.*, 2012).

Ao comparar as estruturas das moléculas antioxidantes dos chás, 82,9% dos alunos visualizaram a semelhança entre essas, e a minoria (17,1%) não respondeu a este questionamento. De modo geral, muitos discentes conseguiram observar que estruturalmente os compostos fenólicos apresentam em comum pelo menos uma unidade de fenol (um grupo hidroxila ligado a um anel aromático, podendo haver mais de uma hidroxila por anel), demonstrando que a abordagem teórica foi significativa em relação às funções orgânicas, neste caso, para identificar o grupo dos compostos fenólicos.

A atividade teórico-prática foi concebida como um recurso interessante para o ensino de funções orgânicas por 90,2% dos alunos, ressaltando, por exemplo: “*achei interessante, pois não sabia dessa função presente nesses chás*” e “*gostei muito, pois é uma oportunidade de aprender coisas novas, e que até mesmo incentiva o consumo de frutas e verduras, já que são fontes de antioxidantes*” (Alunos B e C, respectivamente). Neste contexto, resultados semelhantes foram obtidos por Cândido Júnior *et al.* (2010), que, ao desenvolverem o teste de iodo/amido, observaram a eficiência da atividade na elucidação de atividade antioxidante, além de ser uma prática econômica e de fácil execução, que promoveu a argumentação de conceitos de oxirredução e funções orgânicas, relacionando-os com elementos do cotidiano dos alunos e ilustrando fenômenos químicos.

Quanto à avaliação da sequência didática, por conceitos, a maioria dos alunos (74,3%) atribuiu ‘excelente’, seguido de ‘bom’ por 25,7% dos participantes. De modo geral, percebe-se que a atividade teórico-prática foi importante para os discentes favorecendo o aprendizado sobre radicais livres e antioxidantes, associando-o às plantas medicinais que

comumente são utilizadas no ambiente familiar. Nesse sentido, infere-se que os experimentos realizados, em ambiente escolar, consistem em um recurso a mais, uma proposta que agregará aos alunos novos conhecimentos, de forma dinâmica e diferenciada (Souza, 2013).

Entretanto, torna-se importante destacar que o experimento didático deve ter a observação como um fio condutor na difícil tarefa de construção do conhecimento, em que tal observação dos fenômenos, juntamente com suas regularidades e limitações, deve ser vista como a primeira etapa do processo (e não a última, como geralmente acontece), permitindo entender e desenvolver algumas habilidades inerentes às atividades científicas (Pitanga; Cunha, 2019).

4 Conclusão

O conhecimento dos alunos, alvo desta pesquisa, ainda é bastante limitado e superficial em relação aos compostos fenólicos e suas propriedades antioxidantes e radicais livres, o que reforça a deficiência do ensino de Química, no Ensino Médio, causada, parcialmente, pela falta de contextualização e experimentação por parte dos professores. Apesar desse conhecimento, em geral, os alunos ainda não conseguem visualizar ou aplicar os conhecimentos assimilados em sala de aula em seu cotidiano, como os relacionados aos chás medicinais e seus benefícios antioxidantes.

Nesse sentido, a sequência didática abordada sobre a temática teve resultados satisfatórios, permitindo associar teoria e prática, sendo avaliada positivamente pelos alunos, pois facilitou o entendimento do processo químico que ocorreu entre os chás e FeCl_3 . A realização da atividade experimental, em sala de aula, culminou na motivação, curiosidade e participação dos alunos, corroborando a ideia de que a experimentação científica escolar é uma viável e potencial ferramenta didática, que pode contribuir para a assimilação e fixação dos conceitos, além de associar os conhecimentos químicos à realidade dos alunos.

Referências

- AUGUSTO, O. Radicais livres, bons, maus e naturais. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- BARBOSA, M.C.S. et. al. Avaliação da qualidade de folhas de boldo-do-chile (*Peumus boldus* Molina) comercializadas em Curitiba, PR. Rev. Bras. Farmacog., v.11, n.1, p.1-4, 2001.
- BARREIROS, A.L.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. Quím. Nova, v.29, p.113-123, 2006.
- BIANCHI, M.D.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. Rev Nutr., v.12, p.123-130, 1999. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-52731999000200001>
- BRAGA, J.C.B.; SILVA, L.R. Consumo de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil: perfil de consumidores e sua relação com a pandemia de COVID-19. Braz. J. Health Rev., v.4, n.1, p.3831-3839, 2021. doi: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n1-303>
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto - MEC. Parâmetros curriculares nacionais (PCN): Bases Legais.

- Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+): Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC, 2006.
- CÂNDIDO JÚNIOR., J.R. et al. Da cozinha para a sala de aula: atividade antioxidante de chás e temperos. 2010. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Águas de Lindóia, 2010.
- CARVALHO JÚNIOR, R.N. Obtenção de extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) por extração supercrítica: determinação do rendimento global, de parâmetros cinéticos e de equilíbrio e outras variáveis do processo. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- COSTA, F.H.M. Caracterização da composição química de extratos de boldos in natura e produtos comerciais derivados do boldo. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2017.
- FIGARO, A.K. O ensino de química e seminário integrado: valorizando a pesquisa do estudante a respeito dos saberes populares das plantas medicinais. Porto Alegre: Universidade Federal do Pampa, 2015.
- FINGER, I.; BEDIN, E. A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. Rev. Bras. Ens. Ciênc. Matem., v.2, n.1, p.8-24, 2019. doi: <https://doi.org/10.5335/rbecm.v2i1.9732>
- GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.
- HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. Bioquímica ilustrada. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- MARMITT, D.J. et al. Oficinas de Biotecnologia para o Ensino Médio: Antioxidantes, a Fonte da juventude? Rev. Ens. Bioq., v.14, n.3, p.46-56. 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.16923/rev.v14i3.648>
- MORAIS, V.C.D.S. Atividades experimentais: implicações no ensino de biologia. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.
- MOSCA, S.S.; SANCHES, R.A.; COMUNE, A.C. A Importância dos antioxidantes na neutralização dos radicais livres: uma revisão. Rev. Saúde Foco, v.9, p.63-74, 2017.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; RODWELL, V.W. Bioquímica ilustrada. Manual Moderno. 2007. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Bioqu%C3%ADmica+ilustrada&btnG=
- NERY, A.L.P.; LIEGEL, R.M.; FERNANDEZ, C. Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no ensino de química no ensino médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas. Rev. Electr. Ens. Cienc., v.6, n.3, p.587-600, 2007.
- NOVAES, G.M. et al. Compostos antioxidantes e sua importância nos organismos. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v.11, n.2, p.535-539. 2013.
- OLIVEIRA, A.P.C. Identificação de iniciativas e de dificuldades docentes para o atendimento aos interesses de estudantes da Educação Básica: estudo para a mobilização e o compartilhamento de estratégias didáticas para a aprendizagem das ciências. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2016.
- PAZINATO, M.S. et al. Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. Quím. Nova Esc., v.34, n.1, p.21-25. 2012.
- PELEGRINI, R.T. A mediação semiótica no desenvolvimento do conhecimento químico. Campinas: Unicamp, 1995.
- PITANGA, A.F.; OLIVEIRA, E.C. Radicais livres e antioxidantes: Atividade investigativa sobre reações de oxirredução em compostos orgânicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Fortaleza, 2009
- PITANGA, A.F. et al. Adaptação de Processos Oxidativos Avançados (POAs) na degradação de corantes para aulas experimentais de Ensino Médio. Quím. Nova Esc., v.39, n.4, p.373-377. 2017.
- PITANGA, A.F.; CUNHA, S. J. Experimentação no ensino de química: superando visões epistemológicas modernas e tendências atuais para construção de visões epistemológicas contemporâneas. In: PITANGA, A.F. et al. Pensar a experimentação no ensino de química [recurso eletrônico]: experimentos adaptados com materiais de fácil aquisição. Aracaju: IFS, 2019. p.12-35.
- REGINALDO, C.C.; SHEID, N.J.; GÜLLICH, R.I.C. O ensino de ciências e a experimentação. 2012. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL. CAXIAS DO SUL, Rio Grande do Sul. 2012.
- SANTOS, N.S.; COSTA, F.J.; CHAVES, A.C.L. Efeitos positivos da utilização de recursos multimídia no processo ensino-aprendizagem de radicais livres e antioxidantes no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. ÁGUAS DE LINDÓIA, São Paulo. 2013.
- SCHAFRANSKI, K. Extração e caracterização de compostos fenólicos de folhas de amoreira preta (*Morus nigra* L.) e encapsulamento em esferas de alginato. Ponta Grossa Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- SILVA, F.C.; RIBEIRO, R.C.; CHAVES, A.C.L. Radicais livres e antioxidantes: concepções e expectativas dos professores do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Florianópolis. 2009.
- SOUSA, A.D. Efeito do método de extração e da secagem sobre o conteúdo fenólico e a composição química de quebra-pedra (*Phyllanthus amarus* e *Phyllanthus niruri*). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017.
- SOUSA, R.S.; FREITAS, A.L.P. Integrando universidade e escola através do ensino de bioquímica. Rev. Encontros Univer. UFC, v.3, n.1, p.3220. 2018.
- SOUZA, A.C. A experimentação no ensino de ciências: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem. Medianeira: UTFPR, 2013.
- VEIGA JÚNIOR., V.F.; PINTO, A.C.; MACIEL, M.A.M. Plantas medicinais: cura segura? Quím. Nova, v.28, n.3, p.519-528, 2005.