

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FISIOLOGIA VEGETAL PARA O ENSINO MÉDIO E A LICENCIATURA EM BIOLOGIA

EXPERIMENTATION IN TEACHING PLANT PHYSIOLOGY FOR HIGH SCHOOL AND BACHELOR'S DEGREE IN BIOLOGY

Jennifer Lins da Silva¹

Alice Pita-Barbosa²

Valéria Pereira Soares³

Rogério dos Reis Mendonça⁴

Marina Neves Delgado⁵

RESUMO: Os processos de ensino e de aprendizagem de Fisiologia Vegetal apresentam diversos desafios. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo investigar a utilização da experimentação após aula expositiva dialogada como ferramenta pedagógica para a aprendizagem do transporte de água a longa distância em plantas. A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas com alunos do Ensino Médio Integrado em Agropecuária (EMI) e da Licenciatura em Biologia, Ensino Superior (ES), ambos do Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina. As etapas foram: (1) aula expositiva dialogada, (2) aplicação de questionário avaliativo 1, (3) realização de experimento com rosas brancas submetidas a diferentes condições ambientais e (4) aplicação do questionário avaliativo 2. A análise estatística dos questionários demonstrou incremento significativo na aprendizagem após a experimentação, especialmente em questões relacionadas à transpiração estomática, potencial hídrico e condução de seiva bruta. O somatório total de acertos nos questionários avaliativos 2 foi significativamente maior que a soma de acertos nos questionários 1, antes da aplicação da experimentação. Ademais, três questões em nove apresentaram acréscimo significativo após a experimentação no EMI enquanto duas questões em nove tiveram aumento significativo no ES. Os dados indicam que a experimentação, quando articulada com aula teórica, potencializa a aprendizagem, sendo uma estratégia promissora para o ensino de Ciências em diferentes níveis escolares e para a formação docente. Por isso, sugerimos o uso de tais atividades práticas, após aula teórica, em diferentes níveis escolares, principalmente no ensino médio e cursos de licenciatura em Biologia.

Palavras-chave: Educação Básica; Formação de professores; Metodologia ativa.

ABSTRACT: *The teaching and learning processes of Plant Physiology present several challenges. In this context, the present study aimed to investigate the use of experimentation, following an interactive lecture, as a pedagogical tool for learning about long-distance water transport in plants. The research was conducted in four stages with students from the Integrated High School Program in Agriculture (EMI) and the Biology Teaching Degree Program (ES), both at the Federal Institute of Brasília, Planaltina Campus. The stages were: (1) interactive lecture, (2) administration of Assessment Questionnaire 1, (3) execution of an experiment with white roses subjected to different environmental conditions, and (4) administration of Assessment Questionnaire 2. Statistical analysis of the questionnaires revealed a significant improvement in learning after the experimentation, especially on questions related to stomatal transpiration, water potential, and the conduction of xylem sap. The total sum of correct answers in Assessment Questionnaire 2 was significantly higher than in Questionnaire 1, prior to the experimentation. Moreover, three out of nine questions showed a significant increase in EMI, while two out of nine questions showed a significant increase in ES. The data indicate that experimentation, when integrated with theoretical lessons, enhances learning, representing a promising strategy for science education at different school levels and for teacher training. Therefore, we suggest the use of such practical activities, following theoretical classes, at various educational levels, particularly in high school and Biology teacher education programs.*

Keywords: Basic Education; Teacher training; Active methodology.

1. Licenciada em Biologia pelo Instituto Federal de Brasília - Campus Planaltina
Instituto Federal de Brasília - Campus Planaltina
E-mail: jenni.lins.silva@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7116773864161529>
ORCID: 0009-0004-7634-5299

2. Doutorado em Fisiologia Vegetal e Mestrado em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa
Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus Litoral Norte
E-mail: alice.pita@ufrgs.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3328314264518039>
ORCID: 0000-0003-0028-6398

3. Doutoranda em Educação em Ciências e Mestrado em Ensino de Ciências pela Universidade de Brasília
Professora da Secretaria de Educação do Distrito Federal
E-mail: soares-valeria@hotmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3855065913767757>
ORCID: 0000-0001-8781-483X

4. Licenciado em Biologia
Instituto Federal de Brasília - Campus Planaltina
E-mail: rogeriosdosreismendonca@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0059241046824465>
ORCID: 0009-0001-1872-9911

5. Doutorado em Ecologia pela Universidade de Brasília e Mestrado em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa
E-mail: marina.delgado@ifb.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7053082767955268>
ORCID: 0000-0003-0835-229X

INTRODUÇÃO

O ensino de Botânica enfrenta dificuldades na Educação Básica tanto na perspectiva do professor (Amadeu; Maciel, 2014) quanto na perspectiva do aluno (Berbel, 2011; Santos; Sodré Neto, 2016). De acordo com Amadeu e Maciel (2014), há diversos motivos que justificam as dificuldades no ensino desta disciplina, como a falta de material de apoio, ausência de laboratórios para atividades práticas e uma grande quantidade de termos difíceis a serem trabalhados; além disso, os estudantes consideram a disciplina pouco interessante (Berbel, 2011; Melo *et al.*, 2012). Conforme reforçam Santos e Sodré Neto (2016), a grande quantidade de conceitos complicados, aulas predominantemente teóricas, pouco contextualizadas com o cotidiano dos alunos e pouco inovadoras podem ser a causa do desinteresse.

A Fisiologia Vegetal, que compreende o estudo do funcionamento das plantas (Raven *et al.*, 2014; Salatino; Buckeridge, 2016), também é considerada complicada, enfadonha e desafiadora pelos alunos, pois abarca uma grande quantidade de processos fisiológicos e termos complexos (Gonçalves, 2021). A aprendizagem de Fisiologia Vegetal ainda pode ser dificultada pela sua interdisciplinaridade, incluindo conceitos e processos químicos, físicos, bioquímicos e biofísicos (Silva Júnior, 2021).

Transporte de água de longa distância na planta é um conteúdo abordado na disciplina e que envolve conhecimentos de Química, Física e Biologia. Ele é regido no sentido solo - planta - atmosfera devido ao déficit de pressão de vapor a qual a parte aérea da planta (folhas, por exemplo) estão expostas, isto é, as folhas perdem vapor de água para a atmosfera, o que promove uma força motriz que puxa a coluna de água, no sentido ascendente, ao longo do corpo do vegetal (Larcher, 2004). Essa perda de vapor de água pela parte aérea da planta é denominada transpiração, podendo ser cuticular (onde a perda de vapor de água ocorre em menor quantidade) e estomática (onde a perda de vapor de água ocorre em maior quantidade) (Raven *et al.*, 2014). O processo de transpiração estomática na maioria das plantas ocorre durante o dia, quando os estômatos estão abertos, a temperatura é mais elevada e há claridade. Nessas situações, o transporte de água de longa distância na planta é mais rápido e intenso (Taiz; Zeiger, 2006).

Por ser interdisciplinar (Silva Junior, 2021), o ensino de Fisiologia Vegetal precisa ser enriquecido com práticas pedagógicas alternativas que sejam complementares à aula expositiva dialogada a fim de se tentar mitigar as dificuldades de sua aprendizagem (Brandão *et al.*, 2021). Uma dessas práticas pode ser a experimentação, pois ela desperta significativo interesse nos alunos em diversos níveis de escolarização e aumenta o aprendizado (Giordan, 1999).

A experimentação é realizada por meio da observação de processos, elaboração de hipóteses e discussão de ideias. Para tanto, o recurso que visa instigar a discussão do problema

pode ser um texto, uma figura ou um aparato experimental que permita o teste de hipóteses, favorecendo a discussão sobre a questão proposta, a fim de estimular diferentes perspectivas sobre a questão-problema (Locatelli, 2021; Motokane, 2018). A experimentação pode estimular o diálogo entre teoria e prática (Delizoicov, 1991), a interdisciplinaridade (Luca *et al.*, 2018) e, dependente da abordagem do professor, ela pode também favorecer a participação ativa do aluno, permitindo que ele proponha as hipóteses da situação problema observada assim como explicações dos resultados obtidos (Brandão *et al.*, 2021).

De acordo com Santos e Menezes (2020), a experimentação pode ser: (1) experimentação demonstrativa e experimentação de verificação, e (2) experimentação por investigação. Na primeira modalidade, os alunos precisam seguir roteiro de aulas práticas ou fazem a simples observação dos fenômenos. Apesar de receber diversas críticas por parte dos pesquisadores em ensino, a experimentação demonstrativa pode motivar os estudantes, além de comprovar teorias estudadas (Stuart, 2008).

Penaforte e Santos (2014) afirmam que as Ciências Naturais, nas quais se incluem a Fisiologia Vegetal, demandam comprovação científica, seja experimental ou demonstrativa, tornando a aula motivadora e contribuindo na significação da teoria trabalhada em sala de aula. Na segunda modalidade, os conhecimentos prévios dos alunos são usados como pilares para a construção do novo conhecimento que é construído a partir da prática experimental. Na experimentação por investigação, o aluno é confrontado a refletir sobre uma situação problema contextualizada com seu dia a dia, devendo decidir a sequência das ações a fazer (Cachapuz *et al.*, 2005). Apesar de ser inovadora e considerada mais eficiente para o ensino e a aprendizagem, a experimentação por investigação geralmente demanda mais tempo para sua execução (Santos; Menezes, 2020), o que é um desafio no Ensino Médio, no qual a disciplina de Biologia tem amplo conteúdo programático a ser vencido, utilizando geralmente baixa carga horária.

Mesmo havendo diferentes modalidades de experimentação, algumas mais elogiadas e outras mais criticadas, a experimentação em si permite uma aproximação dos alunos com o saber científico, tendo como foco principal a aprendizagem, oportunizando ao aluno a familiarização com a cultura científica para que seja capaz de articular seu próprio conhecimento através das práticas investigativas, afinal, o discente capaz de construir afirmações e elaborar argumentos estabelecendo relações entre diferentes fenômenos da natureza está aprendendo Ciências (Trivelato; Tonidandel, 2015; Nunes, 2016). Ademais, a experimentação contribui categoricamente para os processos de ensino e de aprendizagem, pois ela apresenta “dimensões psicológica, sociológica e cognitiva” (Giordan, 1999, p. 46).

Oliveira (2010) elenca várias vantagens do uso da experimentação no ensino, como: motivar e despertar o interesse dos alunos;

aprimorar a habilidade de trabalhar em grupo; desenvolver a criatividade; incrementar a capacidade de observação e registro de informações; aprender a analisar dados e propor hipóteses; aprender conceitos científicos; entender o papel do cientista em uma investigação; dentre outras habilidades desenvolvidas.

Dado o exposto, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação de um experimento de Fisiologia Vegetal para abordar o transporte de água na planta de longa distância, visando minimizar as dificuldades de aprendizagem desse tema para discentes do Ensino Médio Integrado e licenciandos em Biologia. Portanto, o intuito do trabalho foi comparar os efeitos pedagógicos da aula expositiva dialogada isolada com os efeitos da sua combinação à prática experimental. Os objetivos específicos do trabalho foram: (1) Aplicar aula expositiva dialogada sobre transporte de água nas plantas; (2) Avaliar a aprendizagem após a aula, por meio de um questionário avaliativo 1; (3) Aplicar experimento com rosas brancas para ilustrar o conteúdo; (4) Avaliar a aprendizagem após a experimentação, com o questionário avaliativo 2; e (5) Analisar os dados obtidos com base em referenciais teóricos e estatísticos. Por fim, a hipótese de pesquisa testada foi: a experimentação posterior à aula expositiva dialogada favorece a aprendizagem no ensino de Fisiologia Vegetal, tanto para discentes do Ensino Médio Integrado quanto para licenciandos de Biologia.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do público-alvo e do experimento de transporte de água a longa distância

O público-alvo foi composto por duas turmas da segunda série do Ensino Médio Integrado em Agropecuária (EMI) do Instituto Federal de Brasília, no *Campus Planaltina* (IFB - CPLA), totalizando 31 alunos, e uma turma da disciplina de Fisiologia Vegetal do sexto período do curso de Licenciatura em Biologia, do IFB - CPLA, com 19 alunos. As turmas foram escolhidas por estarem estudando conteúdo de Fisiologia Vegetal, em agosto de 2022.

Os experimentos foram preparados com antecedência de dois dias para que, durante a observação na sala de aula, os alunos pudessem explanar sobre o processo de transporte de água a longa distância em plantas, levantando hipóteses e explicações sobre os fenômenos observados. Nos experimentos foram utilizadas estacas de rosas brancas cujos caules foram imersos em solução contendo corante alimentício da marca Fab! ou somente água (controle), para visualização do transporte através do xilema até as pétalas. Cabe ressaltar que todas as estacas de rosas estavam expostas à luminosidade antes da montagem dos experimentos. A exposição aos diferentes tratamentos durou 12 horas e tiveram como finalidade ilustrar aos alunos como diferentes condições ambientais podem influenciar o transporte de água de longa distância. Abaixo está apresentado um maior detalhamento das condições ambientais que compuseram os tratamentos.

INFLUÊNCIA DA LUMINOSIDADE E DO ESCURO NO TRANSPORTE DE ÁGUA DE LONGA DISTÂNCIA

Para testar o efeito da luminosidade no transporte de água de longa distância, houve a montagem dos experimentos na bancada do laboratório (condição com incidência de luz solar pela janela) e dentro do armário (condição escuro). Os controles foram ramos de rosas brancas em recipientes contendo 130 ml de água, tanto na bancada, como dentro do armário. O tratamento seguiu as mesmas condições do controle, mas com acréscimo de 3 ml de corante alimentício na água. Cabe ressaltar que as rosas colocadas no armário foram manipuladas somente no escuro.

INFLUÊNCIA DA BAIXA TEMPERATURA NO TRANSPORTE DE ÁGUA A LONGA DISTÂNCIA

Para testar o efeito do frio no transporte de água a longa distância, houve a montagem do experimento na bancada do laboratório em temperatura ambiente, em torno de 26 °C, o qual foi imediatamente transferido para uma câmara fria a 10 °C, na presença de luz. Os controles foram ramos de rosas brancas em recipientes apenas com 130 ml de água, tanto na câmara fria quanto na bancada do laboratório, e ramo de rosa branca com corante na bancada do laboratório. O tratamento seguiu as mesmas condições dos controles, mas com acréscimo de 3 ml de corante alimentício na água.

INFLUÊNCIA DA ALTA CONCENTRAÇÃO DE SOLUTOS NO TRANSPORTE DE ÁGUA A LONGA DISTÂNCIA

Para testar o efeito da alta concentração de solutos no transporte a longa distância, houve a montagem do experimento com a adição de sal de cozinha (NaCl – cloreto de sódio). O controle foi o ramo de rosa branca em recipiente com 130 mL de água e 20 g de NaCl (quatro colheres rasas de NaCl) na bancada do laboratório. O tratamento seguiu as mesmas condições do controle, mas com acréscimo de 3 ml de corante alimentício na água, na bancada do laboratório.

Desenho amostral das metodologias propostas

O presente trabalho foi aplicado em quatro etapas sequenciais, sendo a mesma estrutura de aula no EMI e no ES: (1) aula expositiva dialogada sobre transporte de água a longa distância na planta; (2) aplicação do questionário avaliativo 1; (3) aplicação da experimentação, usando o experimento do transporte de água em rosas brancas submetidas a diferentes tratamentos e (4) aplicação do questionário avaliativo 2.

ETAPA 1: AULA EXPOSITIVA DIALOGADA SOBRE TRANSPORTE DE ÁGUA A LONGA DISTÂNCIA NA PLANTA

Na primeira etapa foram abordados os principais processos e conceitos relacionados ao transporte de água na planta, onde e como ele ocorre nos vegetais e quais são os fatores necessários, potencializadores e limitantes do processo.

A Hipótese da Tensão, Coesão e Adesão, que explica o transporte de água de longa distância na planta, assim como as propriedades físico-químicas da água (polaridade, capilaridade, adesão, coesão e tensão) e os fenômenos da transpiração e da gutação foram abordados na aula expositiva dialogada de 50 minutos, realizada pela professora regente, utilizando-se o quadro branco e pinçais coloridos como ferramentas didáticas.

ETAPA 2: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO AVALIATIVO 1

O questionário avaliativo 1 foi aplicado logo após a etapa 1. Ele tinha sete questões objetivas de múltipla escolha, com cinco alternativas cada, tanto para o EMI (Tabela 1) quanto para a ES (Tabela 2). As questões do EMI foram diferentes das questões do ES, já que são níveis de ensino com aprofundamentos distintos dos conteúdos. A aplicação do questionário 1 antes da experimentação teve como intuito verificar o conhecimento e as dificuldades dos alunos nos processos de ensino e aprendizagem baseados somente em uma aula expositiva dialogada.

Tabela 1 - Questionários avaliativos 1 e 2 aplicados no EMI
As respostas corretas estão seguidas por asterisco

1) O tecido condutor xilema tem como principal função:

- a) Resistência mecânica.
 - b) Transporte de água e sais minerais. *
 - c) Transporte de seiva elaborada.
 - d) Crescimento vegetal.
 - e) Armazenamento de substâncias.
-

2) Assinale o evento responsável pela força de sucção que causa o transporte de água a longa distância na planta:

- a) Fotossíntese.
 - b) Respiração.
 - c) Gutação.
 - d) Transpiração. *
 - e) Reprodução.
-

3) O transporte de água das raízes até o topo da planta é explicado pela Hipótese:

- a) Tensão superficial.
 - b) Tensão, Coesão e Adesão. *
 - c) Polaridade molecular.
 - d) Adesão.
 - e) Pontes de hidrogênio.
-

4) Alguns fatores externos influenciam na taxa de transpiração das plantas e, consequentemente, no transporte de água. Dos fatores elencados abaixo, qual mais afeta a transpiração?

- a) Pressão atmosférica.
 - b) Temperatura. *
 - c) Relevo.
 - d) Fertilidade do solo.
 - e) Toxicidade.
-

5) Marta realizou um experimento que consistia em colocar rosas em copo com água contendo corante. Após alguns dias, Marta percebeu que as rosas mudaram de cor, ficando da cor do corante. Como foi possível que o corante chegasse nas pétalas das rosas?

- a) Através da condução de seiva bruta, ou seja, água com corante pelo floema.
 - b) Através da condução de seiva bruta, ou seja, da água por osmose nas células do caule até as pétalas.
 - c) Através da condução de seiva elaborada, ou seja, água com corante pelo floema.
 - d) Através da condução de seiva bruta, ou seja, água com corante pelo xilema. *
 - e) Através da condução de seiva elaborada, ou seja, água com corante pelo xilema.
-

6) Alguns fatores ambientais afetam a abertura e o fechamento dos estômatos e, consequentemente, influenciam na taxa de transpiração. É correto afirmar que o efeito da luz na planta:

- a) Promove o fechamento dos estômatos e o aumento da taxa de transpiração.
 - b) Promove a abertura dos estômatos e a diminuição da taxa de transpiração.
 - c) Promove o fechamento dos estômatos e o aumento da fotossíntese.
 - d) Promove a abertura dos estômatos e o aumento da taxa de transpiração. *
 - e) Promove a abertura dos estômatos e a diminuição da fotossíntese.
-

7) Cláudia, ao visitar o jardim de sua avó no final da noite, notou pequenas gotículas de água nas bordas da folha de uma pequena planta. Qual o nome do processo observado por Cláudia e a estrutura envolvida?

- a) Gutação – estômatos.
 - b) Gutação – hidatódios. *
 - c) Transpiração – estômatos.
 - d) Transpiração – hidatódios.
 - e) Condensação – hidatódios.
-

Fonte: autores.

Tabela 2 - Questionários avaliativos 1 e 2 aplicados no ES
As respostas corretas são seguidas por asterisco

1) O transporte de água das raízes até o topo da planta é explicado pela Hipótese:

- a) Tensão superficial.
 - b) Tensão, Coesão e Adesão. *
 - c) Polaridade molecular.
 - d) Adesão.
 - e) Capilaridade.
-

2) O movimento da água pelo corpo dos vegetais ocorre devido à diferença de potencial hídrico entre o solo, a planta e a atmosfera. Assinale o nome do evento que é fundamental para que ocorra o transporte de água em vegetais de grande porte.

- a) Fotossíntese.
- b) Respiração.
- c) Gutação.
- d) Transpiração.*
- e) Quimiossíntese.

3) Alguns fatores externos influenciam na taxa de transpiração das plantas e, consequentemente, no transporte de água. Dos fatores elencados abaixo, qual mais afeta a transpiração?

- a) Pressão atmosférica.
- b) Temperatura.*
- c) Relevo.
- d) Fertilidade do solo.
- e) Acidez do solo.

4) O tecido condutor xilema tem como principal função:

- a) Resistência mecânica.
- b) Transporte de água e sais minerais.*
- c) Transporte de seiva elaborada.
- d) Armazenamento de substâncias.
- e) Transporte de secreções.

5) Alguns fatores ambientais afetam o movimento estomático e influenciam na taxa de transpiração. É correto afirmar que o efeito da luz na planta:

- a) Promove o fechamento dos estômatos e o aumento da taxa de transpiração.
- b) Promove a abertura dos estômatos e a diminuição da taxa de transpiração.
- c) Promove o fechamento dos estômatos e a diminuição da taxa de transpiração.
- d) Promove a abertura dos estômatos e o aumento da taxa de transpiração.*
- e) Promove abertura dos hidatódios e fechamento dos estômatos.

6) Marta realizou um experimento que consistia em colocar rosas em copo com água contendo corante, após alguns dias Marta percebeu que as rosas mudaram de cor, ficando da cor do corante. Como foi possível que o corante chegassem nas pétalas das rosas?

- a) Através da condução de seiva bruta, ou seja, água e o corante pelo floema.
- b) Através da condução de seiva elaborada, ou seja, água e o corante pelo floema.
- c) Através da condução de seiva bruta, ou seja, água e o corante pelo xilema.*
- d) Através da condução de seiva elaborada, ou seja, água e corante o pelo xilema.
- e) Nenhuma das alternativas.

7) As plantas eliminam água em estado de vapor através do processo denominado _____, ocorre da abertura de estruturas chamadas _____, como também perdem água no estado líquido, esse processo é denominado _____, sendo a água eliminada através de estruturas chamadas _____.

- a) Gutação – estômatos – transpiração – hidatódios.
- b) Transpiração – hidatódios – gutação – estômatos.
- c) Gutação – hidatódios – transpiração – estômatos.
- d) Transpiração – estômatos – gutação – hidatódios.*
- e) Gutação – estômatos – respiração – hidatódios.

ETAPA 3: EXPERIMENTAÇÃO

Essa etapa foi realizada uma semana após as etapas anteriores, tendo duração de 50 minutos, primeiramente foi perguntado aos alunos como a água conseguiria chegar até a caixa d'água do prédio onde eles estudavam.

Após algumas respostas, foi questionado como a água conseguia chegar até as folhas de uma árvore. Depois de escutarem algumas respostas, foi descrito o experimento sobre o transporte de água em rosas brancas sob diferentes tratamentos. Após detalharem os tratamentos, os pesquisadores pediram para os alunos sugerirem o que poderia ter ocorrido com as rosas brancas de cada tratamento. Essa foi a etapa do levantamento de hipóteses pelos alunos.

Em seguida, os alunos visualizaram os resultados oriundos do experimento de transporte de água de longa distância (Figura 1) e foram instigados a (1) socializarem explicações construídas acerca dos resultados observados, por meio de questões norteadoras; (2) informar se refutaram ou corroboraram as hipóteses levantadas por eles; (3) relacionar o conhecimento oriundo da aula expositiva dialogada com as observações feitas em relação aos resultados do experimento.

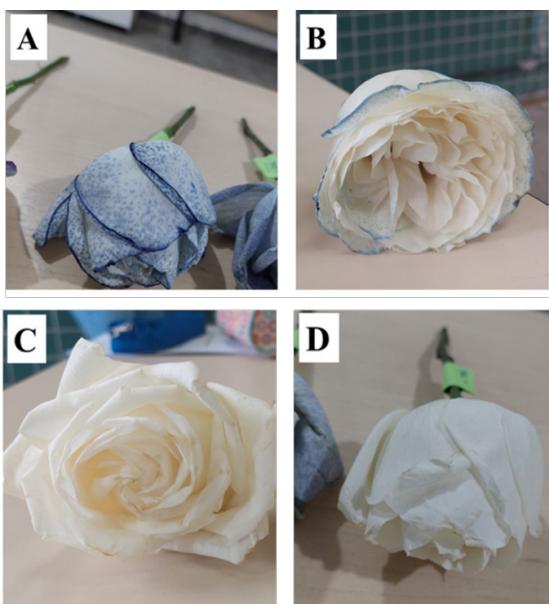
As seguintes questões norteadoras foram abordadas:

- 1) O que foi possível observar nas rosas brancas com corante, submetidas à luz solar oriunda da janela (rosas da bancada)?
- 2) O que foi possível observar nas rosas brancas com corante, submetidas ao escuro (rosas do armário)?
- 3) O que foi possível observar nas rosas brancas com corante, submetidas à baixa temperatura (câmara fria) e luz solar?
- 4) O que foi possível observar nas rosas brancas com corante e sal de cozinha que estavam na bancada?
- 5) Por que a água conseguiu subir do caule até as pétalas das rosas?
- 6) De que forma a presença de luz influenciou no transporte de água nas rosas?
- 7) De que forma a ausência de luz influenciou no transporte de água nas rosas?
- 8) De que forma a baixa temperatura influenciou no transporte de água nas rosas?
- 9) Por que a rosa cujo ramo foi imerso em sal de cozinha (NaCl – cloreto de sódio) não ficou corada? Explique porque isso ocorreu.

Figura 1 - Experimentos realizados com as turmas do

EMI em Agropecuária e nas turmas do ES

Rosas com corante submetidas às seguintes condições:
(A) Luminosidade; (B) Ausência de luminosidade; (C) Baixa temperatura; (D) Alta concentração de solutos. A, B, C, D



Fonte: autores.

ETAPA 4: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO AVALIATIVO 2

Por fim, para alcançar o terceiro objetivo específico, foi aplicado o questionário depois da experimentação. Cabe ressaltar que as questões do questionário pré e pós-experimentação foram as mesmas. Entretanto os questionários aplicados no EMI (Quadro 1) e no ES (Quadro 2) foram diferentes. Todos os questionários foram respondidos de forma individual e sem consulta.

Análise estatística

Foram realizadas as análises estatísticas dos questionários pré e pós-experimentação do EMI e do ES, separadamente. Para tanto, foi realizada a correção dos questionários diagnósticos e, posteriormente, os dados foram dispostos em tabelas 2 x 2. A normalidade dos dados foi testada através do teste Shapiro-Wilk. Para dados com distribuição normal, a análise quantitativa dos resultados foi feita por meio do teste T com amostras dependentes. Dados que não apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise quantitativa por meio do teste de Wilcoxon de dados pareados. Todas as análises foram realizadas no programa Past 2.16 (Hammer *et al.*, 2001), considerando-se o nível de 5% de significância e seguiram as mesmas orientações de trabalhos já publicados na área de ensino de Ciências (Brandão *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022; Amado *et al.*, 2023; Ferreira; Delgado, 2024; Silva; Delgado, 2024;).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados, a partir do desenho experimental proposto, indicaram aumento no número de acertos após a realização do experimento (Tabelas 3 e 4), demonstrando a importância de se utilizar diferentes estratégias didáticas no processo de ensino e de aprendizagem (Ferreira; Delgado, 2024). Primeiramente, quando os alunos foram questionados como a água conseguia chegar até a caixa d'água do prédio onde eles estudavam, os discentes do EMI e ES falaram da necessidade de se usar uma bomba. Depois, quando os alunos foram questionados como a água consegue chegar até as folhas de uma árvore, analogamente, eles citaram o uso da bomba. Alguns licenciandos disseram que a transpiração estomática das folhas funcionava como uma bomba na planta enquanto outros licenciandos e alguns discentes do EMI supuseram existir uma “espécie” de bomba na raiz. A suposição de que a transpiração estomática poderia ser a força motriz para a condução da água até as folhas provavelmente demonstra a contribuição da aula expositiva dialogada para o processo da aprendizagem, reforçando a importância desta prática pedagógica ser anterior à experimentação, pois uma complementa a outra. Contudo, após a descrição do experimento, os alunos, que indicaram haver uma bomba na raiz, reposicionaram-se e apoiaram a sugestão da transpiração estomática, já que no experimento não havia raízes. Nesse sentido, Oliveira *et al.* (2021) explicita que as atividades investigativas instigam os educandos a solucionar problemas existentes, tornando o aprendizado mais expressivo. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) defende que exercitar a curiosidade intelectual, a investigação e a reflexão são algumas competências básicas a serem adquiridas no processo de educação (Brasil, 2017). Ela também enfatiza a importância de estimular os processos e práticas de investigação, sendo que “a abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos alunos na aprendizagem e na aplicação de processos” (Brasil, 2017, p. 553).

Tabela 4 - Análise de acertos nas questões dos questionários avaliativos 1 e 2 na Licenciatura em Biologia
Resultados em negrito, na cor vermelha e com quantidades diferentes de asteriscos tiveram relevância estatística

Questão	Respostas certas no questionário avaliativo 1	Respostas certas no questionário avaliativo 2	Z	T	P
1	11*	18**	2,823		< 0,01
2	14	16	0,8165		> 0,05
3	16	19	1,732		> 0,05
5	14*	18**	2		< 0,05
6	10	12	0,8165		> 0,05
7	11	14	1,342		> 0,05
8	17	18	1		> 0,05
Total de acertos	93*	115**	2,692	-4,26	< 0,01

Fonte: autores.

Durante a experimentação proposta, os discentes também participaram ativamente e elaboraram outras hipóteses no que tange aos tratamentos elencados no experimento (Tabela 5). Por isso, foi proporcionada oportunidade aos alunos de aprimorarem o aprendizado, unindo os conhecimentos oriundos da aula expositiva dialogada aos novos conhecimentos adquiridos pós experimentação, pis uma vez que se constroem hipóteses, respondem questões norteadoras, analisam os resultados de experimentos controlados e propõem explicações para os fenômenos observados por meio da interação entre teoria e prática, são gerados movimentos relevantes de protagonismo em sala de aula (Carvalho, 2018; Carvalho *et al.*, 2013).

Tabela 5 - Hipóteses sugeridas pelos alunos do EMI e do ES e os resultados observados no experimento com rosas brancas

Tratamentos	Hipóteses elencadas pelos alunos do EMI	Hipóteses elencadas pelos alunos do ES	Resultados observados
Rosa branca com corante na luz	As rosas ficam azuis	As rosas ficam azuis	As rosas ficam azuis
Rosa branca com corante no escuro	As rosas continuam brancas	As rosas continuam brancas	As rosas continuam brancas, mas com bordas azuis
Rosa branca com corante, na luz e em baixa temperatura	As rosas ficam azuis	As rosas continuam brancas	As rosas continuam brancas
Rosa branca com corante, na luz e com sal de cozinha	As rosas ficam azuis	As rosas continuam brancas	As rosas continuam brancas

Fonte: autores.

Nessa perspectiva, durante a realização da experimentação, os alunos puderam observar os efeitos de diferentes condições ambientais sobre o transporte de água a longa distância em roseiras: ausência ou presença de luz; alta concentração de solutos e baixa temperatura. Tais condições resultaram em diferentes padrões de coloração nas pétalas das rosas, associados aos efeitos sobre o transporte de água a longa distância, e que estão detalhados a seguir.

Na presença de luz, as pétalas ficaram coradas de azul ao longo de quase toda sua superfície, principalmente nas bordas (Figura 1A), uma vez que houve transporte de água até as pétalas devido perda de vapor de água por transpiração estomática, o que intensifica a movimentação da água até as terminações do xilema, convergindo para a Hipótese da Tensão, Coesão e Adesão (Taiz; Zeiger, 2006). Para esse tratamento, os alunos do EMI e do ES previram esse resultado (Figura 1A), propondo e explicando corretamente essa hipótese. Dessa forma, dando indícios de conhecimentos construídos na aula expositiva dialogada acerca da abertura dos estômatos na presença de luz.

Para o tratamento na ausência de luz, por outro lado, as pétalas permaneceram brancas com bordas levemente coradas,

porque os estômatos permaneceram fechados, não ocorrendo perda de água por transpiração estomática (Figura 1B). Entretanto, deve ter corrido transpiração cuticular. Dessa forma, devido à transpiração cuticular, é possível que tenha ocorrido lento transporte de água no xilema, o que explica as bordas com poucas nuances azuis. Nesse caso, os alunos do EMI e do ES anteviram parcialmente esse resultado (Figura 1B), propondo e explicando essa hipótese de forma parcialmente correta (Tabela 5). Possivelmente, também acionaram conhecimentos, que foram construídos durante a aula expositiva dialogada, sobre o fechamento estomático na ausência de luz, o que evitaria a transpiração estomática e impediria a ascensão da coluna d'água com o corante via xilema. Entretanto, não previram a presença das bordas azuis, pois tanto os alunos do EMI quanto os do ES, aparentemente, não mobilizaram conhecimentos sobre a transpiração cuticular que acontece mesmo na ausência de luz.

Para o tratamento em baixa temperatura, as rosas permaneceram brancas (Figura 1C), não ocorrendo o transporte de água até suas pétalas, pois as transpirações estomática e cuticular diminuem em baixas temperaturas mesmo na presença de luz (Machado *et al.*, 2002).

Os alunos do EMI não previram esse resultado (Tabela 5), possivelmente, porque supuseram haver transpiração estomática na presença de luz. Intuímos que não houve associações com a discussão feita durante a aula expositiva dialogada sobre os fatores ambientais que influenciavam na transpiração. Já os alunos do ES anteciparam esse resultado (Figura 1C), propuseram a hipótese e a explicaram corretamente (Tabela 5), dando indícios de relações entre esses resultados observados e as discussões teóricas sobre a redução das transpirações estomática e cuticular em baixas temperaturas na presença de luz.

A exposição das estacas de rosa em solução contendo alta concentração de NaCl fez com que as pétalas brancas da rosa permanecessem brancas, sem vestígios do corante. Além disso, as pétalas ficaram murchas (Figura 1D). A presença desses solutos possivelmente tornou o potencial hídrico da solução mais baixo que o potencial hídrico dos tecidos da rosa. Para que houvesse absorção de água por tecidos vegetais, seria necessário que o potencial hídrico do solo ou da solução, onde a planta se encontra, estivesse mais alto que o potencial dos tecidos, uma vez que o movimento de água sempre ocorre no sentido do maior para o menor potencial hídrico (Raven *et al.*, 2014). Assim, nossa solução hipertônica não só impediou a absorção de água pelas estacas, como, possivelmente, promoveu a perda de água do xilema para a solução, resultando em pétalas murchas. Para esse último tratamento, os alunos do EMI também não anteciparam o resultado (Tabela 5), supostamente, relacionando a realização da transpiração estomática na presença de luz pelo vegetal. Os alunos do ES anteciparam o resultado (Fig. 1D), indicando a hipótese e a explicando de modo correto.

Considerando o contexto escolar em que foi realizado o presente estudo, vale destacar que a aula expositiva dialogada lecionada no EMI foi mais desafiadora para a professora regente do que a do ES, o que pode ter influenciado na dinâmica de realização de todo o conjunto de atividades proposto, mas, principalmente, nos resultados após a experimentação. De modo geral, observamos que havia para as turmas do EMI: I. maior quantidade de alunos dispersos, agitados e desinteressados; II. problemas agudos de indisciplina; III. maior número de alunos por turma; IV. conteúdo programático mais extenso e carga horária mais curta. Contextos escolares semelhantes já foram elencados em trabalhos acerca da prática docente no Ensino Médio. Recorrentemente, “Temas como crise de autoridade, respeito, estresse e indisciplina marcam o discurso dos professores em relação aos alunos do ensino médio e às dificuldades de gestão de classe.” (Mesquita, 2018, p. 191).

Contudo, o uso da experimentação em uma sala de aula de Ciências pode ser uma proposta de prática pedagógica interessante para se superar tais limitações, pois nossos resultados indicaram uma tendência a maiores motivação e participação daqueles alunos que, inicialmente, demonstravam-se desinteressados e/ou agitados, auxiliando a fomentar discussões sobre o conteúdo que estava sendo trabalhado de modo ativo e criativo.

A vista disso, para as turmas EMI, registramos aumento de acertos no questionário avaliativo 2 para todas as questões, sendo estaticamente significativas as questões 1 e 2 (Tabela 3); isto é: houve maior percepção dos processos estudados, reforçando a importância de utilizar a experimentação no ensino de Biologia após a aula expositiva. Conforme Scarpa e Campos (2018) argumentam, as atividades investigativas tornam o ensino de Biologia mais significativo para os alunos, pois o uso de atividades práticas e experimentais fortalecem o aprendizado das aulas teóricas. Conforme Lima (2019), durante as atividades investigativas, os alunos são os sujeitos no alcance do conhecimento, atuando de forma crítica e reflexiva, ou seja, permitindo maior participação, interação e motivação. Assim, através dessa dinamicidade é oportunizado a atribuição de significado ao conteúdo trabalhado. Nesse sentido, outros autores sugerem o acionamento de diferentes ferramentas didáticas em uma sala de aula como forma de estímulo e aumento da curiosidade e do interesse ao processo de aprendizagem (Rodrigues *et al.*, 2020; Brandão *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2022., Silva *et al.*, 2022; Amado *et al.*, 2023; Silva; Delgado, 2024; Ferreira; Delgado, 2024), uma vez que a botânica abrange uma grande diversidade de conceitos, o que pode dificultar o entendimento dos alunos (Santos; Sodré Neto, 2016).

Para o ES, também registramos aumento no número de acertos no questionário avaliativo 2, sendo as questões 1 e 5 estaticamente significativas (Tabela 4). Para esse nível de ensino, ainda que tenhamos trabalhado com um número amostral

menor (16 licenciandos), aparentemente, atividades práticas de experimentação também são relevantes, contribuindo para um melhor desempenho dos estudantes de graduação.

[...] promover a compreensão dos conceitos científicos e facilitar aos alunos a confrontação de suas concepções atuais com novas informações vindas da experimentação: desenvolver habilidades de organização e de raciocínio; familiarizar o aluno com o material tecnológico; oportunizar crescimento intelectual individual e coletivo (BARATIERI *et al.*, 2008, p. 22).

Considerando que a turma ES se refere a licenciandos em Biologia, reiteramos a relevância, para os futuros professores e professoras de Ciências e Biologia, do conhecimento e do domínio de conceitos e terminologias como a Hipótese da Tensão, Coesão e Adesão para a Fisiologia Vegetal aqui tratada. Dessa forma, atividades práticas investigativas problematizadas durante a formação acadêmica de licenciandos, oportunizam a construção do conhecimento através da vivência das relações entre os conteúdos conceituais e experimentais, a contextualização com a realidade e a busca por soluções de problemas cotidianos por exemplo (Zômpero; Laburú, 2011; Andrade; Massabni, 2011). Dado o exposto, de acordo com Santos *et al.* (2023), a inclusão de práticas experimentais aliadas ao ensino teórico pode contribuir para o enriquecimento do aprendizado dos estudantes, estimulando a curiosidade e a investigação autônoma dos educandos e, consequentemente, tornar os conteúdos de Botânica mais próximos da realidade dos discentes.

Assim sendo, acreditamos que o uso da experimentação, como uma atividade prática investigativa, para a aprendizagem de Fisiologia Vegetal é uma ferramenta relevante para

[...] unir a teoria e a prática de modo que ambas dialoguem; pensar a importância do planejamento dessas aulas, bem como a contextualização do tema; primar por questionamentos durante o experimento que propiciem interações verbais entre os sujeitos de modo a ser produzido um diálogo formativo e conceitual; destinar um tempo posterior à atividade para a discussão com os alunos [...] (Wyzykowski *et al.*, 2013 p. 99).

Ao promover um espaço dialógico entre teoria e prática, entre os discentes e entre discentes e docentes, é possível estabelecer na sala de aula um processo de ensino-aprendizagem que supera o ensino meramente memorístico, que se debruça em situar a aprendizagem como processo de construção de conhecimentos botânicos e biológicos. Da mesma forma, se preocupa com a formação acadêmica, científica, crítica, reflexiva e cidadã tanto de nossos estudantes secundaristas como de nossos futuros professores e professoras de Ciências e Biologia.

CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a experimentação, quando articulada à aula expositiva dialogada, promoveu uma aprendizagem mais contextualizada, contribuindo para a formação de alunos protagonistas no processo de construção do conhecimento. A análise estatística demonstrou ganho de desempenho após a experimentação em ambos os níveis de ensino, reforçando a importância da prática investigativa no ensino de Fisiologia Vegetal. Ressalta-se que o sucesso da metodologia decorreu da sinergia entre teoria e prática, o que favoreceu o envolvimento, a curiosidade e o raciocínio científico dos estudantes.

Além disso, destaca-se a relevância de aplicar essa abordagem na formação de professores, ampliando sua compreensão sobre o papel da experimentação na mediação da aprendizagem. A experimentação deve ser compreendida não como um procedimento mecânico, mas como um processo investigativo que valoriza a elaboração de hipóteses, a análise crítica dos resultados e a construção colaborativa do saber.

É fundamental ressaltar a importância de não se abordar o experimento como uma simples “receita de bolo”, mas como um processo que valoriza a iniciativa e a participação ativa dos alunos em todas as etapas. Essa abordagem permite que eles desenvolvam hipóteses, observem os resultados e discutam os fenômenos científicos observados. Ao incentivar o envolvimento dos estudantes, promovemos a curiosidade e, por consequência, o pensamento crítico e reflexivo para o estabelecimento da aprendizagem como processo de construção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de PIBIC do terceiro autor e ao IFB pelo financiamento do projeto de pesquisa. Agradecemos às sugestões dos revisores anônimos e dos professores Mayara Lustosa, Marcelo Salviano e Silvia Fernandes que aprimoraram o nosso trabalho e ao IFB que proporcionou horas de pesquisa para a autora-coordenadora do projeto (professora Marina Neves Delgado).

REFERÊNCIAS

AMADEU, S. O.; MACIEL, M. D. A dificuldade dos professores de educação básica em implantar o ensino prático de Botânica. *Revista de produção discente em educação matemática*, v. 3, n. 2, p. 225-235, 2014.

AMADO, G. F.; SILVA, E. A.; DELGADO, M. N. Ensino de botânica usando jogo eletrônico. *Revista Eixo*, v. 12, p. 96-107, 2023.

ANDRADE, M. L. F. de; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento

de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, v. 17, p. 835-854, 2011.

BARATIERI, S. M.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R.; ROCHA FILHO, J.B. Opinião dos estudantes sobre a Experimentação em Química no Ensino Médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 3, n. 3, p. 19-31, 2008.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de alunos. *Semina: Ciências sociais e humanas*, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

BRANDÃO, A. C. L.; FERNANDES, S. D. C.; DELGADO, M. N. Uso do método de ensino investigativo na abordagem da fotosíntese no Ensino Médio. *Revista Eixo*, v. 10, n. 2, p. 37-47, 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC_C_20dez_site.pdf. Acesso em: 25 mai. 2022.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. OLIVEIRA, C. M. A.; SCARPA, D. L.; SASSERON, L.; SEDANO, L.; SILVA, M. B.; CAPECHI, M. C. V. M.; ABIB, M. L. V. S.; BRICIA, V. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage learning, v. 164, p. 1-20, 2013.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. 219 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

FERREIRA, L. J.; DELGADO, M. N. Jogo de cartas para aprimorar o ensino e a aprendizagem sobre hormônios e movimentos dos vegetais. *Revista Prática Docente*, v. 9, p. e02436, 2024.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n.10, p.43-49, 1999.

GONÇALVES, T. M. A proposta de uma aula experimental em Biologia (Fisiologia Vegetal): vivenciando o estresse abiótico em plantas de Milho (*Zea mays* L.). *Research, Society and Development*, v. 10, n. 6, p. 1-11, 2021.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontology Electronica*, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004.

LIMA, M. M. **Atividades práticas de Biologia: o uso de uma sequência de ensino investigativa sobre o ciclo celular**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia). Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2019.

LOCATELLI, S. W. Using alternative strategy for implementing simple investigative activities to learn chemistry in the classroom. *Gamtamokslinis ugdymas*, n. 2, p. 87-92, 2021.

LUCA, A. G. DE; SANTOS, S. A.; PINO, J. C. D.; PIZZATO, M. Experimentação contextualizada e interdisciplinar: uma proposta para o ensino de ciências. *Revista Insignare Scientia*, v. 1, n. 2, 2018.

MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. M. A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira ‘Valênci’. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 1, p.53-58, 2002.

MELO, E. A.; ABREU, F. F.; ANDRADE, A. B. A aprendizagem de Botânica no ensino fundamental: Dificuldades e desafios. *Scientia Plena*, v. 8, n. 10, p. 1-8, 2012.

MESQUITA, S. S. A. Ser professor de ensino médio: desafios e dilemas enfrentados. In. **Professor, ensino médio e juventude: entre a didática relacional e a construção de sentidos**. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio e Numa Editora, 2018.

MOTOKANE, M. T. **Fisiologia Vegetal - Aula 08 - O ritmo das Plantas**, 2018. 1 vídeo (18 min 15 s). Publicado pelo canal UNIVESP. Disponível em: <https://youtu.be/5Oo1nn1yoI0>. Acesso em: 25 jul. 2022.

NUNES, T. S. **Características das hipóteses em sequências didáticas investigativas**. 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

OLIVEIRA, V. B.; FERREIRA, M. C. S. D.; COSTA, I. A. S.,

SOUZA, G. P. V. A. Ensino Investigativo como aliado no estudo da Botânica: um relato de experiência. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 2, p. 630-640, 2021.

PENAFORTE, G. S.; SANTOS, V. S. O ensino de química por meio de atividades experimentais: aplicação de um novo indicador natural de pH com alternativa no processo de construção do conhecimento no ensino de ácidos e bases. *EDUCAmazônia*, v. 13, n. 2, p. 8-21, 2014.

PEREIRA, J. S.; MOUHAMAD, B.; SALES, G. M.; SANTANA, R. H.; DELGADO, M. N. Jogo didático de tabuleiro para o aprimoramento do ensino-aprendizagem sobre poluição ambiental. *Revista Eixo*, v. 11, p. 68-77, 2022.

RAVEN, P. H.; EICHHORN, S. E.; EVERET, R. F. **Biologia Vegetal**. 8ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RODRIGUES, P. L.; FERNANDES, S. D. C.; DELGADO, M. N. Uso de texto de divulgação científica no ensino de Bioquímica para a Educação de Jovens e Adultos. *Revista Eixo*, v. 9, p. 23-35, 2020.

SALATINO, A.; BUCKERIDGE, M. Mas de que te serve saber botânica? *Estudos avançados*, v. 30, p. 177-196, 2016.

SANTOS, E. A. V.; SODRÉ NETO, L. Dificuldades no ensino-aprendizagem de Botânica e possíveis alternativas pelas abordagens de educação ambiental e sustentabilidade. *Educação Ambiental em Ação*, v. 15, p. 1-6, 2016.

SANTOS, L. R.; MENEZES, J. A. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.

SANTOS, F. A.; REIS COSTA, V.; SANTOS SILVA, J. G.; NASCIMENTO DE OLIVEIRA, E. V.; GOMES DA SILVA, D.; RAMOS DONATO, C. A experimentação aliada ao ensino: uma experiência prática em fisiologia vegetal com discentes do ensino médio. *Journal of Geospatial Modelling*, v. 3, p. 202–20, 2023.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. *Estudos avançados*, v. 32, p. 25-41, 2018.

SILVA, E. A.; AMADO, G. F.; DELGADO, M. N. Confecção e uso didático de guia de morfologia vegetal com espécies do cerrado. *Revista Eixo*, v. 11, p. 16-28, 2022.

SILVA, D. S.; DELGADO, M. N. Catálogo ilustrativo e trilha ecológica como estratégias de ensino na mitigação da impermeabilização botânica. *Revista Eixo*, v. 13, p. 25-38, 2024.

SILVA JUNIOR, D. F. **Jogo didático como estratégia para o ensino de fisiologia vegetal no ensino médio.** 2021. 112 f.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

STUART, R. C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Porto Alegre: Artmed. 2006.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, p. 97-114, 2015.

WYZYKOWSKI, T.; GÜLLICH, R. I. da C.; HERMEL, E. do E. S. Compreendendo concepções de experimentação e docência em Ciências: narrativas da formação inicial. In: GÜLLICH, R. I. da C.; HERMEL, E. do E. S. **Ensino de Biologia: construindo caminhos formativos.** Curitiba: Prismas, 2013.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, p. 67-80, 2011.