



UnB



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO (TCM)

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENSINO DE BIOLOGIA

LINHA DE PESQUISA: COMUNICAÇÃO, ENSINO E APRENDIZAGEM EM
BIOLOGIA

**Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática nas
plantas com Sequência Didática Investigativa e TIC**

Licenciada Rejaneide Alves Maciel

Mestranda

Professora Dra. Sueli Maria Gomes

Orientadora

Brasília

2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

**Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática nas
plantas com Sequência Didática Investigativa e TIC**

REJANEIDE ALVES MACIEL

Brasília

2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA
EM
REDE NACIONAL (PROFISSIONAL)

Ata Nº: 061

Aos trinta dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e cinco, instalou-se a banca examinadora de Dissertação de Mestrado da aluna **Rejaneide Alves Maciel**, matrícula 231100446. A banca examinadora foi composta pelos professores Dra. Sarah Christina Caldas Oliveira/Membra Examinadora Interna/UnB, Dr. Gilberto Costa Justino/Membro Examinador Externo/UFAL, Dr. Marcos Antônio dos Santos Silva-Ferraz/Suplente/UnB e Dra. Sueli Maria Gomes/Presidente/UnB. A discente apresentou o trabalho intitulado "Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática nas plantas com Sequência Didática Investigativa e TIC".

Concluída a exposição, procedeu-se a arguição do(a) candidato(a), e após as considerações dos examinadores o resultado da avaliação do trabalho foi:

(X) Pela aprovação do trabalho;

() Pela aprovação do trabalho, com revisão de forma, indicando o prazo de até 30 (trinta) dias para apresentação definitiva do trabalho revisado;

() Pela reformulação do trabalho, indicando o prazo de (Nº DE MESES) para nova versão;

() Pela reprovação do trabalho, conforme as normas vigentes na Universidade de Brasília.

Conforme os Artigos 34, 39 e 40 da Resolução 0080/2021 - CEPE, o(a) candidato(a) não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Dra. Sarah Christina Caldas Oliveira, UnB
Membro Examinadora Interna

Dr. Gilberto Costa Justino, UFAL
Membro Examinador Externo

Dr. Marcos Antônio dos Santos Silva-Ferraz, UnB
Suplente

Dra. Sueli Maria Gomes, UnB
Presidente, Orientadora

Rejaneide Alves Maciel
Mestranda



Documento assinado eletronicamente por **Sueli Maria Gomes, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 12/11/2025, às 09:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **REJANEIDE ALVES MACIEL, Usuário Externo**, em 12/11/2025, às 11:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Silviene Fabiana de Oliveira, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 12/11/2025, às 12:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Sarah Christina Caldas Oliveira, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 12/11/2025, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Gilberto Costa Justino, Usuário Externo**, em 17/11/2025, às 19:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **13249836** e o código CRC **7F6BC4F9**.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Aj

ALVES MACIEL, REJANEIDE

Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática nas plantas com Sequência Didática Investigativa e TIC / REJANEIDE ALVES MACIEL; orientador SUELI MARIA GOMES. Brasília, 2025.

157 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) Universidade de Brasília, 2025.

1. Fisiologia Vegetal . 2. Anatomia Vegetal. 3. Metodologia ativa. 4. Sequência didática Investigativa. 5. TIC. I. MARIA GOMES, SUELI, orient. II. Título.

Rejaneide Alves Maciel

Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática nas plantas com Sequência Didática Investigativa e TIC

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Macroprojeto 8 - Produção e avaliação de recursos didático-pedagógicos para o ensino de Biologia

Orientadora: Professora Dra. Sueli Maria Gomes

Brasília

2025

RELATO DA MESTRANDA TURMA - 2023

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)
Mestranda: Rejaneide Alves Maciel
Título do TCM: Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática nas plantas com Sequência Didática Investigativa e TIC
Data da defesa: 30/10/2025
<p>Desde a infância, mesmo antes de saber ler, eu me encantava com livros e com o universo que encontrava nas imagens. Vinda de uma família humilde, fui morar com minha avó aos sete anos, e foi ela quem me incentivou nos estudos. Apesar de aprender a ler tardiamente em uma escola rural desestruturada, a curiosidade sempre me guiou, e a escola tornou-se o meu lugar favorito. No Ensino Fundamental, apaixonei-me por Ciências, e no Ensino Médio, pela Biologia. Assim, ao ingressar no curso de Ciências Biológicas, senti que estava exatamente onde deveria estar.</p> <p>Durante a graduação, tive contato com uma professora que me apresentou o universo da pesquisa e me inspirou profundamente. Foi por meio dela que descobri a Botânica como um campo fascinante, capaz de revelar a complexidade e a beleza das plantas. Esse encantamento fez nascer o desejo de seguir carreira acadêmica, mas minhas primeiras tentativas de ingresso no mestrado não tiveram êxito. Segui outro caminho, estudei para concursos e me tornei professora da rede estadual — uma realização que me enche de orgulho, embora o sonho de ser mestre permanecesse vivo.</p> <p>Quando surgiu novamente a oportunidade de tentar o ProfBio, em 2022, decidi insistir. A aprovação, entre os primeiros colocados e com direito a bolsa, foi uma emoção indescritível. Encarei os desafios — inclusive a rotina desgastante de viajar do Piauí ao Distrito Federal — com determinação e esperança, convicta de que estava realizando um sonho adiado, mas nunca abandonado.</p> <p>A escolha de desenvolver meu TCM na área de Botânica nasceu do amor cultivado na graduação e de uma inquietação profissional: na escola onde atuo, percebi que muitos docentes e estudantes não viam o tema como relevante. Esse distanciamento me motivou a criar uma sequência didática investigativa que tornasse o ensino sobre as plantas mais vivo, próximo e significativo. Espero que o recurso</p>

desenvolvido ajude a despertar o interesse dos alunos e que inspire outros professores a trabalhar a Botânica com mais segurança e entusiasmo.

Participar do ProfBio e vivenciar a formação pela Universidade de Brasília ampliou minha visão sobre o ensino, aproximando a prática docente da pesquisa e oferecendo novas possibilidades pedagógicas. Apesar da rotina intensa, o programa transformou minha forma de planejar e ministrar aulas, fortalecendo minha prática e resultando em aprendizagens mais efetivas. Hoje me reconheço como uma profissional mais preparada, sensível e reflexiva.

Finalizo esse relato com gratidão ao ProfBio e à UnB por proporcionarem uma formação qualificada, humana e comprometida com a educação básica. Essa jornada, apesar dos desafios, moldou minha trajetória e reafirmou minha crença no poder transformador da educação.

Dedico este trabalho à minha avó (*in memoriam*), que me incentivou a estudar e sempre encontrou meios para que eu continuasse, mesmo diante de tantas dificuldades. Seu apoio foi essencial para que eu chegasse até aqui, vó. À minha mãe, que nunca mediu esforços para me apoiar e ajudar sempre que precisei. Ao meu Sol, meu filho Pedro Ravi. Filho, você é luz na vida da mamãe!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela Sua proteção, pelos livramentos e por ter atendido às minhas preces a cada vez que entrava no ônibus para ir às aulas, pois a aflição era inevitável, mediante aos inúmeros acidentes que ocorrem todos os dias nas rodovias, foi evidente o Teu cuidado comigo durante todo esse percurso. Obrigada por ter me dado a força necessária para superar as dificuldades e ter permitido a realização desse sonho.

À minha orientadora, professora Dra. Sueli Maria Gomes, pelo suporte, pela constante dedicação, pelas suas contribuições, correções e incentivos durante a elaboração deste trabalho, pois sem a sua ajuda não seria possível concluí-lo, por oportunizar meu crescimento profissional, a você, minha eterna admiração, gratidão e respeito.

A todos os professores do Mestrado, que se dedicam a tornar este curso um programa de excelência, por permitirem essa aproximação entre universidade e escola, tão essencial para a melhoria da educação do país.

A todos os meus colegas da turma 2023, pela boa convivência, pelas trocas de experiências e colaboração, pessoas alegres e comprometidas com a educação, em especial, aos meus colegas piauienses: Flávia, Mouzer, Talita e Cláudia, que, por muitas vezes nos encontramos em Teresina para fazer a prova de Qualificação, e, com isso partilhamos as aflições pré e pós provas. Aos queridos colegas Sara, Odirlei e Wandra. Os momentos foram demasiadamente proveitosos ao lado de vocês.

À minha família pelo amor, incentivo e por sempre acreditar no meu potencial.

Ao meu esposo pela parceria, cumplicidade e apoio incondicional aos projetos de vida que decido empreitar.

Ao meu filho Pedro Ravi, presente lindo que ganhei ainda quando cursava as disciplinas do mestrado. Filho, você me deu ainda mais motivação e determinação para concluir o curso.

Ao CETI Lustosa Sobrinho, por acolher minha pesquisa e aos alunos da 2ª série por participarem ativamente das atividades propostas.

À Universidade de Brasília, seu corpo docente, coordenação e administração que oportunizaram a oferta desse curso de pós-graduação e assim foi possível a conquista desse título, que é uma realização pessoal.

Ao PROFBIO que oportuniza uma excelente chance, para que os professores de Biologia de todo o Brasil possam alcançar o título de Mestre e assim aperfeiçoarem seus conhecimentos e promover um ensino de qualidade e excelência.

Agradeço também à Secretaria de Educação e Cultura do Estado do Piauí, por conceder-me redução de carga horária temporariamente, com a finalidade de aprimorar minha qualificação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001, pelo apoio financeiro.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

“É na troca que a educação acontece.”

Cora Coralina

RESUMO

A impercepção botânica resulta na negligência das plantas e questões ambientais associadas, prejudicando o aprendizado e resultando na desvalorização da flora pela sociedade. A proposta desse estudo visou contribuir para modificação deste cenário, utilizando metodologias ativas e tecnologias da informação e comunicação (TIC), de modo a tornar o ensino mais atraente e significativo. Uma Sequência Didática Investigativa (SDI) abordando conceitos relativos à Anatomia e Fisiologia Vegetal, especificamente sobre o transporte da seiva xilemática nas plantas foi desenvolvida e aplicada, uma vez que essas áreas do conhecimento da Botânica são pouco exploradas nas aulas. Foi aplicado um questionário diagnóstico para avaliar o conhecimento prévio dos alunos, seguido pela implementação da SDI intitulada: "A épica jornada da água dentro da planta: desvendando o X da questão". A proposta metodológica possui em uma das etapas a metodologia ativa rotação por estações para estudos relativos à Anatomia Vegetal, cujo planejamento inclui a participação dos estudantes em diversas atividades práticas e interativas, valorizando o protagonismo estudantil. A avaliação da percepção dos estudantes sobre a aplicação do produto educacional foi feita por meio de formulário *Google Forms*[®] e a plataforma on-line Mentimeter na modalidade Word Cloud. Para a abordagem de temas complexos e contextualização sobre os mecanismos de transporte de água no interior da planta, no planejamento utilizou-se a espécie nativa pequi (*Caryocar brasiliense*) com o intuito também de valorizar as espécies do Cerrado. Foram confeccionadas lâminas histológicas da espécie, de modo a favorecer o aprendizado dos discentes. Como recurso educacional, foram desenvolvidos três instrumentos educativos a partir do software Hot Potatoes[®] e também protocolos experimentais detalhados para as atividades práticas, ambos como componentes da Sequência Didática Investigativa, que se constitui como o recurso educacional final, oriundo desse trabalho.

Palavras-chave: Fisiologia Vegetal, Anatomia Vegetal, Metodologia ativa, Sequência didática Investigativa, TIC.

ABSTRACT

Botanical imperception results in the neglect of plants and associated environmental issues, hindering learning and leading to the devaluation of flora by society. This study aimed to contribute to changing this scenario by using active methodologies and information and communication technologies (ICT) to make teaching more attractive and meaningful. An Investigative Didactic Sequence (IDS) addressing concepts related to Plant Anatomy and Physiology, specifically the transport of xylem sap in plants, was developed and applied, since these areas of botanical knowledge are rarely explored in classes. A diagnostic questionnaire was applied to assess students' prior knowledge, followed by the implementation of the IDS entitled: "The epic journey of water inside the plant: unraveling the X of the matter". The methodological proposal includes, in one of its stages, the active methodology of station rotation for studies related to Plant Anatomy, whose planning includes student participation in various practical and interactive activities, valuing student protagonism. The evaluation of students' perception of the application of the educational product was carried out using a Google Forms[®] form and the Mentimeter online platform in Word Cloud mode. To address complex themes and provide context on the mechanisms of water transport within the plant, the native species pequi (*Caryocar brasiliense*) was used in

the planning, also with the aim of highlighting species from the Cerrado biome. Histological slides of the species were prepared to facilitate student learning. As an educational resource, three educational tools were developed using the Hot Potatoes® software, as well as detailed experimental protocols for practical activities, both as components of the Investigative Didactic Sequence, which constitutes the final educational resource resulting from this work.

Keywords: Plant Physiology, Plant Anatomy, Active methodology, Didactic sequence, ICT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Etapas da pesquisa	40
Figura 2	Estudantes utilizando dispositivos móveis para responder questionário em atividade de coleta de dados no ambiente escolar	43
Figura 3	Gráfico contendo desempenho geral dos estudantes nas questões objetivas pré e pós-teste (quantidade de acertos e erros por questão)	46
Figura 4	Gráfico com percentagem de erros e acertos na questão 4: Que fenômeno fisiológico tem relação direta com o transporte de seiva xilemática nas plantas?	50
Figura 5	Gráfico com percentagem de erros e acertos na questão 6: Que propriedades químicas e físicas presentes na água permitem o transporte dessa substância pelo xilema?	52
Figura 6	Alunos em atividade de sensibilização ambiental tocando o tronco do pequizeiro enquanto escutam áudio educativo sobre a importância da árvore para o ecossistema local	55
Figura 7	Estudantes montando um potômetro para medir a transpiração das plantas em atividade prática de laboratório	57
Figura 8	Experimento potômetro sob a variável sombra e sem vento	59
Figura 9	Experimento potômetro sob a variável sol e vento	59
Figura 10	Experimento de capilaridade em flores brancas submetidas a diferentes condições de luminosidade (sombra e sol)	60
Figura 11	Organização das estações de aprendizagem sobre estômatos e transporte de seiva xilemática (seiva bruta)	65
Figura 12	Estudante na Estação 1 observando estômatos da folha do pequizeiro (<i>Caryocar brasiliense</i>) ao microscópio	66
Figura 13	Visualização microscópica dos estômatos da folha do pequizeiro (<i>Caryocar brasiliense</i>) em aumento de 40x	66
Figura 14	Estudante utilizando o celular para capturar o QR Code e acessar o conteúdo da atividade	67
Figura 15	Visualização de um modelo 3D do estômato pelos estudantes	68
Figura 16	Confecção e montagem de lâminas para observação microscópica	69
Figura 17	Confecção de cortes foliares e análise microscópica de lâminas semipermanentes montadas pelos estudantes, evidenciando elementos do xilema	69
Figura 18	Representação esquemática de um feixe vascular em corte transversal do caule de <i>Cyperus papyrus</i> , destacando o xilema e o floema. Imagem extraída do livro didático adotado pela turma da 2ª série do Ensino Médio	70
Figura 19	Modelo didático em 3D de elementos do xilema: vaso pontuado e vaso helicoidal ..	71
Figura 20	Representação esquemática de componentes do xilema, evidenciando elemento de vaso lenhoso e uma traqueíde	72
Figura 21	Página do livro didático adotado na turma da 2ª série, destacando o parágrafo com informações sobre o xilema e seus elementos	72
Figura 22	Atividade gamificada na modalidade JQuiz sobre o experimento capilaridade	75
Figura 23	Atividade gamificada na modalidade JCloze sobre o experimento potômetro.....	75
Figura 24	Atividade gamificada na modalidade JCross sobre termos relacionados ao transporte de seiva xilemática nas plantas	76
Figura 25	Estudantes respondendo às atividades gamificadas no laboratório de informática	76

Figura 26	Gráfico com resultado sobre a percepção dos alunos relativa à pergunta 1 do questionário pós-teste	81
Figura 27	Gráfico com resultado sobre a percepção dos alunos relativa à pergunta 3 do questionário pós-teste: Qual é o principal papel do xilema nas plantas?	83
Figura 28	Gráfico com resultado sobre a percepção dos alunos relativa à pergunta 4 do questionário pós-teste: Que fenômeno fisiológico tem relação direta com o transporte de seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas?	84
Figura 29	Percepção dos alunos relativa ao estudo dirigido com lacunas	86
Figura 30	Percepção dos alunos relativa ao jogo de palavra-cruzada	86
Figura 31	Percepção dos alunos relativa ao Quiz sobre capilaridade	86
Figura 32	Percepção dos estudantes quanto à aula expositiva	87
Figura 33	Percepção dos estudantes quanto à utilização das tecnologias virtuais para a aprendizagem	88
Figura 34	Respostas dos estudantes à pergunta 6 do questionário de percepção da SDI: Deixe sugestões, elogios ou críticas sobre as atividades realizadas	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Categorização das respostas das questões objetivas do questionário pré-aplicação da SDI	44
Tabela 2	Categorização das respostas da questão aberta do questionário pós-aplicação da SDI	78
Tabela 3	Resultados da pesquisa de satisfação dos alunos sobre atividades investigativas	85

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Sequência Didática Investigativa: <i>A épica jornada da água dentro da planta: Desvendando o “X” da questão</i>	41
QUADRO 2	Descrição das estações de aprendizagem relativas à Anatomia Vegetal	63
QUADRO 3	Comparação quantitativa das respostas fornecidas pelos estudantes antes e após a aplicação da Sequência Didática Investigativa à pergunta: “ <i>Como uma planta consegue superar a gravidade para levar a água das raízes até as folhas?</i> ”	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CEP - Comitê de Ética e Pesquisa

CETI - Centro de Ensino de Tempo Integral

EnCI - Ensino de Ciências por Investigação

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação

M.O. - Microscópio Óptico

PCN's - Parâmetros Curriculares Nacionais

PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional

SD - Sequência Didática

SDI - Sequência Didática Investigativa

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

TDIC - Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

UnB - Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO GERAL	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
4	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICES	100
	APÊNDICE A - Questionário diagnóstico	101
	APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Maiores de 18 anos	102
	APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido responsáveis legais	105
	APÊNDICE D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para menores de 18 anos.	108
	APÊNDICE E - SDI “A épica jornada da água dentro da planta: desvendando o X da questão”	112
	TEMA, SÉRIE E DURAÇÃO	05
	COMPETÊNCIAS DA BNCC	05
	OBJETIVOS	05
	Geral	05
	Específicos	05
	ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA	06
	Apresentação da questão-problema	06
	Levantamento de Hipóteses	06
	Sensibilização e Imersão sensorial	06
	Experimentação (Potômetro e Capilaridade)	06
	Sistematização e análise dos dados	06
	Contextualização com Rotação por Estações	07
	Contextualização com Rotação por Estações	07
	Jogos virtuais	07

Avaliação criativa	08
RELATÓRIO DE EXPERIMENTOS - Missão Científica O Desafio (Hipótese)	08
KIT DO CIENTISTA	08
RESULTADOS DA MISSÃO (TABELAS)	09
INVESTIGAÇÃO FINAL	10
CONCLUSÃO	10
EXTRAS (fotos, gráficos, desenhos)	10
CARDS PARA IMPRESSÃO - ROTEIRO DAS ESTAÇÕES	11
PASSAPORTE CIENTÍFICO - Guardiões da Água Vegetal	17
APÊNDICE F - Questionário-JQuiz capilaridade nas flores	126
APÊNDICE G - Questionário JCloze experimento potômetro	128
APÊNDICE H - Cruzadinha JCross termos relacionados ao transporte de seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas	130
APÊNDICE I - Protocolo experimento potômetro	132
APÊNDICE J - Protocolo experimento capilaridade	136
APÊNDICE K - Questionário de percepção sobre o produto educacional	137
ANEXOS	140

1. INTRODUÇÃO

A Botânica é o ramo da Biologia que se dedica ao estudo científico das plantas e das algas, abrangendo aspectos relacionados à sua morfologia, anatomia, fisiologia, reprodução, ecologia e evolução. No contexto escolar, especialmente no Ensino Médio, o ensino de Botânica compreende o conjunto de práticas e conteúdos que visam desenvolver nos estudantes a compreensão sobre a estrutura e o funcionamento das plantas, bem como sua importância ecológica, econômica e cultural (Silva *et al.*, 2023; Ursi *et al.*, 2018).

Ensinar Botânica, portanto, vai muito além da memorização de partes ou nomes de plantas. Trata-se de promover uma compreensão integrada do mundo vegetal, permitindo que os alunos reconheçam a relevância das plantas para a manutenção da vida e para o equilíbrio ambiental. Como destacam Ursi *et al.* (2018), a Botânica é uma área que oferece inúmeras possibilidades de encantamento e investigação, mas que ainda enfrenta desafios quanto à forma como é ensinada nas escolas.

Dentro das Ciências Biológicas, o ensino de Botânica é apontado como o mais associado às metodologias de ensino tradicional por ser pautado, na maioria das vezes, na memorização de termos e conceitos. Uma das explicações para a reprodução de práticas tradicionais é apontada por Marchioretto e Moço (2024) que observaram entre jovens professores a busca, em suas memórias, de modelos de docentes que foram marcantes em sua vida de estudante, acabando por reproduzir suas práticas.

A baixa percepção das plantas pelos humanos levou Wandersee e Schussler (2001) a propor o termo “cegueira botânica” e aparentemente este é um fenômeno mundial. Salatino e Buckeridge (2016) citam a “cegueira botânica” para se referir ao menosprezo que as pessoas têm em relação às plantas, porém apresentam facilidade para perceber e reconhecer os animais. A falta de compreensão sobre a importância das plantas pode resultar em sérios problemas para a sociedade, incluindo danos prolongados aos biomas e a extinção de diversas espécies (Bisneto; Ramos, 2024).

O que outrora era designado como cegueira botânica tem sido denominado de “impercepção Botânica”, a fim de superar o termo anterior, por ser capacitista (Ursi; Salatino, 2022). Não obstante, os sintomas atribuídos continuam os mesmos, como a não percepção das plantas no cotidiano, a visão equivocada de que as plantas são apenas cenários para a vida

animal, a negligência da importância das plantas e a insensibilidade às características estéticas das plantas.

Diversas pesquisas sobre o ensino de Botânica têm apontado para a necessidade de revisão da prática docente e maior valorização das plantas no currículo das disciplinas de Ciências e Biologia (e.g. Melo *et al.*, 2012, Arrais *et al.*, 2014, Salatino, 2016).

De forma a reduzir a disparidade na percepção das plantas, recomenda-se um ensino de Botânica que inclua mais aulas práticas, contextualização com a flora local, uso de atividades lúdicas, metodologias ativas e trabalho interdisciplinar (Pedrini e Ursi, 2022; Prestes *et al.*, 2023; Reis *et al.*, 2024, Santos *et al.*, 2021; Towata *et al.*, 2010).

A incorporação de tecnologias digitais no ensino-aprendizagem tem sido amplamente discutida devido à rápida evolução tecnológica. Segundo Gallo *et al.* (2024) a integração de tecnologias otimiza a aprendizagem, promove a participação ativa dos alunos, e prepara para os desafios contemporâneos. Da mesma forma, Pinheiro *et al.* (2024) ressaltam que essas tecnologias aumentam a interatividade, colaboração e engajamento no ambiente educacional.

Os estudantes demonstram desinteresse pelo conteúdo de Botânica. Daí surgem as indagações:

- Como os sujeitos envolvidos no processo de ensino/aprendizagem compreendem e enxergam o ensino de Botânica mediada por TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação)?
- É possível despertar o interesse dos estudantes por meio de uma abordagem metodológica ativa, em que eles sejam protagonistas das ações planejadas?

De acordo com Borges e Alencar (2014), "podemos compreender estratégias participativas como maneiras de promover o processo de aprendizado que os educadores empregam para conduzir a formação crítica de futuros profissionais em diversas áreas". O uso dessas abordagens pode encorajar a independência dos aprendizes, despertando o interesse, estimulando escolhas pessoais e coletivas, derivadas das atividades fundamentais da prática social e no contexto em que vive o estudante. Nas metodologias ativas, o conhecimento é adquirido por meio de situações e desafios reais, que serão experienciados pelos alunos posteriormente em suas vidas (Bacich e Moran, 2018).

O ensino de Botânica, muitas vezes, tem sido abordado de forma insuficiente nas escolas públicas. Nesse contexto, este estudo propõe fornecer subsídios ao professor de Biologia em sua prática docente, oferecendo estratégias inovadoras de ensino e aprendizagem

que integrem recursos tecnológicos para facilitar o processo educacional. Para isso, utiliza-se uma Sequência Didática Investigativa (SDI) em conjunto com o software Hot Potatoes®, que atua como uma ferramenta pedagógica facilitadora para a aprendizagem formativa dos estudantes.

Na SDI elaborada, são abordados assuntos relativos a duas grandes áreas da Botânica: Anatomia e Fisiologia Vegetal, que são temas desafiadores no que tange ao ensino e aprendizagem dos conteúdos inerentes às mesmas.

A minha motivação para a abordagem da temática dessa pesquisa, se deu a partir das seguintes inquietações: *Qual é a importância de ensinar aos alunos sobre anatomia das plantas? Qual a relevância em fazê-los compreender o modo como a água é transportada no interior das plantas, desde as raízes até as folhas?*

Diante do exposto, entende-se que o estudo tanto da Fisiologia Vegetal quanto da Anatomia Vegetal se tornam elementos essenciais para que os alunos compreendam o papel das plantas nos ciclos naturais e nas nossas vidas. Com isso, o presente estudo traz a proposta de desenvolver atividades investigativas mediadas por multimodos de representação, a partir de metodologias ativas, no intuito de favorecer aos alunos uma visão sobre o processo de transporte da seiva xilemática (seiva bruta) no corpo da planta.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral:

Investigar a aplicação de uma Sequência Didática Investigativa (SDI), com o uso de TICs e Metodologia Ativa no ensino da estrutura e funcionamento do Xilema, focando no aprendizado dos processos envolvidos no transporte de água e de solutos orgânicos e inorgânicos das raízes para a parte aérea.

2.2 Específicos:

- Implementar uma SDI no ensino investigativo estrutura e função do xilema, para promover o conhecimento do funcionamento do xilema.
- Investigar o uso de Metodologias Ativas e TICs no ensino da estrutura e funcionamento do xilema na disciplina de biologia para estudantes do Ensino Médio, visando o entendimento aprofundado dos mecanismos de funcionamento do transporte solo-planta-atmosfera.

- Utilizar uma planta nativa do Cerrado para incentivar e envolver os estudantes na compreensão da anatomia e do funcionamento do xilema, a fim de promover a valorização deste Bioma
- Desenvolver uma SDI com o uso de uma metodologia ativa (Rotação por Estações) e TICs para facilitar o ensino investigativo da estrutura e do funcionamento do xilema em plantas vasculares.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Ensino de Anatomia Vegetal

Dentre as áreas da Botânica, a Anatomia Vegetal apresenta grande importância, pois permite relacionar as diversas estruturas internas das plantas aos diversos ambientes e entender a funcionalidade dos mecanismos fisiológicos das mesmas, permitindo aplicar esse conhecimento nas diversas atividades humanas relacionadas aos vegetais (Lima, 2010).

Os objetos do conhecimento relativos à Anatomia Vegetal são considerados muitas vezes de difícil assimilação e interpretação pelos alunos, e que requer a utilização do microscópio óptico para visualização das estruturas internas, porém a maioria das escolas públicas não possuem esse recurso. Esta é uma disciplina que visa identificar células e tecidos vegetais e reconhecer suas funções estruturais e fisiológicas (Apezzatto-da-Glória *et al.*, 2007). Em geral, as aulas de Anatomia Vegetal tendem a ser essencialmente teóricas, sem muitos recursos disponíveis para que os alunos consigam entender e compreender a organização e o funcionamento interno de um vegetal.

Os livros didáticos e as aulas com slides são comumente as fontes mais utilizadas para a demonstração das estruturas do corpo das plantas, porém as imagens dos livros nem sempre atraem os alunos; muitas delas são meramente ilustrativas e não se correlacionam com o que é observado na prática; as imagens mais realistas são cheias de detalhes e descrições que dificultam o entendimento dos alunos (Amadeu; Maciel, 2014; Pereira *et al.*, 2017).

Apesar do crescente aumento na elaboração de recursos metodológicos que visem auxiliar nas aulas de Botânica na Educação Básica, Santos Júnior *et al.* (2021) realizaram um levantamento bibliográfico acerca dos recursos didáticos produzidos no Brasil para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos relativos a essa área. O estudo evidenciou que a área de Fisiologia Vegetal possui menos recursos didáticos, quando comparada com as

demais áreas da Botânica, sugerindo, assim, trabalhos futuros com vistas a priorizar esse campo de estudo.

Com relação aos recursos pedagógicos sobre Anatomia Vegetal, destaca-se o trabalho de Vieira e Côrrea (2020) que analisaram o uso de lâminas histológicas, modelos didáticos e jogo didático como recursos de ensino-aprendizagem, tanto em escolas do Ensino Médio quanto em uma universidade do município de São Luís-MA, tendo constatado que as lâminas histológicas podem colaborar de forma enriquecedora e participativa, para que o aluno desenvolva a construção de um pensamento crítico perante uma situação problema proposta na aula.

A não compreensão das estruturas anatômicas de uma planta faz com que a memorização seja a forma mais utilizada para a resolução das avaliações (Ceccantini, 2006; Menezes, 2017). Nesse sentido, é necessário contextualizar o que é ensinado em sala de aula com o que é vivenciado pelos alunos. O uso de material vegetal em sala possibilita maior interação com o objeto de estudo, permitindo a construção de conceitos e facilitando o processo de ensino e aprendizagem (Araújo, 2011).

Muitos estudos apostam em recursos didático-tecnológicos como forma de promover uma educação significativa e atraente para esses temas que são considerados como desestimulantes para os alunos. Com isso, as TIC têm-se tornado rotineiras nas atividades educacionais, lançando mão de seu vasto leque de aplicações e utilidades, como aplicativos, softwares, plataformas e recursos audiovisuais em sala de aula (Ramos *et al.* 2023).

Os vários incrementos trazidos pelas tecnologias e os meios multimidiáticos vêm a dinamizar as abordagens dos conteúdos de Botânica em sala de aula, entre os quais se pode citar duas metodologias interessantes e instigantes abordadas que são: o Laminário Virtual de Anatomia Vegetal trabalhada por Gueiros, Torres e Souto (2022), voltado para o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, assim como os Herbários Digitais de Lindemaier (2017), com aplicação no Ensino Médio. Os autores corroboram a ideia de que tais ferramentas contribuem para o ensino/aprendizagem da Biologia Vegetal.

3.1.1 Epiderme

A epiderme é o tecido mais externo dos órgãos vegetais em estrutura primária e origina-se na protoderme, situada nos meristemas apicais, sendo substituída pela periderme em órgãos com crescimento secundário (Esau, 1974). Geralmente é composta por uma única

camada de células vivas, vacuoladas, perfeitamente justapostas e sem espaços intercelulares, cuja função principal é de revestimento, podendo desempenhar também as funções de prevenção contra choques mecânicos, invasão de agentes patogênicos (defesa) e restrição de perda de água. Além disso, realiza também trocas gasosas através dos estômatos, absorve água e sais minerais por meio de estruturas especializadas, como pelos radiculares, protege a planta contra a radiação solar devido à presença de cutícula espessa e presença de tricomas (Apezzatto-da-Glória e Carmello-Guerreiro, 2007).

A epiderme de qualquer órgão vegetal pode apresentar vários tipos de células exercendo diferentes funções, constituindo um tecido complexo (Apezzatto-da-Glória e Carmello-Guerreiro, 2007).

A epiderme das folhas é coberta por uma camada de cera, a cutícula, que é uma efetiva barreira contra a difusão de água e gás carbônico, restringindo as trocas gasosas ao ostíolo (poro estomático) (Cabrera *et al.*, 2021). A abertura e fechamento dos estômatos a entrada e saída de gases e vapor de água na planta (Esau, 1974).

O estômato pode se desenvolver entre as células comuns da epiderme ou entre as células subsidiárias, cujo número e disposição são variáveis (Pacheco *et al.*, 2021). São denominadas células subsidiárias somente aquelas que circundam o estômato e que são claramente diferentes das demais células epidérmicas (Apezzatto-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2006). As células subsidiárias podem estar ou não relacionadas ontogeneticamente com as células estomáticas (Apezzatto-da-Glória e Carmello-Guerreiro, 2006). As células-guarda são as únicas células epidérmicas que contêm cloroplastos (Pacheco *et al.*, 2021). De modo geral, as paredes das células-guarda apresentam espessamento típico, mais acentuado nas proximidades do ostíolo (Castro *et al.*, 2009). Este espessamento está relacionado ao fenômeno de abertura e fechamento do ostíolo e varia de acordo com a espécie (Castro *et al.*, 2009).

3.1.2 Transporte no xilema

O xilema é o tecido responsável pelo transporte de água e solutos a longa distância e suporte mecânico nas plantas, eventualmente armazenando amido (Apezzatto-da-Glória e Carmello-Guerreiro, 2007). Assim como o floema, o xilema é um tecido vascular contínuo, presente nos órgãos vegetativos e reprodutivos das plantas vasculares, formando um verdadeiro sistema ao longo do corpo vegetal (Apezzatto-da-Glória e Carmello-Guerreiro, 2007).

Com relação à composição celular do xilema, há dois tipos básicos de elementos traqueais: traqueídes e elementos de vaso (Castro *et al.*, 2009). As traqueídes são imperfuradas, típicas das gimnospermas, sendo encontradas também entre as famílias primitivas das angiospermas (Esau, 1977). Elas se posicionam em fileiras longitudinais, justapondo-se pelas extremidades não perfuradas. Já os elementos de vaso são dotados de placas de perfuração, característicos das angiospermas e das ordens mais recentes de gimnospermas (Esau, 1977). Tanto as traqueídes como os elementos de vaso, no curso de sua diferenciação, perdem seus protoplastos, tornando-se aptos para o transporte da água e dos sais minerais (Esau, 1977). Nos elementos de vaso, a parede terminal de cada extremidade sofre um processo de dissolução, originando a placa de perfuração (Cutter, 1986). A dissolução da parede terminal pode ser total, dando origem à placa de perfuração simples, ou parcial, constituindo as placas de perfuração foraminada, reticulada, escalariforme, mista e radiada (Cutter, 1986). As placas de perfuração também podem ser encontradas nas paredes laterais dos elementos de vaso e, em alguns casos, nas células específicas do parênquima radial, as células perfuradas de raio que estão diretamente envolvidas no transporte de água (Costa *et al.*, 1996).

Os vegetais necessitam de diversos elementos químicos que são essenciais ao funcionamento das suas células e que são absorvidos do solo, onde se encontram na forma de sais minerais (Raven *et al.*, 2007). Em função da quantidade em que são utilizados pelas plantas, são classificados em: macronutrientes ou micronutrientes (Raven *et al.*, 2007).

A absorção de água ocorre por meio dos pelos radiculares, que são extensões de células epidérmicas que aumentam a área de contato entre a raiz e o solo (Matos *et al.*, 2019). Quando os estômatos abrem, parte da água se dissipa e é perdida na forma de vapor para o ambiente, o que em última instância promove a absorção de mais água pelas raízes, compensando assim essa perda aérea (Matos *et al.*, 2019).

A água, uma vez absorvida, movimenta-se pelo córtex do sistema radicular através do simplasto, fluindo entre as células pelos plasmodesmos, sem atravessar a membrana celular, ou se move pelo apoplasto, que corresponde às paredes celulares e espaços extracelulares, sem atravessar membranas, até alcançar ao xilema (Taiz *et al.*, 2021).

No caminho percorrido pela água, chegando ao final da região cortical radicular, atravessa um conjunto de células mais espessadas conhecidas como estrias de Caspary. Assim, a entrada da água no xilema ocorre somente através da membrana, em um processo chamado de rota transmembrana (Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021).

O processo de absorção e transporte de água na planta é passivo, não exigindo gasto de energia; enquanto a absorção de sais minerais pode requerer o gasto de energia (Matos *et al.*, 2019). A seiva que sobe nos vasos condutores do xilema é denominada seiva do xilema e contém nutrientes, aminoácidos e outros compostos orgânicos importantes para o metabolismo do nitrogênio e demais nutrientes do sistema radicular (Matos *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o transporte da seiva nas plantas pelo xilema pode seguir três processos ou mecanismos fisiológicos (Taiz & Zeiger, 2021):

- a) Pressão positiva da raiz: Na região medular do xilema, suas células possuem grande concentração salina, ocorrendo entrada de água por osmose gerada por pressão da raiz.
- b) Capilaridade: Adesão/Coesão: Subida da seiva por vasos de pequeno calibre por mecanismo físico/químico da água por meio da adesão/coesão.
- c) Tensão-Coesão ou Coesão-Tensão-Transpiração (Hipótese de Jolie/Dixon (1895): Esse mecanismo é o que melhor explica o processo de ascensão (transporte) da água e dos sais minerais pelos vasos condutores do xilema. Por meio da transpiração estomática (abertura e fechamento dos estômatos), é gerada uma pressão de sucção que promove o transporte da seiva (água + sais minerais) pelo xilema.

Segundo a teoria da Coesão-Tensão-Transpiração, o motor do movimento da seiva xilemática (seiva bruta) é a tensão (pressão hidrostática negativa) criada pela transpiração (Taiz & Zeiger, 2021). Quando as células do mesofilo libertam vapor de água para o exterior, em função de um gradiente de pressão de vapor entre os espaços intercelulares e a superfície da folha, o potencial hídrico da água (energia livre das moléculas) que rodeia as células do mesofilo diminui (Taiz & Zeiger, 2021). Como consequência dessa diminuição e das forças de coesão entre moléculas de água, esta vai deslocar-se das células do xilema foliar próximas (onde o seu potencial hídrico é mais elevado) para as células do mesofilo, pois a água desloca-se de zonas de potencial hídrico mais elevado (próximo de zero) para zonas de potencial hídrico mais baixo, ou seja, mais negativo (Taiz & Zeiger, 2021).

Cria-se assim um gradiente de potencial hídrico que se propaga às colunas de água do xilema, desencadeando uma força de tensão que permite o movimento de água através do continuum solo-planta-atmosfera (Taiz & Zeiger, 2021). Devido à coesão entre moléculas de água, e à sua adesão às paredes celulares dos vasos xilemáticos, forma-se uma coluna contínua que transmite a tensão desde as células do mesofilo até as raízes (Taiz & Zeiger, 2021). A combinação das três forças - tensão, coesão e adesão, permite manter a corrente de

transpiração, responsável pela geração de um déficit hídrico ao nível da raiz e consequente absorção de água (Taiz & Zeiger, 2021).

3.2 Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)

É evidente que a incorporação de tecnologias digitais é importante para despertar a curiosidade dos alunos e facilitar o aprendizado. A necessidade urgente de superar resistências ao uso de tecnologias foi intensificada na pandemia, demonstrando sua importância para a continuidade eficaz do ensino e da aprendizagem (Souza; Carvalho; Carvalho, 2021).

Segundo Silva, Bilessimo e Machado (2021), a adaptação tecnológica no ensino de Botânica é fundamental para integrar recursos digitais e criar métodos mais inclusivos, garantindo que o aprendizado seja dinâmico e envolvente. Para isso, o avanço tecnológico e pedagógico deve evoluir continuamente, promovendo um ensino que cativa os discentes.

A sigla TIC (tecnologias da informação e comunicação) envolve a aquisição, o armazenamento, o processo e a distribuição da informação, por meios eletrônicos e digitais como rádio, telefone e computador (Brasil, 2009).

“Tecnologia é um conceito com múltiplos significados que variam conforme o contexto, podendo ser vista como: artefato, cultura, atividade com determinado objetivo, processo de criação, conhecimento sobre uma técnica e seus respectivos processos etc”. (Reis, 1995).

Em 1985, Kline (apud Reis, 1995, p. 48) propôs uma definição de tecnologia como:

O estudo do emprego de ferramentas, aparelhos, máquinas, dispositivos, materiais, objetivando uma ação deliberada e a análise de seus efeitos, envolvendo o uso de uma ou mais técnicas para atingir determinado resultado, o que inclui as crenças e os valores subjacentes às ações, estando, portanto, relacionada com o desenvolvimento da humanidade. (Kline, 1985).

As TIC são uma importante fonte de criação de conhecimento, que favorece a democratização, a troca e o acesso à informação, podendo com isso proporcionar uma melhor compreensão de mundo e uma atuação na sua transformação (Almeida e Moran, 2005).

Para Almeida e Moran (2005), deve haver uma seleção de toda essa informação,

proporcionada pela facilidade de seu acesso nos dias atuais, com seu uso da forma mais crítica. Nessa perspectiva, o papel do professor se torna crucial no tocante às estratégias que tornem mais ativa a aprendizagem dos estudantes, compreendendo, pois, que é necessário que o professor adquira competências pertinentes para exercer o seu papel. Gadotti (2000) afirma que:

[...] o educador é um mediador do conhecimento, diante do aluno que é o sujeito da sua própria formação. Ele precisa construir conhecimento a partir do que faz e, para isso, também precisa ser curioso, buscar sentido para o que faz e apontar novos sentidos para o que fazer dos seus alunos. (Gadotti, 2000, p. 9).

Ao utilizar as TIC em sala de aula, o professor deve estar atento quanto aos objetivos que se pretende alcançar e, conforme esse objetivo, traçar a melhor estratégia pedagógica, visando o aprendizado dos estudantes.

3.3 Software Hot Potatoes®

Com a inserção de novas tecnologias de informação e comunicação em sala de aula, os ambientes virtuais de aprendizagem que antes eram voltados para o ensino à distância tornaram-se uma alternativa útil e adequada ao ensino presencial (Lopes, 2007). Nessa perspectiva, os jogos didáticos são uma ferramenta importante no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que estimulam a interação entre os alunos e contribuem para a fixação dos conteúdos de forma lúdica e prazerosa.

Conforme Gros (2013) “uma das principais formas de acesso ao mundo da tecnologia para crianças e jovens é o jogo digital, pois geralmente o primeiro contato com equipamentos eletrônicos acontece por meio de um vídeo game”. A maioria dos alunos da geração Z tem uma predileção por jogos (games), principalmente os digitais, e usam parte do seu tempo jogando esses games em computadores, celulares e tablets.

Dessa forma, quando bem planejado, o uso de jogos pode facilitar o aprendizado, além de desenvolver habilidades e ampliar a concentração, a capacidade cognitiva e o intelecto dos estudantes (Prensky, 2012). Ainda segundo Bomfoco (2012), os jogos podem proporcionar experiências enriquecedoras, tornando-se importantes ferramentas no auxílio da aprendizagem tanto na escola como fora dela.

Hot Potatoes® é um Software que permite criar jogos através da elaboração de 6 tipos de exercícios interativos, que possibilita criar uma página html disponível na Web (Hot Potatoes, 2019). As atividades criadas com o programa Hot Potatoes podem ser adequadas a

qualquer tópico em estudo e servem para introduzir novos conhecimentos ou para reforçar e recordar conteúdos já trabalhados.

A utilização do Hot Potatoes é muito simples, não havendo necessidade de conhecimentos mais elaborados em informática, somente sendo necessário inserir os dados, textos, perguntas, respostas e arquivos de mídia (imagens, vídeos, áudios, arquivos do flash), e o próprio programa se encarregará de gerar, no formato web, os exercícios que poderão ser postados em algum servidor web ou ser trabalhados no próprio computador caso a internet esteja indisponível (Hot Potatoes, 2019, p. 1).

As ferramentas disponíveis no Software são: JCloze (texto lacunar), JCross (palavra cruzada), JMix (construção de frases), JQuiz (perguntas e respostas), JMatch (exercícios de ordenação) e o The Masher que compila todos os exercícios em um só (Tabosa, 2012).

Quanto à utilização de ferramentas de autoria no ensino/aprendizagem como o Hot Potatoes, Aguiar (2011) obteve resultados positivos na realização de exercícios aplicados em turmas de EJA:

O uso da ferramenta Hot Potatoes, dentro da prática de ensino, objetiva não só possibilitar uma nova abordagem para um conteúdo, mas também instigar o aluno ao trabalho colaborativo, tanto na troca de material didático pesquisado, como na troca de conhecimentos, pois todos descobrirão o software utilizado na criação dos exercícios. (Aguiar, 2011, p. 13).

Com essa mesma premissa, em sua tese de doutorado intitulada “O papel do software educativo na aprendizagem da matemática”, Caetano (2012) enumera diversas vantagens ao se utilizar softwares de autoria, dentre elas, rápida aprendizagem de manuseio, rapidez e simplicidade em produzir atividades interativas e pedagogicamente diferenciadas, possibilidade de inserir diferentes tipos de mídia (textos, vídeos, animações e imagens), bem como o sistema de pontuação e informações com ajuda. Além disso, o professor e/ou o aluno participa sendo produtor de recursos e não apenas sendo mero usuário (Caetano, 2012).

Nesse contexto, a combinação de metodologia ativa e TIC com o uso do Software Hot Potatoes® pode ser eficaz na abordagem de conteúdos relativos às plantas, porque as TIC permitem uma abordagem mais descontraída e lúdica dos conteúdos, enquanto a metodologia ativa estimula a participação dos alunos na construção do conhecimento (Freitas, 2019). Além disso, essa combinação pode contribuir para a formação de estudantes críticos e reflexivos, capazes de compreender a importância das plantas para a vida na Terra e de adotar práticas sustentáveis.

3.4 Sequência Didática (SD)

Historicamente, nos cenários nacional e internacional, as Sequências Didáticas têm sido utilizadas como instrumentos de planejamento do ensino e como objetos de pesquisa, criando condições favoráveis para os alunos se apropriarem de ferramentas culturais próprias da comunidade científica, permitindo a análise desse processo e estimulando o diálogo entre a pesquisa no ensino de ciências e a sala de aula (Almouloud; Coutinho, 2008).

Conforme Zabala (2011, p. 18), a Sequência Didática (SD) compreende um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim, conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos. É importante que as SD contribuam para o avanço progressivo dos conhecimentos dos alunos, em relação às questões subjacentes ao ensino de ciências e à iniciação da alfabetização científica (Viecheneski e Carletto, 2013).

3.4.1 Sequência Didática Investigativa (SDI)

Observa-se que a SD proposta por Zabala é coerente com o caráter investigativo de ensino, visto que a construção, significado e consolidação dos conceitos científicos são dados pela problematização, hipóteses, coleta de dados e sistematização. Esta é uma tendência dentro da área do ensino de Ciências, no que é denominada de Sequências Didáticas Investigativas (SDI) (Giordan, Guimarães e Massi, 2012).

A proposta dessa pesquisa envolve a aplicação de uma SDI. Segundo Carvalho (2013), as SDI são caracterizadas como:

Sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada uma das atividades é planejada, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discutí-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (Carvalho, 2013, p. 07).

De acordo com a autora, uma SDI envolve um ciclo de três atividades. A primeira compreende a apresentação de um problema experimental ou teórico contextualizado, com o objetivo de introduzir os/as estudantes no tópico desejado; a segunda é a de sistematização do conhecimento construído pelos alunos; já a terceira é a que promove a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois nesse momento eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social (Carvalho *et al.*, 2013). Portanto, uma SDI visa o desenvolvimento de atividades planejadas com base nos conteúdos

curriculares, tendo materiais, processos didáticos e intenções previamente definidos (Carvalho *et al.*, 2013).

3.5 Ensino por Investigação e suas contribuições no processo de ensino-aprendizagem

O Ensino por Investigação (EI), como destaca Sasseron (2015), é mais do que uma metodologia de ensino, ele é uma abordagem didática que permite o uso de múltiplos recursos e estratégias nas diferentes fases da investigação, desde o delineamento da questão, até a coleta, registro e análise de dados que respondem a uma questão problema.

Com esse mesmo enfoque, Zômpero *et al.*, (2017), relacionam o desenvolvimento de habilidades cognitivas a partir do ensino por investigação e, por meio desta abordagem de ensino, o aluno estaria se preparando cognitivamente para lidar com problemas de sua vida como um todo, condição necessária de ser trabalhada dentro das escolas. Esses autores afirmam ainda que, apesar de seus benefícios, no Brasil, o ensino por investigação ainda é pouco enfatizado nas práticas em sala de aula.

Scarpa e Campos (2018) apontam que o EI é uma abordagem metodológica que busca incentivar o pensamento científico, na qual a aprendizagem ocorre por meio da problematização, de forma que os alunos são orientados a observar, questionar, formular hipóteses, coletar dados, analisar evidências, relatar e argumentar sobre os seus achados.

A abordagem com foco no EI segue a teoria construtivista, em que o aluno dentro do processo de ensino constrói seus conhecimentos a partir da interação com o meio e a partir de informações apresentadas a ele (Monteiro *et al.*, 2021). Essa abordagem didática apresenta potencial para suprir algumas deficiências inerentes às aulas exclusivamente tradicionais e verticalizadas do tipo expositiva não dialógica, que são consideradas fixas, excessivamente conteudistas, passivas e pouco atrativas na perspectiva dos alunos (Sá; Lima; Aguiar Jr., 2011; Santos *et al.*, 2022).

No contexto da Anatomia Vegetal, o ensino investigativo pode proporcionar uma compreensão mais profunda e significativa dos processos e estruturas das plantas. O ensino nessa área é marcado por certos problemas, como memorização de nomes de estruturas, em vez de estimular a compreensão espacial delas (Ceccantini, 2006), falta de problematização e contextualização com a realidade do educando (Towata; Ursi; Santos, 2010).

3.6 O Ensino de Botânica na BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento exigido no sistema educacional brasileiro a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996), Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (BRASIL, 2013) e Plano Nacional de Educação (BRASIL, 2014), e deveria se constituir como um avanço na construção da qualidade da educação. Configura-se como parâmetro fundamental para a realização do planejamento curricular, em todas as etapas e modalidades de ensino, a ser consolidado no Projeto Político Pedagógico (PPP) das Unidades Educacionais (UE), de acordo com o inciso I, do artigo 12, da Lei 9.394/96 (Compiani, 2018).

A BNCC possui como principal objetivo “ser a balizadora da qualidade da educação no país por meio do estabelecimento de um patamar de aprendizagem e desenvolvimento a que todos os alunos têm direito” (BRASIL, 2017), além de nortear a formulação dos currículos dos sistemas e redes escolares em todo o Brasil. A BNCC é fundamentada em competências e habilidades que se espera que os estudantes desenvolvam ao longo de suas trajetórias escolares.

A Botânica/Biologia Vegetal é uma biociência e deve ser ponderada sob a ótica de quais conhecimentos devem integrar a educação escolar e contribuir com a formação cidadã, permitindo às crianças e jovens a construção de entendimentos sobre o mundo físico e social que ajudem na reflexão e na tomada de decisões na vida cotidiana e futura (Marcondes, 2018).

Leite e Meirelles (2023), ao pesquisarem nos conteúdos para o Ensino Médio na BNCC os termos: “Plantas”, “Botânica” e “Biologia Vegetal” no que tange a área “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, nenhum descritor foi visualizado para nenhum dos anos. Notaram ainda a total ausência de eixos temáticos, competências ou habilidades voltadas para o ensino de Botânica de forma integrada, refletindo sobre o apagamento de áreas integradas do saber vegetal como Anatomia Vegetal, Fisiologia Vegetal e Ecologia Vegetal. No mesmo estudo, observou-se a ausência de propostas teórico-metodológicas específicas ou de metodologias ativas no ensino de Botânica. Embora o documento mencione o ensino investigativo de forma geral, Franco e Munford (2018) destacam que há contradições entre as recomendações das pesquisas em Educação em Ciências e a forma como o ensino investigativo é apresentado na BNCC.

Desse modo, fica evidente que as lacunas presentes no ensino de Botânica são diversas, mesmo que seus conteúdos sejam necessários para a construção de conhecimentos biológicos e científicos e para a formação de indivíduos críticos e conhecedores do ambiente e da flora que os rodeiam (Salatino; Buckeridge, 2016; Ferreira *et al.*, 2017). Sabendo que a

Botânica não existe isolada (em nenhum aspecto ou grau), a interdisciplinaridade com a Educação Ambiental Crítica (Lima, 2009; Ceccon, 2012; Guimarães, 2013; Massoni *et al.*, 2019) é indispensável no entendimento e na práxis pedagógica com vistas à aprendizagem significativa, sustentável e ecossocial (Leff, 2015).

O processo de aquisição do conhecimento da Botânica curricular e escolar pode ocorrer de forma prejudicada, ineficaz e defasada não somente pela falta de estímulo por parte dos alunos na busca por compreensão e interação com as plantas, mas também pela precariedade metodológica, prática e tecnológica que, invariavelmente, auxiliariam no aprendizado dessa disciplina (Ceccantini, 2006; Stanski *et al.*, 2016) e a BNCC reforça essa metodologia de ensino ineficaz e defasada (Leite e Meirelles, 2023).

3.7 Desafios enfrentados no ensino de Botânica na Educação Básica

Como visto, pouca referência à Botânica é encontrada nos documentos norteadores do ensino no país (Ursi *et al.*, 2018), tais como os PCN (Brasil, 1997; Brasil, 2000) e a BNCC (Brasil, 2018), que atualmente regulam as normas para o ensino de Ciências Naturais e Biologia

Pesquisas apontam a pouca atenção e interesse de professores e estudantes quanto ao ensino e aprendizagem de Botânica, sendo entendido como algo entediante e sem importância (Salatino, Buckeridge, 2016). A esse desinteresse por essa ciência, os autores Wandersee e Schussler (1999) propuseram o conceito de “cegueira botânica” incluindo em sua definição: (a) a incapacidade de reconhecer a importância das plantas na biosfera e no cotidiano; (b) a dificuldade em perceber os aspectos estéticos e biológicos exclusivos das plantas; e, (c) a ideia de que as plantas sejam seres inferiores aos animais, portanto, não seriam merecedoras de atenção equivalente.

Após estudo realizado por esses autores, diversas pesquisas corroboram com essa mesma ideia, como o estudo realizado por Schussler e Olzak (2008), que observaram que os estudantes regularam mais facilmente imagens de animais do que de plantas, sendo as primeiras mais atrativas e memoráveis. Além disso, Balas e Momsen (2014) destacam que imagens de plantas tendem a prender menos a atenção do que as de animais, possivelmente por falta de características dinâmicas como movimento ou “expressões visuais”. Os resultados indicaram que tal exposição pode aumentar a capacidade dos indivíduos de lembrar e considerar plantas, destacando que as intervenções educacionais focadas podem mitigar a cegueira botânica.

Já em pesquisa realizada por Oliveira e Liesenfeld (2020), destacou que muitos educadores têm dificuldades para considerar a importância das plantas, refletindo tanto a formação acadêmica insuficiente em botânica quanto as limitações estruturais, como a falta de recursos para atividades práticas em campo.

Atualmente, o termo "cegueira botânica" tem sido evitado na comunidade científica. A partir da proposta feita por Ursi e Salatino (2022) foi substituído para "impercepção botânica", buscando, assim, superar o caráter capacitista do termo original sem perder seu impacto e mantendo a compreensão fácil para falantes da língua portuguesa. Essa mudança é fundamentada na crítica ao uso da palavra "cegueira" em um contexto que promover uma visão preconceituosa ou discriminatória em relação às pessoas com deficiência.

A alternativa proposta visa refletir mais precisamente a natureza do fenômeno, que é a tendência humana de não perceber as plantas no ambiente com a mesma acuidade que percebem os animais. Este termo pode ser entendido como a inexistência total de percepção ou, alternativamente, percepção limitada das plantas. Ao adotar "impercepção botânica", espera-se não apenas evitar a conotação capacitista, mas também ampliar a aceitabilidade do tema entre os cientistas, incluindo pessoas com deficiência visual, e promover uma maior conscientização sobre a importância das plantas na biosfera e na vida humana.

De acordo com Souza e Garcia (2019), a Botânica tem sido desconsiderada tanto pelos professores quanto pelos estudantes que, posteriormente, no processo de sua formação, apresentam dificuldades em compreender sobre a importância ecológica destes organismos. Nesse contexto, Bisneto e Ramos (2024) apontam para as consequências dessa falta de reconhecimento das plantas que resultam em sérios problemas para a sociedade, incluindo danos prolongados aos biomas e a extinção de diversas espécies.

Assim como várias temáticas exploradas pela Biologia, a Botânica encontra-se envolta em diversas concepções prévias e problemas, sendo a falta de entusiasmo dos estudantes em relação aos tópicos relacionados às plantas um dos desafios mais difíceis a serem superados pelos professores (Ursi, 2018). Além disso, fatores como a subvalorização da própria Botânica em detrimento de outros temas curriculares das ciências e Biologia; a ausência de abordagem dos conteúdos pelos professores, por falta de familiaridade, tempo ou conhecimento; o ensino baseado na memorização de termos, códigos e nomenclaturas; o conteúdo excessivamente teórico e descolado da prática cotidiana e a ausência de materiais atrativos e dinâmicos (principalmente visuais) são alguns dos fatores - pontuados por alunos - que conferem à Botânica o status que leva enquanto componente curricular (Souza; Kindel,

2014; Salatino; Buckeridge, 2016; Souza *et al.*, 2017; Melo *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2021; Tognon; Oliveira, 2021).

A ausência de interesse dos seres humanos por seres vivos estáticos, como os vegetais, pode ser considerada também como uma possível explicação para o desinteresse por esta temática (Menezes *et al.*, 2009), bem como a atuação de alguns educadores, que não receberam uma formação inicial e contínua adequada para o ensino nessa área da Biologia, e, com isso, não conseguem desenvolver afinidade, entusiasmo nem identificação pelos conteúdos curriculares e disciplinares da Botânica, levando-os frequentemente a abordar o tema de forma superficial (Amaral, 2003).

É preciso dar uma significação dos saberes botânicos aos alunos, aliar a aula expositiva às outras diversas modalidades de ensino, deixando essa aula mais pragmática por meio do reconhecimento de plantas existentes nos espaços que circunscrevem a escola, bairro ou município.

Diversas pesquisas sobre o ensino de Botânica têm apontado para a necessidade de revisão da prática docente e maior valorização das plantas no currículo das disciplinas de Ciências e Biologia (Melo *et al.*, 2012, Arrais *et al.*, 2014, Salatino, 2016). Complementando essa ideia, Silva *et al.* (2015, p. 9) afirmam que:

Nas escolas públicas, principalmente, são notórias as dificuldades na realização de atividades práticas de qualidade. Apesar das condições precárias apresentadas pela maioria das escolas com relação à falta de materiais didáticos e espaço para atividades de laboratório, é possível contornar esses problemas ou parte desses, fazendo adaptação de ambientes para aula prática e utilizando materiais de baixo custo. Essas ações proporcionam aprendizado mais eficiente e motivador do que as tradicionais aulas meramente expositivas (Silva *et al.*, 2015, p. 9).

Nessa mesma perspectiva, Silva Filho (2016) afirma que, apesar das pessoas relacionarem a Biologia com a Botânica, a ciência das plantas no Ensino Médio ainda é retratada como um dos poucos conteúdos trabalhados pelos docentes e, posteriormente, pelos discentes por não terem aplicação das informações de forma adequada.

Leite e Meirelles (2023) ao analisarem termos relativos às plantas na BNCC, constataram que o documento representa veiculações tradicionalistas de termos, conceitos e áreas e supressão de outros (como o aspecto anatômico e fisiológico do reino vegetal e sua diversidade), enfatizando, desse modo, que o ensino de Botânica, sob uma perspectiva crítica e emancipatória, deve ser tema urgente nos currículos e nos espaços escolares.

Assim, na área da Educação, torna-se relevante a associação de novas tecnologias ao ambiente escolar, atrelando computadores, o próprio celular do estudante em favor de novas formas de aprender, possibilitando diferentes maneiras de ensinar Botânica para esses estudantes que já são inseridos nas mídias sociais (Leite, 2019).

3.8 Metodologias ativas

A utilização de metodologias ativas com uso de TIC nas aulas de Botânica pode instituir uma visão diferenciada dessa área da Biologia, que geralmente não é vista como relevante para o aluno. Valente (2014) destaca que além de reter informações, o aprendiz necessita ter um papel ativo para significar e compreender essas informações com base nos conhecimentos prévios, construindo novos conhecimentos, e sabendo aplicá-los em situações concretas.

Essas metodologias são assim chamadas por possuírem a característica de envolver o aluno como principal agente de sua aprendizagem, podendo dessa forma, estimular o estudante a ser pesquisador e lidar com o conhecimento de forma mais dinâmica e prazerosa, afastando-se da passividade de aulas tradicionais (Ferreira, 2017).

Lacerda e Santos (2018), enfatizam que os professores devem utilizar estratégias que sejam convidativas, pois com isso os alunos sentirão interesse de participar de forma ativa e se sentirão mais à vontade para expor suas ideias. Metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção da sua aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida (Bacich e Moran, 2018). São muitos os métodos associados às metodologias ativas de modo a impulsionar o desenvolvimento da autonomia, da aprendizagem e do protagonismo estudantil.

No contexto brasileiro, a aplicação de estratégias participativas tem demonstrado resultados eficazes para avaliação, que se baseia na perspectiva da interação e processos colaborativos. Como exemplos, podemos citar as pesquisas de Cunha *et al.* (2019) e Salvador e Ikeda (2019), realizadas no ensino superior e profissionalizante, respectivamente. Nesse estudo, os autores constataram que o uso de estratégias participativas possibilita o desenvolvimento de operações mais complexas do pensamento, tais como comparação, síntese, observação, classificação, interpretação, crítica, busca de suposições, imaginação, coleta e organização de dados, além de formulação de hipóteses, aplicação de fatos e princípios a novas situações, tomada de decisões e planejamento de projetos e pesquisas (Salvador e Ikeda, 2019).

A metodologia ativa pode ser utilizada para desenvolver projetos, pesquisas, debates e outras atividades que permitam aos alunos uma aprendizagem mais significativa e, nesse sentido, os métodos de aprendizagem ativa são pontos de partida para avançar para processos mais avançados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas (Moran, 2014). É nessa perspectiva que a sala de aula necessita se inserir em

um espaço virtual de reflexão, oportunizando a experimentação ativa e levando os alunos a pensar/refletir antes de atuar (Moita, 2011).

Nesse contexto, as metodologias ativas podem ser concebidas como estratégias diferenciadas que orientam os processos pedagógicos, centradas na participação efetiva do estudante. De acordo com Nunes *et al.*, (2023), as metodologias ativas mais utilizadas no ensino de Biologia são o ensino por investigação e problematização; uso de jogos; aulas de laboratório; uso de modelos/maquetes; sala de aula invertida utilizando o ensino híbrido; e saídas de campo, excursões e passeios.

O uso dessas metodologias impacta positivamente na aprendizagem dos alunos por utilizar técnicas que aumentam o interesse, criatividade, autonomia, pensamento crítico, aproximação dos alunos com a problematização de situações reais e mais próximas de seu cotidiano (Nunes *et al.*, 2023).

Diversos estudos têm constatado a eficácia das metodologias ativas no ensino de Botânica. Nascimento *et al.*, (2017) utilizou a metodologia ativa do tipo “Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)” para ensinar botânica na educação básica, incluindo desafios sobre polinização e dispersão de sementes, conectando conceitos teóricos à prática em sala de aula. Utilizando esse mesmo método, Matos *et. al.*, (2015) incentivaram alunos a desenvolverem herbários e projetos de paisagismo escolar. Isso ajudou os estudantes a relacionar conceitos botânicos com aplicações práticas no cotidiano. Já os autores Oliveira e Liesenfeld (2020) exploraram os efeitos de atividades práticas ao ar livre na Amazônia Ocidental. Relataram que os professores que participaram de excursões botânicas desenvolveram maior apreciação e conhecimento sobre a flora local.

Utilizando a metodologia de sala de aula invertida, Silva, Pesce e Neto (2018) para facilitar a discussão em aula após os estudantes estudarem previamente conceitos básicos de morfologia vegetal por meio de vídeos e textos online. No trabalho de Silva e Braz (2023) houve a elaboração e aplicação de um jogo da memória para abordar as características vegetativas, reprodutivas e medicinais da planta goiabeira, proporcionando uma melhor assimilação dos conceitos de Botânica, além da contextualização com os conhecimentos prévios dos alunos, possibilitando a participação e interação entre eles.

3.9 Metodologia ativa: Rotação por Estações

Em relação aos diversos modelos de metodologias ativas que podem ser utilizados na prática pedagógica com excelência de resultados, pode-se citar o modelo Rotação por

Estações. Rossi *et al.* (2024) destacam que essa abordagem vem sendo aplicada em diferentes áreas do conhecimento, etapas e níveis de ensino, sendo que em pesquisas nas quais foram utilizadas a metodologia da rotação por estações, os resultados foram satisfatórios para todos os alunos, ou seja, em todos esses estudos, os pesquisadores atingiram seus objetivos propostos.

Outrossim, é fundamental salientar que esse enfoque educacional traz diversas contribuições, a saber: rompimento com práticas ultrapassadas/tradicionais; aprendizado facilitado sobre diferentes temas e áreas de conhecimento; desenvolvimento da capacidade de trabalhar em equipe, da autonomia e da capacidade de construção de uma nova forma de olhar e agir na sociedade; aquisição de conhecimentos, atitudes e valores de modo significativo (Rossi *et al.*, 2024).

Nesta metodologia, o ambiente é dividido em vários espaços, cada um voltado para uma atividade diferente, em que pelo menos um contemple a tecnologia como recurso didático (Silva *et al.*, 2018), onde os grupos de alunos se revezam entre si. Esse método permite que os alunos experimentem diversas formas de aprendizado, podendo ser adaptado conforme o objetivo educacional a ser alcançado, em uma única aula ou mesmo numa SDI (Zabala, 1998). Os estudantes movem-se de uma estação para outra até executarem todas as tarefas dentro do tempo estipulado pelo professor (Bacich, 2016).

Christensen, Horn e Staker (2013) definem este método como “rotação de turmas ou rotação de classes”, e preconizam o “revezamento dos alunos dentro do ambiente de sala de aula” (p. 27). Os modelos de Rotação permitem ao professor realizar adaptações conforme a realidade educacional, mantendo as características do ensino híbrido e visando o envolvimento dos alunos nas atividades. Outra vantagem desse modelo é que ele privilegia a aprendizagem colaborativa, na qual os alunos auxiliam os seus pares, por meio do diálogo e dos debates e o professor pode auxiliar ficando mais próximo daqueles que apresentam dificuldades. Para Bacich *et al.* (2015) a variedade de atividades propostas permite o ensino por meio de diversos métodos e recursos, como vídeos, leituras, mapas conceituais, discussões, entre outros.

A Rotação por Estações é uma ferramenta facilitadora do processo de ensino-aprendizagem, onde é possível articular a aprendizagem significativa conceitual, atitudinal, procedimental e visando a formação para o mundo do trabalho, despertando o interesse dos alunos e direcionando-os para a formação autônoma, crítica e reflexiva (Freire, 2015). Nessa estratégia pedagógica, cada grupo de alunos realiza uma tarefa, de acordo com os objetivos

propostos pelo professor, em atividades variadas, desenvolvendo suas habilidades, sendo que um dos grupos estará envolvido com propostas online que, de certa forma, independem do acompanhamento do professor (Bacich, Tanzi Neto e Trevisani, 2015, p.55).

Neste modelo, é necessário planejar as atividades que acontecerão em cada uma das estações de forma independente, mas trabalhando um mesmo conteúdo, inclusive com atividades interdisciplinares, em parceria com docentes de disciplinas diferentes (Silva, 2020).

Considera-se que essa forma de organização em rotações permite que todos os alunos participem ativamente de cada experimento sem sobrecarregar os ambientes colaborativos de estudo, contribuindo para um fluxo organizado e eficiente nos espaços (Moran, 2019).

Com relação ao emprego da metodologia ativa de rotação por estações no ensino de Botânica, vários são os estudos, a exemplo da pesquisa realizada pelas autoras Lima e Sovierzoski (2019), que destacaram o uso da rotação por estações como parte de uma abordagem híbrida para tornar o ensino de Botânica mais engajador e dinâmico, integrando recursos educacionais abertos e tecnologias digitais. Esse estudo mostrou que essa estratégia favorece o aprendizado ao combinar teoria e prática em estações com atividades específicas, como análise de mapas conceituais e uso de ferramentas multimídia. Outro autor que contribuiu para essa temática foi Serbim (2018), que detalhou a aplicação prática dessa metodologia no Ensino Médio, organizando grupos de estudantes para alternar por estações com atividades diferenciadas, como exercícios em laboratório e estudo de conceitos botânicos usando atlas de anatomia vegetal.

4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

4.1 Lócus e participantes da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida numa escola de tempo integral do município de Gilbués, Piauí. A mesma possui 306 alunos matriculados, nas modalidades de Ensino Fundamental, Ensino Médio e Ensino de Jovens e Adultos (EJA), distribuídos nos turnos matutino, vespertino e noturno.

4.2 Submissão ao Comitê de Ética

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB, sendo aprovado em 06 de fevereiro de 2024, com o parecer número 2.254.687 e CAAE 76855623.1.0000.5540 (Anexo 1).

As entrevistas foram realizadas mediante a anuência por parte da direção da escola e a

permissão dos entrevistados através de aceite, conhecimento e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos estudantes maiores de 18 anos (Apêndice B), Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos responsáveis legais (Apêndice C), bem como do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) para os estudantes menores de 18 anos (Apêndice D) em duas vias, uma pertencente à pesquisadora e outra ao entrevistado, para que seja assinado, respectivamente, pelos pais e/ou responsáveis e pelos próprios estudantes interessados em participar da pesquisa.

4.3 Forma de recrutamento dos estudantes

A pesquisa foi realizada em uma turma cuja regência era de outra professora, garantindo a imparcialidade dos dados científicos e minimizando a influência de fatores subjetivos que pudessem surgir, caso a pesquisa fosse conduzida na turma de alunos da própria pesquisadora.

O convite para a participação na pesquisa foi realizado na sala de aula da turma participante, presencialmente. Na oportunidade, as atividades a serem desenvolvidas foram explicadas e os termos (TCLE e TALE) foram entregues a cada estudante. Critérios de inclusão dos estudantes na pesquisa:

- Estar regularmente matriculado na unidade escolar participante da pesquisa.
- Concordar, de forma voluntária, em participar da pesquisa.
- Cursar a 2ª série do Ensino Médio.

Critérios de exclusão dos estudantes na pesquisa:

- Não estar regularmente matriculado na unidade escolar participante da pesquisa.
- Não concordar, de forma voluntária, em participar da pesquisa.
- Não estar cursando a 2ª série do Ensino Médio.

Esta pesquisa foi concebida em cinco fases: planejamento da SDI, aplicação do questionário diagnóstico, aplicação do recurso educacional, aplicação do questionário pós-teste e avaliação do recurso educacional (Figura 1).

Figura 1- Etapas da pesquisa



Fonte: A autora, 2025.

4.4 Avaliação diagnóstica

A pesquisa foi realizada no ambiente escolar, por uma abordagem quali-quantitativa mediante a aplicação de um questionário diagnóstico (Apêndice A), a fim de analisar a percepção dos discentes acerca dos conhecimentos básicos sobre o transporte de seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas e sua importância. O questionário era composto por 7 questões semiestruturadas (6 objetivas e 1 subjetiva), e foi aplicado a uma amostra de 15 estudantes pertencentes a uma turma de 2ª série do Centro de Ensino. O questionário foi elaborado via *Google Forms*[®] e encaminhado no grupo *WhatsApp*[®] dos estudantes, o mesmo foi respondido de forma anônima.

4.5 O recurso educacional: Sequência Didática Investigativa (SDI)

Para a construção da SDI, foram consideradas práticas pedagógicas reunidas a partir das propostas de Freitas *et al.* (2013) e Matos *et al.* (2015), envolvendo temáticas relativas à Anatomia e Fisiologia Vegetal.

Como recurso educacional, foi elaborada uma SDI (conforme descrito no Quadro 1), envolvendo temáticas relativas à Anatomia e Fisiologia Vegetal, compreendendo os 8

momentos detalhados a seguir:

Quadro 1. Sequência Didática Investigativa: A épica jornada da água dentro da planta: Desvendando o “X” da questão

Aula	Momento	Atividade	Duração	Local
1	Apresentação da questão-problema	<i>Como a planta consegue desafiar a força da gravidade, movendo a água e sais minerais das raízes até as folhas, enfrentando alturas surpreendentes?</i>	5 min	Sala de aula
	Questionamento e hipóteses	Dividir a turma em grupos para o levantamento das hipóteses sobre como os componentes orgânicos e inorgânicos são transportados dentro das plantas.	10 min	Sala de aula
	Sensibilização/ Dinâmica	Os estudantes foram conduzidos até a área verde da escola e tocaram as árvores existentes e com o auxílio do celular e fones de ouvido, ouviram o áudio em áudio (texto) “Viagem ao interior da planta”, com música suave ao fundo (Anexo 2).	15 min	Entorno da escola
	Experimentação	Montagem e acompanhamento dos experimentos pelos alunos: 1) Potômetro e 2) relativo à capilaridade, para testar as hipóteses, conforme os roteiros elaborados.	30 min	Laboratório de Biologia
2	Sistematização coletiva dos conhecimentos/Análise dos dados	Após a realização dos experimentos, os alunos compartilham e discutem os resultados obtidos, sendo solicitados a compararem suas observações com as hipóteses iniciais, discutindo se elas foram confirmadas ou refutadas pelos experimentos.	60 min	Sala de aula
3	Contextualização Observação anatômica do estômato e xilema	A partir da metodologia ativa do tipo Rotação por estações, os alunos realizaram atividades relativas à Anatomia Vegetal (Anexo 3).	60 min	Laboratório de Biologia
4	Jogos virtuais	Os estudantes realizaram atividades gamificadas desenvolvidas a partir do Software Hot Potatoes.	30 min	Laboratório de informática
	Avaliação	Os grupos deverão desenvolver a atividade pós-laboratório que é elaborar uma apresentação composta pela hipótese inicial com os resultados obtidos e com as justificativas que permitiram a validação ou não da sua hipótese proposta. Eles podem fazer <i>Reels</i> , slides, portfólios, folders, etc.	30 min	Sala de aula

A SDI foi desenvolvida para ser aplicada em quatro aulas com carga horária prevista de sessenta minutos cada, compreendendo oito momentos. As atividades foram aplicadas numa turma com aproximadamente quinze estudantes organizados em cinco grupos com três integrantes.

Na aula relativa à Anatomia Vegetal, foi estabelecida a metodologia de Rotação por Estações, de modo a contribuir para que os alunos tivessem a oportunidade de participar de todas as atividades planejadas, as quais foram distribuídas em cinco estações distintas.

Para a diagramação e edição do produto educacional (SDI) foram utilizadas ferramentas do programa de design gráfico Canva[®] na versão “Education” (Apêndice E).

4.6 Textos Hot Potatoes[®]

Os textos inéditos foram elaborados, sendo utilizados para a confecção das atividades no Software Hot Potatoes[®], nas modalidades JQuiz, JCloze e JCross. Os tutoriais adotados para a elaboração destas atividades no Software Hot Potatoes[®] podem ser acessados conforme os links a seguir:

- JQuiz (Apêndice F): <https://www.youtube.com/watch?v=Bo6q-WKEPpU>
- JCloze (Apêndice G): <https://www.youtube.com/watch?v=14g4Txj0Dys>
- JCross (Apêndice H): <https://www.youtube.com/watch?v=4oZPD0nfF6I>

Após a elaboração das atividades Hot Potatoes, foram gerados os arquivos html, que podem ser executados em qualquer navegador de internet. Após os alunos responderem estas atividades, foi reaplicado o questionário diagnóstico (pós-teste) para verificação da aprendizagem. Além disso, aplicou-se um questionário de percepção com o objetivo de avaliar como os alunos compreenderam e avaliaram a metodologia empregada.

4.7 Análise dos dados

Todos os dados coletados através dos questionários foram tabulados em uma planilha do software *Microsoft Excel*, sendo os resultados apresentados em gráficos e porcentagens. A pesquisa de percepção da SDI foi analisada a partir dos gráficos obtidos pelo formulário do *Google Forms*[®], bem como a partir do software Mentimeter na modalidade Word Cloud para a construção de Nuvens de palavras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são apresentados a seguir, divididos em quatro tópicos:

- Tópico 01: Análise do questionário diagnóstico junto aos alunos participantes da pesquisa (diagnóstico sobre o transporte de seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas).
- Tópico 02: Aplicação do recurso educacional (SDI).
- Tópico 03: Análise do questionário pós-teste (Pós-teste sobre o transporte de seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas).
- Tópico 04: Análise do questionário de percepção do produto educacional (SDI).

5.1 Análise do questionário diagnóstico

O Questionário Diagnóstico (Apêndice A) foi respondido por 12 alunos entre os 15 que se dispuseram a participar da pesquisa, resultando em percentual de 80% de respondentes. A Figura 2 ilustra os alunos respondendo este questionário.

Figura 2 - Estudantes utilizando dispositivos móveis para responder questionário em atividade de coleta de dados no ambiente escolar



Fonte: a autora, 2025.

A partir do Questionário Diagnóstico foi possível averiguar os conhecimentos prévios acerca do tema, conforme abordado a seguir.

5.1.1 Análise da questão subjetiva

A partir da pergunta investigativa: “Como a planta consegue superar a gravidade para levar a água das raízes até as folhas? A altura da planta influencia?” os alunos foram provocados a considerar variáveis como pressão, força gravitacional e propriedades da água, além de conduzir os alunos a conectar conhecimentos prévios de Física e Química com a Biologia, de modo a incentivar uma visão interdisciplinar. Os resultados relativos a esta questão estão na Tabela 1.

TABELA 1. Respostas à pergunta: “*Como a planta consegue superar a gravidade para levar a água das raízes até as folhas? A altura da planta influencia?*”; n = 12 alunos.

Estudante (E)	Respostas (transcritas na íntegra)
E1	Através de um processo do qual todas as plantas passam levando a água das raízes até as folhas.
E2	Não sei responder. Nunca parei para pensar nisso.
E3	Ela consegue levar a água da raiz até as folhas graças uma combinação de vários fatores.
E4	Acho que através de algum filtro que tem dentro da folha e do caule, ela transpira água.
E5	Através do xilema.
E6	Não sei.
E7	Pode ser que dentro da planta tenha canudinhos que possibilita a subida da água das raízes até as folhas.
E8	Não sei responder
E9	Capilaridade.
E10	Eu não sei, talvez tenha tubos dentro da planta que faz a água subir.
E11	Evaporação.
E12	Talvez tenha “tubos” dentro do caule ou da folha.

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

As respostas dos estudantes demonstram pouco conhecimento prévio em relação à Anatomia e Fisiologia Vegetal, especialmente quanto ao transporte de água e sais minerais dentro da planta (Tabela 1). As respostas não levaram em consideração a altura das plantas. O

conhecimento prévio sobre o tema foi superficial, pois os processos fisiológicos envolvidos não foram claramente identificados. Segundo Macedo *et al.* (2012), os profissionais da educação básica consideram esse assunto bastante complexo, exigindo conhecimentos (Física, Química, Matemática, etc.) complementares por parte dos alunos. Três participantes sequer aventaram alguma ideia a respeito (E2, E6 e E8).

Um estudante mencionou o termo “capilaridade” e outro, “*xilema*”, que são os elementos corretos em relação ao que foi perguntado, mas insuficientemente explicados. Pesquisas anteriores indicam que o transporte de água pelo xilema, utilizando processos de coesão-adesão e transpiração, é um dos conceitos mais difíceis de assimilar devido à complexidade de suas interações e ao nível microscópico da explicação, que exige certo domínio de Química e Física (Junqueira, 2012). Algumas respostas apontaram para ideias vagas ou incompletas, como “*algum filtro no caule e nas folhas*” (E5) ou “*canudinhos dentro da planta*” (E8). Houve referências ao xilema (E6), capilaridade (E10) e evaporação (E12), mas sem articulação para mostrar compreensão suficiente do processo como um todo.

Nenhuma resposta abordou explicitamente a influência da altura da planta, o que sugere o desconhecimento do conceito de pressão negativa e o processo de transporte por transpiração-coesão-adesão, essencial para a condução da água em plantas altas. A falta de clareza nas respostas dos alunos sugere que falta contextualização experimental ou visualização dos processos em ação quanto à abordagem do conteúdo em sala de aula.

Esses achados reforçam a importância de metodologias que permitam a experimentação direta e a construção ativa de conhecimento sobre o transporte de água. Devido ao alto grau de abstração desses conceitos, é recomendável o uso de modelos e experimentos práticos, pois podem ajudar a corrigir esses equívocos.

5.1.2 Análise do questionário diagnóstico e do pós-teste das questões objetivas

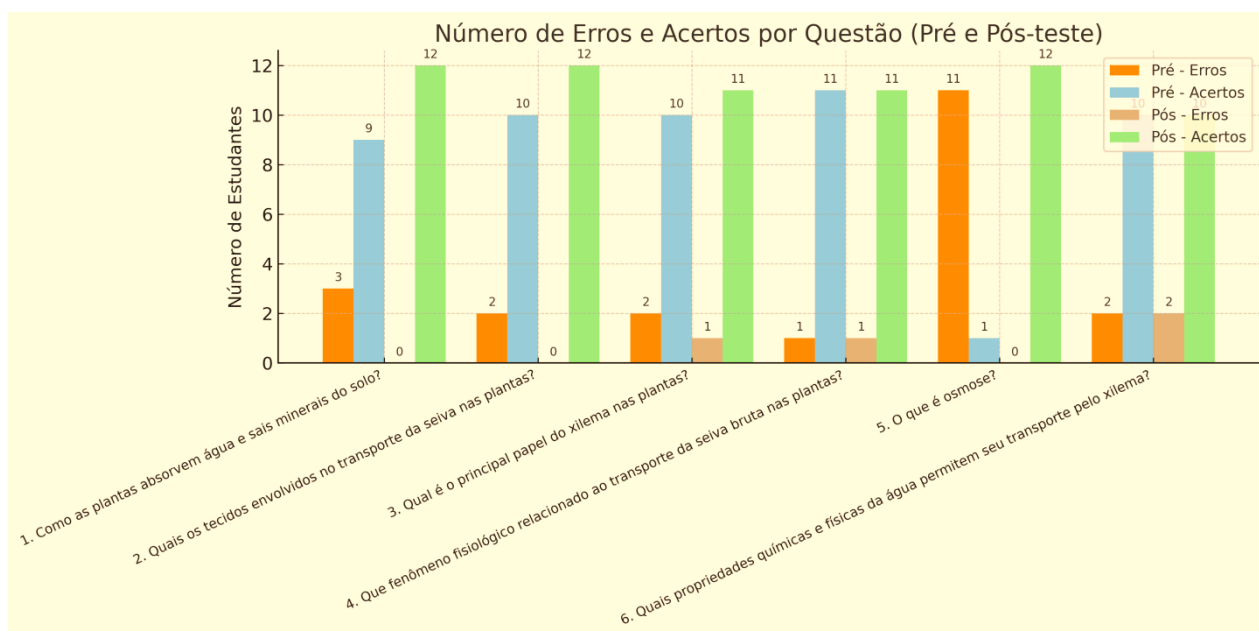
As questões objetivas do questionário buscaram avaliar o conhecimento dos alunos sobre os mecanismos de transporte de água e nutrientes nas plantas, incluindo a função dos tecidos vasculares — especialmente o xilema — o papel da transpiração na movimentação da seiva bruta e a compreensão das propriedades de coesão e adesão das moléculas de água.

Para verificar o grau de conhecimento assimilado pelos estudantes, após o desenvolvimento das atividades propostas na SDI, aplicou-se novamente o questionário contendo as mesmas questões utilizadas no questionário prévio (Apêndice A). Assim como no

pré-teste, os mesmos participantes responderam ao pós-teste de forma anônima, sendo obtidas, portanto, respostas dos 12 estudantes participantes da pesquisa.

A Figura 3 apresenta a comparação entre os resultados de acertos e erros obtidos no pré e no pós-teste, aplicados a seis questões relacionadas ao transporte de água, aos tecidos vegetais, à osmose e às propriedades físico-químicas da água.

Figura 3 – Desempenho geral dos estudantes no pré e pós-teste do Questionário



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Conforme observado, todos os estudantes acertaram as questões 1 e 2 no pós-teste, considerando a assimilação desses conteúdos após a intervenção. Já as questões 3 4 mantiveram-se estáveis, porém, melhoradas, ressaltando que esses tópicos foram praticamente assimilados no pré-teste.

A questão 1 do questionário foi aplicada com o intuito de avaliar se os estudantes compreendiam o papel das raízes no processo de absorção de água e sais minerais, conectando o conhecimento básico de fisiologia vegetal com a função dos órgãos da planta. A questão aborda uma habilidade fundamental que é a de reconhecer as funções específicas das partes das plantas, essenciais para o entendimento da Biologia como um todo.

Com relação às respostas para essa questão, quando aplicada no questionário prévio, 20% dos participantes erraram, respondendo de forma equivocada. Já quando aplicada no pós-teste, todos os participantes obtiveram êxito, com 100% de acertos. Esse dado sugere que os estudantes já tinham conhecimento prévio sobre o conteúdo, mas que foi reforçado pelas

atividades realizadas nesta SDI. Conceitos quanto às partes das plantas e suas funções são frequentemente enfatizados nos currículos escolares, especialmente no ensino fundamental.

Já a questão 2 teve o propósito pedagógico de verificar o entendimento dos estudantes sobre a função e a localização dos tecidos vasculares (xilema e floema), que desempenham papéis centrais no transporte de água, sais minerais e produtos da fotossíntese. Essa questão também incentiva a associação entre estruturas anatômicas e seus papéis fisiológicos. Essa questão obteve 100% de acertos. Sugerindo, dessa forma que os estudantes possuem um bom domínio do conteúdo relacionado à estrutura e função dos tecidos vasculares, ainda que no questionário prévio 8% responderam errado. A abordagem prática, como a confecção e observação do xilema ao microscópio óptico prevista na SDI pode ter fortalecido a compreensão do conteúdo.

Apesar do alto desempenho dos estudantes na maioria das questões, convém destacar a persistência de erros em algumas questões: Na questão 3, os estudantes foram indagados sobre o principal papel do xilema nas plantas, dos 12 participantes, apenas 1 respondeu incorretamente, este respondeu que o principal papel do xilema é o de transportar produtos da fotossíntese. A respeito disso, é notório que muitos currículos de ensino de ciências, especialmente nos primeiros anos do ensino fundamental e médio, priorizam o ensino da fotossíntese sem contextualizar suficientemente a interdependência de outros processos como a respiração celular ou o transporte de nutrientes e água. Isso pode criar um "efeito de centralização", onde o aluno vê a fotossíntese como a função principal das plantas, em detrimento de outras atividades essenciais (Portes, 2019).

Esses resultados são consistentes com pesquisas que mostram que conceitos como transpiração, fotossíntese e respiração ainda representam um desafio para os alunos, especialmente pela necessidade de entender as plantas como organismos que possuem fluxos distintos para diferentes substâncias (Trazzi e Oliveira, 2016).

Já a questão 4 tinha o propósito pedagógico de avaliar se os alunos relacionavam a transpiração ao transporte da seiva xilemática (seiva bruta). Ao comparar as respostas do pré-teste com o pós-teste, verificou-se que houve um número de acertos significativo após a aplicação da SDI. Antes da aplicação, apenas 2 estudantes haviam marcado a alternativa correta "*transpiração*", entretanto, após a aplicação esse número subiu para 11, ou seja, apenas 1 participante errou.

Esse resultado satisfatório é indicativo de que os experimentos do potômetro, da capilaridade e somado ainda com as atividades sobre o estômato (vídeo, visualização

microscópica, modelo 3D) aliado às explanações teóricas desempenharam um papel significativo para que os alunos obtivessem um número expressivo de acertos nessa questão, pois essas atividades que foram desenvolvidas abordaram as características fisiológicas relacionadas ao transporte da seiva xilemática (seiva bruta) ou seja, a transpiração. Esses experimentos, por sua natureza prática e visual, são ferramentas didáticas eficazes que facilitam a compreensão de conceitos abstratos.

Corroborando com esses mesmos resultados, Silva (2020) e Vital *et al.*, (2024) em pesquisa com estudantes do Ensino Médio exploraram sobre a condução de água na planta, demonstrando o papel da capilaridade e da transpiração nas mesmas utilizando experimentos práticos com flores brancas e corantes. Nesses estudos, ficou evidente que o experimento foi fundamental para o entendimento da hidrodinâmica vegetal e promoveu o interesse e a curiosidade dos estudantes, fundamentais para o desenvolvimento de habilidades investigativas e críticas.

O maior avanço ocorreu na questão 5. No pré-teste apenas 1 estudante acertou a resposta para a questão relativa à osmose, já no pós-teste, houve 12 acertos. “Embora tão presente no dia a dia, este conceito é de grande dificuldade de aprendizagem para os estudantes” (Martins e Borges, 2001, p. 1), pois se trata de um assunto abstrato que requer do aprendiz uma maior percepção sobre os aspectos micro e macroscópicos.

A questão 5 visou testar o entendimento de um conceito-chave tanto em Biologia celular quanto vegetal: o movimento da água por osmose. A osmose está diretamente ligada à absorção de água pelas plantas, e essa questão avaliou a capacidade dos alunos de consideração do processo, suas características e sua relevância biológica.

Assim, nas respostas fornecidas no pós-teste, essa questão obteve 100% de acertos. O resultado pode ser interpretado devido ao experimento do potômetro realizado pelos estudantes, pois durante a sistematização dos conhecimentos adquiridos, a professora explicou que o potômetro mede a taxa de transpiração, que está diretamente ligada à absorção de água pelas raízes das plantas e essa absorção ocorre por osmose, já que a água se move do solo (onde a concentração de solutos é mais baixa) para o interior das células da raiz (onde a concentração de solutos é mais alta). Por meio dessa contextualização, os estudantes podem ter consolidado a compreensão acerca desse processo.

Na questão 6, houve melhorias de 2 para 10 acertos, porém ainda restaram algumas dificuldades para 2 estudantes, o que indica que este é um tema que poderia ser reforçado em futuras aulas.

A questão 6 teve como propósito pedagógico estimular os estudantes a correlacionar as propriedades químicas e físicas da água (coesão e adesão) com o transporte no xilema, visando desenvolver uma visão interdisciplinar, integrando conceitos de Química e Física com a Biologia, além de fortalecer o entendimento dos mecanismos que possibilitam a formação de uma coluna contínua de água.

Ao contrário do que ocorreu no pré-teste que, dos 12 estudantes, apenas 5 responderam corretamente ao enunciado e houve também respostas bem diversificadas, demonstrando que os participantes desconheciam as propriedades físicas da água, aqui no pós-teste, apesar de 2 discentes terem respondido incorretamente, 10 optaram pela alternativa correta. De acordo com Lemos *et al.*, (2024) a abstração representa uma das causas para dificultar a compreensão das características de adesão e a coesão podendo ser complexa para alunos, especialmente sem uma experiência prática ou visual que demonstre esses conceitos.

Para trabalhar os conceitos de coesão e adesão, os estudantes realizaram a atividade de capilaridade utilizando flores brancas e corantes. O experimento permitiu que os alunos observassem o movimento da água colorida através do caule e sua chegada às pétalas, evidenciando o processo de capilaridade. Essa visualização torna conceitos abstratos, como coesão (atração entre moléculas de água) e adesão (atração da água pelas paredes do xilema), mais tangíveis.

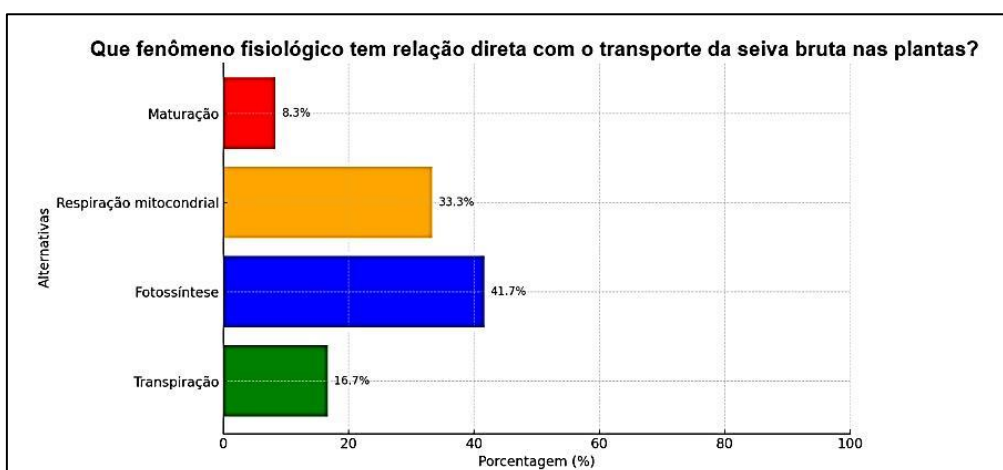
Vieira-Pinto, Martins e Joaquim (2009) concluíram que iniciativas simples, como aulas práticas estimulam o aluno a pesquisar/questionar sobre conteúdo apresentado e desta forma propicia a construção do conhecimento efetiva e empírica, ainda que subsidiada pelo conhecimento científico do docente. Outra grande vantagem da aula prática é que o ambiente escolar se torna um espaço de maior debate e investigação (Bartzik; Zander, 2016), algo que foi observado durante a aplicação dessa atividade. Portanto, considera-se que o experimento simples como esse da capilaridade utilizado nessa SDI, foi uma estratégia eficaz para facilitar a aprendizagem dos processos relacionados ao transporte de água pelo xilema, exemplificando como atividades práticas podem superar barreiras conceituais e promover um aprendizado significativo.

Os resultados demonstram claramente um progresso geral positivo dos estudantes, com maior domínio das questões após as atividades propostas na SDI. Considera-se que as atividades desenvolvidas no laboratório foram fundamentais, pois eles foram submetidos ao método ativo de aprendizagem.

É importante frisar que meios rotineiros de se trabalhar, implica na dificuldade de o aluno tornar-se autônomo na construção da aprendizagem significativa, sendo necessário reexaminar práticas escolares que promovam o desempenho ativo do discente (Vicari; Martins; Guarienti, 2022). Seguindo esse mesmo raciocínio, Alves (2017) afirma que ao se manipular materiais concretos, o aluno se envolve com sua própria aprendizagem, e assim, o discente adquire motivação em função dos recursos que favorecem a aquisição do conhecimento, do concreto para o abstrato.

Em particular, foram analisadas as duas questões nas quais os estudantes obtiveram maior frequência de erros. A Figura 4 abaixo traz o desempenho (percentual de acertos e erros) dos estudantes nas questões 4 e 6, respectivamente.

Figura 4 - Percentagem de erros e acertos na questão 4; n=12 alunos. Barra verde = resposta correta (transpiração). Demais cores = respostas incorretas.



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Os resultados revelam que apenas uma pequena parte dos estudantes (16,7%) conseguiu associar corretamente a transpiração ao transporte de seiva bruta nas plantas, enquanto a maioria declara dificuldades conceituais ao escolher alternativas incorretas, como fotossíntese e respiração mitocondrial. Esses dados indicam uma possível confusão entre os processos fisiológicos nas plantas e sugerem que muitos alunos talvez não compreendam plenamente as funções e interdependências dessas características.

A maioria respondeu que era fotossíntese (41,7%) e isso aponta para uma possível associação equivocada entre a produção de energia e o transporte de nutrientes, confundindo o papel da fotossíntese com o transporte de água e minerais. De fato, estudos sobre ensino de Fisiologia Vegetal indicam que ao verem a fotossíntese como o processo “central” para a vida das plantas, os estudantes acabam atribuindo a ela mais funções do que realmente possuem,

conforme argumentado por Zômpero (2012). Esse equívoco sugere uma dificuldade em diferenciar os mecanismos e funções das diversas características fisiológicas vegetais e que, na percepção deles, a fotossíntese é o processo central para todas as funções fisiológicas da planta, embora estudos já realizados com estudantes do Ensino Básico como os de Junqueira (2012) e Maciel *et al.*, (2022) que constataram também essas dificuldades que os discentes têm em relação à função da fotossíntese para o vegetal, assim, não compreendem adequadamente a fotossíntese, ou seja, não a entendem como uma função de nutrição vegetal ou a respiração como função de produção de energia.

A "respiração mitocondrial" (33,3%), por outro lado, talvez tenha sido escolhida por alunos que associam a respiração celular ao movimento de substâncias, o que sugere uma confusão entre processos de produção de energia e processos de transporte de seiva.

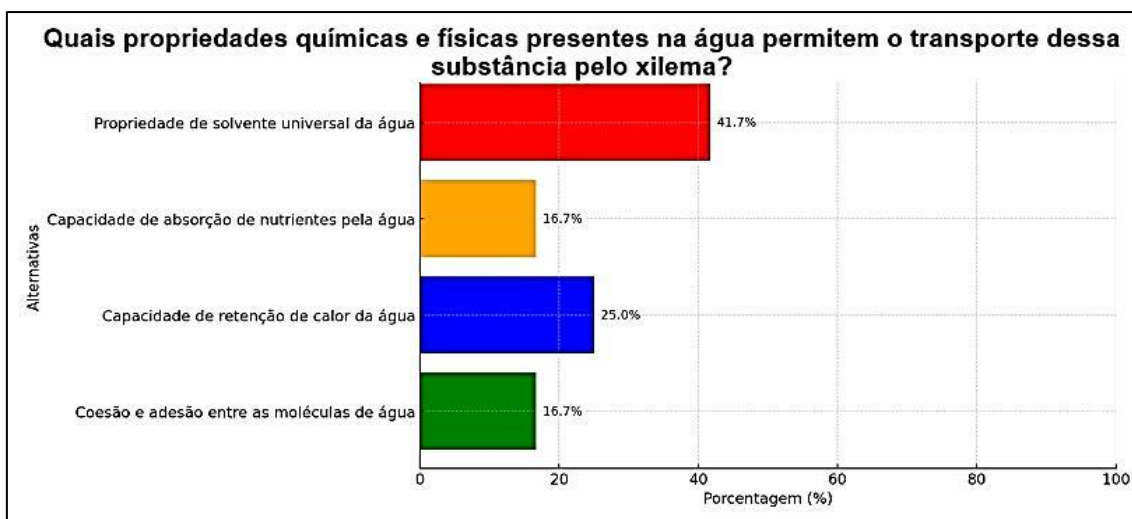
Além disso, a resposta incorreta “maturação” (8,3%) pode ser interpretada como uma escolha de última instância, revelando que um pequeno grupo de estudantes está incerto sobre os principais processos fisiológicos das plantas.

Esses resultados são consistentes também com pesquisas que mostram que conceitos como transpiração, fotossíntese e respiração ainda representam um desafio para os alunos, especialmente pela necessidade de entender as plantas como organismos que possuem fluxos distintos para diferentes substâncias (Trazzi e Oliveira, 2016).

Estratégias de ensino como experimentos práticos, simulações ou modelos visuais que demonstram o movimento da água pelo xilema, acionado pela transpiração, poderiam ajudar a corrigir essas confusões e promover uma compreensão mais sólida.

Nessa perspectiva, Silva (2020) e Vital *et al.* (2024) abordaram sobre a condução de água na planta, demonstrando o papel da capilaridade e da transpiração por meio de experimentos com flores brancas e corantes, em pesquisa com estudantes do Ensino Médio. Nesses estudos, ficou evidente que a experimentação foi fundamental para o entendimento da hidrodinâmica vegetal e promoveu o interesse e a curiosidade dos estudantes, essenciais para o desenvolvimento de habilidades investigativas e críticas.

Figura 5 - Percentagem de erros e acertos na questão 6; n = 12 alunos; barra verde = resposta correta; demais cores = respostas incorretas.



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Apenas uma pequena parcela dos alunos (16,7%) conseguiu identificar corretamente as propriedades de coesão e adesão entre moléculas de água como fundamentais para o transporte de água pelo xilema (Figura 5). A alternativa incorreta "capacidade de retenção de calor" escolhida por 25% dos estudantes sugere uma interpretação equivocada de processos biológicos que envolvem a água, onde a ideia de "calor" talvez tenha sido associada a processos de evaporação na transpiração, mas não está diretamente relacionado ao transporte no xilema. Já as respostas que mencionam "absorção de nutrientes" (16,7%) e "solvente universal" (41,7%) sugerem que os alunos podem estar procurando estabelecer associações com outros conhecimentos.

Lemos *et al.* (2024) apontam que o ensino de Fisiologia Vegetal envolve abstração e isso representa uma importante dificuldade para a maioria dos alunos. A compreensão das características de adesão e a coesão pode ser complexa, especialmente sem uma experiência prática ou visual que demonstre esses conceitos (Duarte, 2021). Além disso, a dificuldade na realização de atividades práticas, por exemplo, é outro grande obstáculo (Santos *et al.*, 2021).

O ensino da Fisiologia Vegetal apresenta deficiências e limitações que, em parte, são decorrentes de características intrínsecas à disciplina, uma vez que essa área do conhecimento botânico aborda temas às vezes abstratos e vias metabólicas relativamente complexas, o que dificulta a exploração desses conteúdos em sala de aula. Ultrapassar essa "barreira" vem sendo um dos grandes desafios de professores no ensino de Botânica, nos três níveis de ensino, Fundamental, Médio e Superior (Vasques *et al.*, 2021). A baixa compreensão das propriedades químicas e físicas da água que facilitam o transporte pelo xilema também sugere

uma falta de compreensão de conceitos fundamentais como coesão, adesão e tensão superficial, que são essenciais para o transporte da seiva.

Nascimento e Bessa (2021) constataram que os erros mais comuns relativos ao transporte de seiva bruta referem-se ao entendimento da Teoria da Adesão, Tensão e Coesão.

Importa destacar que o Questionário Diagnóstico foi aplicado no 2º semestre, mas esses termos e conceitos foram abordados no 1º semestre, ou seja, pouco tempo antes da aplicação dessa pesquisa. Com isso, supõe-se que, embora os alunos tenham estudado recentemente sobre este conteúdo em sala de aula, não conseguiram assimilar e ter um aprendizado significativo. Em suma, os resultados obtidos a partir do questionário diagnóstico destacam dificuldades dos estudantes em relação aos conteúdos de Fisiologia e Anatomia Vegetal.

5.2 Sequência Didática Investigativa (SDI)

Com o intento de organizar as discussões e as análises dos dados nessa seção, iremos apresentar os dados relativos a cada etapa da SDI e ao que foi desenvolvido em cada aula/momento e as respectivas resoluções das práticas investigativas desenvolvidas pelos estudantes participantes da pesquisa.

AULA 1- QUESTÃO-PROBLEMA

A primeira aula foi composta por quatro momentos distintos, a saber:

- 1º momento: Apresentação da questão-problema
- 2º momento: Questionamento e hipóteses
- 3º momento: Sensibilização/ Dinâmica
- 4º momento: Experimentação

1º MOMENTO

No momento 1, a turma foi dividida em grupos e a questão-problema foi apresentada por meio da distribuição pela professora/pesquisadora de um texto aos grupos:

Situação-problema: O mistério da água que sobe

Contexto: Imagine uma árvore imensa, como um eucalipto, crescendo em um parque perto de sua escola. Todos os dias, ela precisa transportar água e sais minerais desde o solo, passando pelo seu tronco alto, até as folhas no topo. Mesmo em dias quentes, em que muita água evapora das folhas, essa árvore continua a crescer e se manter verde. Como será que a água conseguirá subir tantos metros contra a força da gravidade? **Desafio para o grupo:** Vocês foram chamados para investigar como as plantas conseguem mover a água das raízes até as folhas, mesmo em alturas impressionantes. Para isso, explorem e respondam: **Quais são os processos que permitem esse movimento? Como forças internas e externas à planta remota para que ela consiga "desafiar a gravidade"?**

Fonte: A autora, 2025.

Após a leitura contextualizando a questão-problema, os grupos fizeram reflexões e questionamentos entre eles.

2º MOMENTO

O momento 2 foi aberto a questionamentos e indagações, logo após a professora solicitou aos grupos que anotassem as hipóteses. Com relação a essa proposta, percebeu-se uma inquietação por parte dos estudantes, inseguros ao levantar as hipóteses, pois conforme relato destes, essa abordagem do tipo investigativa não tinha sido aplicada anteriormente durante a vida escolar dos mesmos e também por não terem ainda conhecimento prévio a respeito da questão-problema. Esse fato foi constatado na questão discursiva do questionário diagnóstico (Tabela 1).

3º MOMENTO

No momento 3, correspondente à fase de sensibilização, os grupos foram conduzidos até a área verde da escola e orientados a tocarem as árvores ali existentes, que no caso, foram os pequizeiros (espécie que faz parte do contexto escolar e do cotidiano do estudante) e, utilizando o celular e fones de ouvido, de olhos fechados, escutaram o áudio em formato Áudio “*Viagem ao interior da planta*” (Anexo 2), com música suave ao fundo (Figura 4).

Figura 6 - Alunos em atividade de sensibilização ambiental tocando o tronco do pequizeiro enquanto escutam áudio educativo sobre a importância da árvore para o ecossistema local



Fonte: A autora, 2025.

Apresentar diferentes estratégias que ajudem na construção do conhecimento é primordial para que o processo de ensino e aprendizagem ocorra de forma efetiva. Dentre as estratégias citadas para aproximar os conteúdos de Botânica dos estudantes, destaca-se a exploração das espécies vegetais presentes no local onde residem. Conforme afirmam Freitas *et al.* (2017), essa é uma forma de proporcionar ao aluno a construção do pensamento crítico e a percepção do ambiente no qual está inserido.

A ideia de introduzir essa atividade de sensibilização na SDI partiu da ideia de que ao utilizar órgãos dos sentidos, como a visão e a audição constituem-se numa maneira de conectar os alunos de forma prática e sensorial ao tema do transporte de água e sais minerais nas plantas, além de criar um ambiente que estimula a imaginação e a curiosidade, fundamentais para uma aprendizagem significativa.

O áudio permitiu que os estudantes “viajassem” pelo interior das plantas, o que é um recurso valioso para ajudar a visualização mental de um processo que é invisível a olho nu. Conforme os relatos dos alunos, esse contato com uma árvore que faz parte do contexto deles combinado com a experiência auditiva, auxiliou-os a entender melhor o percurso da água

desde as raízes até as folhas, que até então desconheciam como se dava esse processo, visto que era uma atividade de sensibilização que antecedia as etapas de investigação.

De modo a explorar as percepções dos grupos, a professora solicitou que compartilhassem o que imaginaram ou visualizaram durante a atividade, lançando as perguntas: “*Como vocês imaginaram a água se movimentando dentro da planta?*”; “*O que mais chamou a atenção durante o áudio?*” foram comuns as expressões: “*Nossa, que legal! Nunca havia tocado numa árvore pensando dessa forma*”; “*Professora, eu nunca imaginei que aqui dentro nesse momento estaria acontecendo tanta coisa para manter esse pequizeiro vivo*”; “*Eu nem imaginava a planta realizando todos esses processos*”. Ao passo que os grupos foram discutindo, a professora complementava suas ideias, no entanto, sem antecipar a resposta à pergunta problematizadora.

Embora o foco deste estudo não fosse necessariamente o uso do Jardim Sensorial e nem ter dentre os estudantes participantes dessa pesquisa que apresentasse algum tipo de deficiência, é crescente o número de pesquisas científicas que demonstram as contribuições em ensino de Botânica utilizando Jardim Sensorial, similar à atividade aplicada nesta pesquisa.

De acordo com Silva e Libano (2014), o Jardim Sensorial pode funcionar como um espaço não formal capaz de possibilitar o ensino dos conceitos relacionados à natureza, à biodiversidade e ao conhecimento ambiental por meio dos sentidos. Essa abordagem didática vai além da descrição construtiva de um espaço de jardinagem com finalidade sensorial, o ambiente é propício para o ensino de Botânica de forma inclusiva (Santos *et al.*, 2024).

4º MOMENTO

Após o momento de sensibilização, os grupos foram reconduzidos ao laboratório de Biologia para realizarem a próxima etapa, relativa ao 4º momento, no qual os estudantes realizaram a parte investigativa. Os grupos realizaram a montagem e o acompanhamento dos experimentos para testar as hipóteses levantadas.

A professora disponibilizou os protocolos experimentais sobre a bancada e cada grupo sob supervisão da mesma, realizaram a montagem do potômetro conforme os protocolos elaborados.

Figura 7 - Estudantes montando um potômetro para medir a transpiração das plantas em atividade prática de laboratório



Fonte: A autora, 2025.

AULA 2- SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS/ANÁLISE DOS DADOS

5.1 Análise dos dados do experimento potômetro

Para que cada grupo de alunos pudessem acompanhar as observações do potômetro sob as variáveis estudadas durante um intervalo de 30 minutos, as medições ocorreram a cada 10 minutos, conforme as tabelas a seguir:

Tabela de observação do potômetro

Tabela 1: Sol + vento

Qtd de folhas no ramo	Tempo (min)	Volume inicial de água (mL)	Volume final de água (mL)	Deslocamento da água (mL)
	0	0		
	10			
	20			
	30			

Tabela 2: Sombra sem vento

Qtd de folhas no ramo	Tempo (min)	Leitura Inicial (mL)	Leitura Final (mL)	Deslocamento da Água (mL)
	0	0		
	10			
	20			
	30			

Cálculo da taxa de transpiração:

- Determine a quantidade de água absorvida pela planta no intervalo determinado (diferença no nível de água na pipeta).
- Calcule a taxa de transpiração em mililitros por minuto (ml/min) para cada tratamento
- Compare as taxas de transpiração dos dois tratamentos.
- Analise as diferenças observadas e discuta as possíveis razões para essas diferenças (e.g., aumento da evaporação devido ao calor do sol e vento, redução da transpiração na sombra sem vento).
- Prepare um relatório detalhado com os métodos, dados coletados, cálculos realizados e conclusões.
- Inclua gráficos que representem visualmente as taxas de transpiração sob as duas condições testadas.
 - Perguntas investigativas para orientar a observação dos resultados
 - O que acontece com a água neste experimento? Como você explicaria isso?
 - Qual a importância de se realizar o corte do caule em 45° e debaixo d'água?
 - Quais estruturas vegetais estão envolvidas neste processo fisiológico e qual a importância de cada uma?
 - Houve diferença no resultado quando se utilizou ramos com folhas expostas ao calor e vento em relação aos ramos expostos à sombra e sem vento? Explique.

5.1.1 Resultados do experimento do potômetro

Este experimento teve por finalidade trabalhar com os alunos através da observação do potômetro a taxa de transpiração utilizando galhos da espécie *Caryocar brasiliense* (pequi) em 2 ambientes extremos, um controlado (na sombra e sem vento, dentro do laboratório)(Figura 6), e outro fora do laboratório(sol e vento) (Figura 7) permitindo, dessa forma, demonstrar a função dos estômatos para o controle dessa resposta fisiológica, além de

monitorar e registrar os dados com os experimentos para a obtenção de resultados que permitiram a discussão e conclusão sobre o tema.

Figura 8 - Potômetro sob a variável sombra e sem vento



Fonte: A autora, 2025.
Experimento montado pelos estudantes

Figura 9 - Potômetro sob a variável sol e vento



Fonte: A autora, 2025.
Experimento montado pelos estudantes

A partir do potômetro, os alunos conseguiram ver na prática que fatores como luz, temperatura e umidade podem influenciar o processo transpiração e consequentemente o transporte de água na planta. A partir da observação, os estudantes visualizaram o fenômeno como a transpiração não como algo abstrato, mas como uma dinâmica real que ocorre nas plantas ao seu redor.

Durante a observação e interpretação dos dados, os alunos mediram a taxa de transpiração da planta e fizeram observações detalhadas sobre a perda de água. Ao preencherem a tabela, a professora fez a mediação, destacando a importância de registrar e interpretar esses dados, incentivando os alunos a relacionarem o volume de água "perdido" com as condições ambientais. No intento de fomentar a discussão e ajudar a interpretar os dados da tabela, a professora lançou perguntas aos grupos como: "*O que acontece com a taxa de transpiração em ambientes mais secos?*"; "*Como a luz influencia a absorção e o transporte de água?*".

Ao passo em que os grupos refletiam sobre as indagações propostas, a professora orientou que realizassem a prática relativa à capilaridade utilizando flores brancas como forma de complementar os conhecimentos adquiridos até então.

5.1.2 Resultados do experimento sobre capilaridade no xilema

O experimento de capilaridade no xilema teve o objetivo de trabalhar com os alunos de forma investigativa a condução da água pelo xilema utilizando flores brancas e corantes, com a finalidade de que eles compreendessem a importância do sistema vascular para as plantas, além de demonstrar como ocorre o movimento da água com ênfase na observação das propriedades físicas de adesão e coesão.

Assim como o experimento do potômetro, o experimento de capilaridade também foi submetido a dois tratamentos, um na sombra e outro no sol.

Figura 10 - Experimento de capilaridade em flores brancas submetidas a diferentes condições de luminosidade (sombra e sol)



Fonte: A autora, 2025. Fig. 10A - Estudantes em prática experimental de capilaridade em flores; Fig. 10B - Resultado final da absorção de corantes nos tratamentos “sombra” e “sol”; Fig. 10C - Flor submetida ao tratamento em sombra; Fig. 10D - Flor submetida ao tratamento em sol.

Os tratamentos aos quais as flores brancas foram submetidas permitiram aos grupos discutirem sobre a influência da temperatura na transpiração e associarem ao transporte de água e sais minerais. Divididos em grupos, os estudantes imergiram as flores brancas em corantes azul e vermelho (Figura 10A), sendo que o grupo 1 submeteu o experimento ao tratamento de sombra e o grupo 2 ao tratamento de sol. O resultado final está representado na Figura 10B.

Ao realizarem essa prática percebeu-se o encantamento, o entusiasmo e a curiosidade dos estudantes ao analisarem o resultado final, com as pétalas antes brancas, serem substituídas pelas tonalidades vermelha e azul. Esse interesse por parte dos alunos nas explanações também foi observado por Falcão e Falcão Sobrinho (2014) que comentaram em seu trabalho que os discentes participaram com indagações, perguntas, demonstrando sensações de espanto e empolgação, bem como de curiosidade frente a novos recursos didáticos utilizados (exposição de pinturas, experimentos, exposição de maquetes, etc.).

Nas flores que foram mantidas à sombra, houve menor transpiração e o transporte da solução colorida ocorreu de forma mais lenta, deixando as flores menos tingidas (Figura 10C). Como essa atividade foi realizada em um dia bastante quente, o resultado foi bem rápido, em menos de 20 minutos, sobretudo o tratamento que foi mantido sob luz solar (Figura 10D), pois em temperaturas altas, a perda de água pela transpiração é maior, criando assim um gradiente de pressão mais intenso, que puxa a solução colorida para cima, através do xilema, com maior eficiência.

Ao final dos experimentos, a professora incentivou ainda uma discussão final, com perguntas reflexivas, como *“Por que a água precisa subir até as folhas?”*; *“Como o ambiente influencia o transporte de água dentro das plantas?”*. Essa troca de ideias permitiu que os alunos expressassem suas dúvidas, explorassem as causas e efeitos do processo e fortaleceram o entendimento sobre como a água e os nutrientes são essenciais para a vida das plantas.

Vários estudos têm afirmado à importância da utilização de aulas práticas utilizando experimentos simples para contextualizar o conteúdo. Ao serem apresentados aos experimentos, os discentes se tornam mais ativos e mais interessados no tema a ser estudado, fazendo reflexões e facilitando o aprendizado (Weber *et al.*, 2017). Ainda sobre experimentos práticos, “uma das grandes vantagens das atividades experimentais é a possibilidade de, através delas, discutir como a ciência está relacionada à tecnologia presente no cotidiano dos alunos, as relações sociais associadas à produção do conhecimento científico” (Interaminense, 2019, p. 80), despertando a percepção de como as implicações ambientais decorrem da atividade científica.


Para consolidar essa etapa da sistematização dos conhecimentos, a professora realizou a mediação entre os grupos explicando que os experimentos do potômetro e a capilaridade reforçavam visualmente o conceito de que o xilema é responsável pelo transporte de água das raízes para as folhas. A mesma destacou ainda o papel das forças de coesão e adesão, que foram inicialmente elencadas na atividade sensorial, como essenciais para a

"subida" da água pela planta. Essa abordagem foi fundamental para esclarecer que o xilema atua quase como uma rede de "tubos" dentro da planta, transportando água até as folhas, onde ocorre a evaporação.

AULA 3- CONTEXTUALIZAÇÃO/OBSERVAÇÃO ANATÔMICA DO ESTÔMATO E XILEMA

A Anatomia Vegetal foi melhor explorada na aula 3, a qual foi destinada à contextualização e observação anatômica do estômato e xilema. Para tanto, utilizou-se da metodologia ativa do tipo rotação por estações, de modo a garantir um fluxo organizado e eficiente nos espaços do laboratório de Biologia. Assim, os alunos tiveram a oportunidade de participar de todas as atividades planejadas, as quais foram distribuídas em cinco estações distintas conforme a distribuição das atividades a seguir:

Quadro 2. Descrição das Estações de Aprendizagem relativas à Anatomia Vegetal.

Estação/Tempo	Atividade	Objetivo	Materiais	Procedimento	Instruções
Estação 1 (10 min.)	Visualização dos estômatos ao microscópio	Observar e identificar estômatos em lâminas previamente fixadas.	Microscópios, lâminas preparadas contendo cortes histológicos, blocos de anotações.	Usar microscópios para visualizar estômatos na epiderme abaxial da folha do pequizeiro a partir de corte histológico paradérmico. Desenhar o que observarem e anotar as características principais.	1. Observar e desenhar os estômatos. 2. Comparar as observações com diagramas fornecidos e discutir as funções das estruturas observadas.
Estação 2 (10 min.)	Vídeo educativo sobre abertura e fechamento dos estômatos	Complementar o aprendizado prático com informações teóricas sobre a função e estrutura dos estômatos.	Smartphone, fones de ouvido, vídeo https://www.youtube.com/watch?v=CxQ30qbVmcA 	Assistir ao vídeo explicativo sobre a abertura e fechamento dos estômatos e sua função na planta. Responder a questões contidas no vídeo para reforçar o conhecimento adquirido.	1. Assistir ao vídeo sobre estômatos. 2. Anotar pontos importantes durante o vídeo. 3. Responder às questões fornecidas no vídeo, discutindo as respostas em grupo. 4. Relacionar as informações do vídeo com as observações feitas na Estação 1.
Estação 3 (10 min.)	Modelo anatômico do estômato	Examinar e compreender a estrutura tridimensional de um estômato usando um modelo anatômico.	Modelo anatômico de estômato, folhas de atividades com perguntas.	Estudar o modelo anatômico do estômato, identificando suas partes (células-guarda, poro estomático etc.) e suas funções. Responder a perguntas sobre a estrutura e função dos estômatos.	1. Estudar o modelo anatômico do estômato. 2. Identificar as partes principais e suas funções. 3. Responder às perguntas do folheto sobre a estrutura e função dos estômatos. 4. Discutir em grupo a estrutura do estômato e suas funções na planta.
Estação 4 (20 min.)	Confecção e montagem de lâminas	Preparar e corar cortes anatômicos de folhas para observar o	Folhas frescas, lâminas e lamínulas,	1. Cortar um pequeno segmento da folha, incluindo uma nervura principal.	1. Ajustar o microscópio e observar as seções, identificando as células do xilema.

	histológicas	xilema na nervura, utilizando microscópio.	lâminas de barbear, pinças, pincel fino, corantes biológicos, água destilada, vidro de relógio, álcool (70% e 95%), glicerina, pipetas ou conta-gotas, microscópio.	<p>2. Fazer cortes transversais finos com lâmina de barbear.</p> <p>3. Transferir seções cortadas para o vidro de relógio com água destilada.</p> <p>4. Clarificar os cortes em hipoclorito de sódio a 50%.</p> <p>5. Colocar as seções em solução de fucsina por 1-3 minutos.</p> <p>6. Enxaguar em água destilada.</p> <p>8. Posicionar a seção corada no centro de uma lâmina.</p> <p>9. Adicionar uma gota de glicerina sobre a seção.</p> <p>10. Cobrir com lamínula e selar bordas com esmalte transparente (opcional).</p> <p>11. Observar ao microscópio, ajustando iluminação e foco.</p>	2. Fazer desenhos detalhados das estruturas observadas e anotar suas características.
Estação 5 (10 min.)	Observação do xilema (elemento de vaso) a partir de modelo didático em 3D.	Praticar a habilidade de desenho científico e identificar detalhes do elemento de vaso do xilema a partir de modelo didático.	Modelo didático do elemento de vaso em 3D, papel de desenho, lápis, borrachas, régua.	Observar modelo didático do elemento de vaso em 3D e fazer um desenho científico detalhado, incluindo legendas e descrições das partes observadas.	<p>1. Discutir sobre a função do elemento de vaso, explicar como a estrutura dos vasos facilita o transporte eficiente de água.</p> <p>2. Comparar o modelo 3D com imagens reais de cortes anatômicos de xilema coletados em específico.</p>

Fonte: A autora, 2025.

As atividades a serem realizadas nas 5 estações, foram planejadas e organizadas conforme demonstração da Figura 9 a seguir:

Figura 11 - Organização das estações de aprendizagem sobre estômatos e transporte de seiva xilemática (seiva bruta)



Fonte: A autora, 2025. Fig. 11A - Estação 1: Observação de estômatos ao microscópio; Fig.11B - Estação 2: Material de apoio com QR Code para vídeo educativo sobre abertura e fechamento dos estômatos; Fig. 11C - Estudante acessando o vídeo educativo da Estação 2; Fig. 11D - Estação 3: Modelo anatômico do estômato. Fig. 11E - Estação 4: Confecção e montagem de lâminas histológicas; Fig. 11F - Estação 5: Observação do xilema (elemento de vaso) com auxílio de modelo didático em 3D.

Em cada bancada do laboratório de Biologia foi disponibilizado o material a ser utilizado em cada circuito de aprendizagem e uma placa autoexplicativa incluindo o tempo previsto para cada atividade para propiciar a autonomia entre os grupos. Considerou-se que essa forma de organização em rotações permitiu que todos os alunos participassem ativamente de cada proposta sem sobrecarregar o ambiente colaborativo de estudo, contribuindo para um fluxo organizado e eficiente nos espaços.

5.2 Desenvolvimento das atividades das estações

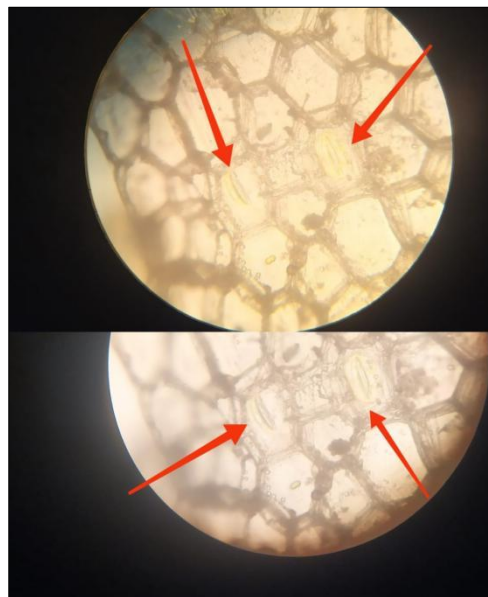
- **Estação 1.** Em lâminas previamente fixadas, confeccionada pela professora, a partir de corte paradérmico da folha do pequi, na estação 1 os estudantes visualizaram a estrutura anatômica do estômato (Figura 12), realizando a identificação dos mesmos (Figura 13).

Figura 12 - Estudante na Estação 1 observando estômatos da folha do pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) ao microscópio



Fonte: A autora, 2025.
Registros feitos pelos estudantes.

Figura 13 - Visualização microscópica dos estômatos da folha do pequizeiro (*Caryocar brasiliense*)



Seta vermelha: Estômatos em aumento de 40x.

Nesta estação da aprendizagem, os estudantes se depararam com uma novidade, a utilização do microscópio óptico, pois a maioria deles manuseou pela primeira vez e, apesar da dificuldade relatada pelos grupos, ainda assim, provocou bastante interesse e curiosidade entre os mesmos, gerando discussões e empolgação. Nesta atividade, além de observarem os estômatos ao microscópio, os grupos fotografaram, identificaram, fizeram desenhos e anotaram as características principais analisadas.

Importante destacar que o tempo estabelecido para a execução dessa atividade ficou comprometida, devido à necessidade de intervenção da professora para auxiliar os grupos no manuseio do microscópio.

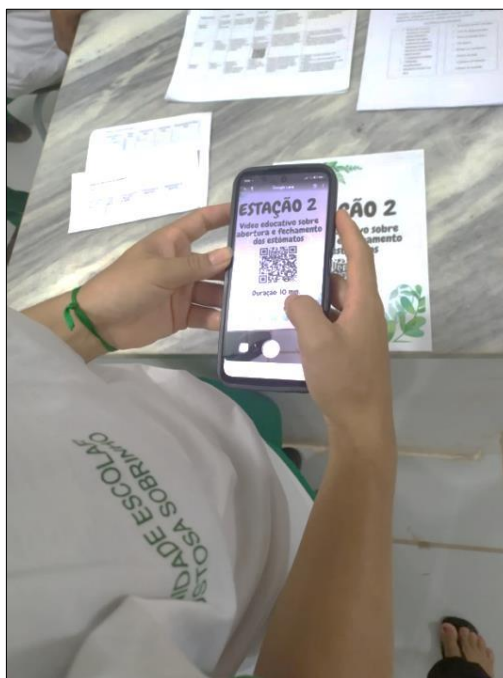
Com base nessas informações, percebe-se um hiato entre o que é ensinado no ensino fundamental e o Ensino Médio, aliás, retrata a dura realidade de que conhecimentos essenciais para a compreensão do mundo científico não estão sendo abordados, pois, a introdução sobre microscopia está prevista ainda no currículo do ensino fundamental. O ensino sobre o microscópio, suas partes e componentes (ótica e mecânica) e sobre os seus respectivos mecanismos de movimentos são reforçados na 1ª série do Ensino Médio. Essas aulas deveriam servir para inserir e familiarizar os estudantes na cultura disciplinar da Biologia no que tange ao manuseio correto do microscópio.

Esses dados corroboram a falta de contato com o microscópio no ensino básico relatado por Oliveira (2019). Na visão do autor, há uma baixa aderência da aplicação de aulas práticas no ensino básico, oriundas de problemas estruturais de muitas escolas que não possuem laboratório equipado com microscópios, bem como a falta de incentivo institucional e a sobrecarga de atividades do professor. Sousa *et al.* (2021) reforçam que a falta de investimentos inviabiliza a execução de aulas com microscópios nas escolas.

A introdução dos estudantes em procedimentos 'quase' científicos - como a preparação de lâminas e o desenvolvimento de habilidades de observação - torna-se não apenas a instauração de representações simbólicas no contexto didático, mas também uma aproximação do contexto científico que dá concretude aos processos de ensinar e aprender (Marandino; Selles; Ferreira, 2009, p. 105).

- **Estação 2.** Nessa estação, os alunos complementaram o aprendizado prático com informações teóricas sobre a função e estrutura dos estômatos a partir de um QR Code (Fig.14) fornecido, eles assistiram a um vídeo curto sobre estômatos e anotaram pontos importantes, além de responderem também às questões fornecidas no vídeo, discutindo as respostas em grupo.

Figura 14 - Estação 2: Estudante utilizando o celular para capturar o QR Code e acessar o conteúdo da atividade



Fonte: A autora, 2025.

Esta estação despertou bastante a curiosidade dos grupos, pois a atividade proposta

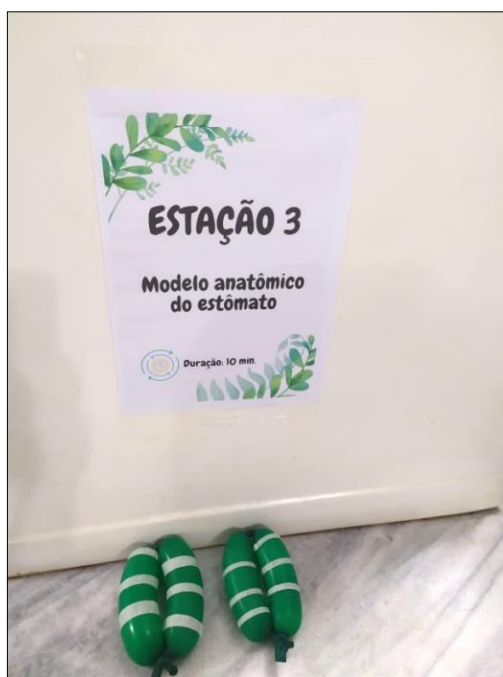
combinou diferentes formas de aprendizagem (aprendizado multimodal): visual (modelo didático do estômato e vídeo), auditiva (explicações no vídeo) e textual (anotações e divulgação), garantindo que diferentes estilos de aprendizagem sejam contemplados, beneficiando todos os estudantes.

A utilização de QR Code para acessar informações e vídeos demonstra como a tecnologia pode ser uma ferramenta eficaz para enriquecer o ensino. Ela torna o conteúdo mais acessível e dinâmico, especialmente para as gerações de estudantes acostumadas com recursos digitais.

Pesquisas como a de Zompero e Laburú (2010), defendem a ideia de que uma metodologia diferente no ensino que utilize os multimodos de representação melhora os resultados referentes ao aprendizado dos alunos e, que esta, vem ganhando espaço nas discussões e nas práticas educacionais, trazendo resultados positivos em relação à apreensão e assimilação do conteúdo.

- **Estação 3.** Os grupos estudaram o modelo anatômico do estômato a partir de um modelo 3D confeccionado com bexigas (Fig.15). Identificaram as partes principais e suas funções e por fim discutiram em grupo a estrutura do estômato e suas funções na planta.

Figura 15 - Estação 3: Visualização de um modelo 3D do estômato pelos estudantes



Fonte: A autora, 2025.

Durante as argumentações em grupos sobre a abertura e fechamento do ostíolo, os estudantes puderam compreender a importância dos estômatos no controle da transpiração, na

troca gasosa e na regulação hídrica das plantas.

O modelo didático elaborado permitiu que os alunos visualizassem e manipulassem essas estruturas, facilitando a compreensão de sua anatomia e funcionamento. O modelo didático serve como uma representação tridimensional da imagem retratada nos livros e é uma ferramenta muito importante para o entendimento do conteúdo (Souza *et al.*, 2021). Além disso, a manipulação de objetos aumenta a atenção dos alunos e melhora a compreensão acerca do espaço e das suas propriedades em relação ao mundo real (Turner *et al.*, 2017).

Estação 4. Nessa estação, os grupos realizaram a confecção e montagem de lâminas histológicas (Figuras 16A e 16B) para observar o xilema na nervura (Figura 17A), utilizando microscópio óptico. Após a confecção, os grupos identificaram as células do xilema (Figuras 17B e 17C), fizeram desenhos esquemáticos das estruturas observadas, anotando suas características com o auxílio de informações obtidas a partir do livro didático.

Figura 16 - Estação 4: Confecção e montagem de lâminas para observação microscópica

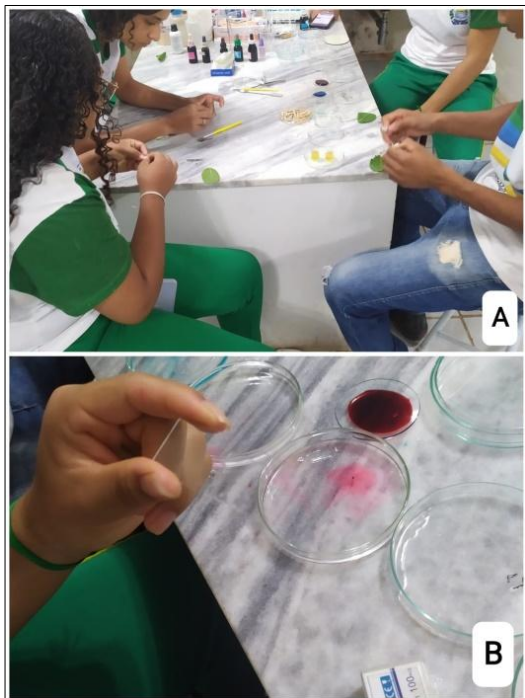


Figura 17 - Estação 5: Confecção de cortes foliares (A) e análise microscópica de lâminas semipermanentes montadas pelos estudantes, evidenciando elementos do xilema (C)



Fonte: A autora, 2025. **17 B** - Visualização microscópica em aumento de 10x; **17 C**- 40x.

No que se refere ao desenvolvimento de aulas práticas sobre Anatomia Vegetal relacionadas ao ensino de estruturas do sistema condutor e estruturas envolvidas na

fotossíntese por meio de lâminas e microscópios, Ambrosio *et al.* (2023, p.1) destacam que:

“A elaboração e desenvolvimento de uma aula teórico-prática proporciona maior interesse no conteúdo proposto, ou seja, a explicação teórica pode ser complementada com a observação no microscópio das características internas vegetais e suas estratégias de sobrevivência.”

O livro didático adotado na turma traz uma imagem colorida do xilema (Figura 14) e os grupos ficaram curiosos para saber como aquele corte e coloração eram obtidos.

Figura 18 - Representação esquemática de um feixe vascular em corte transversal do caule de *Cyperus papyrus*, destacando o xilema e o floema. Imagem extraída do livro didático adotado pela turma da 2ª série do Ensino Médio

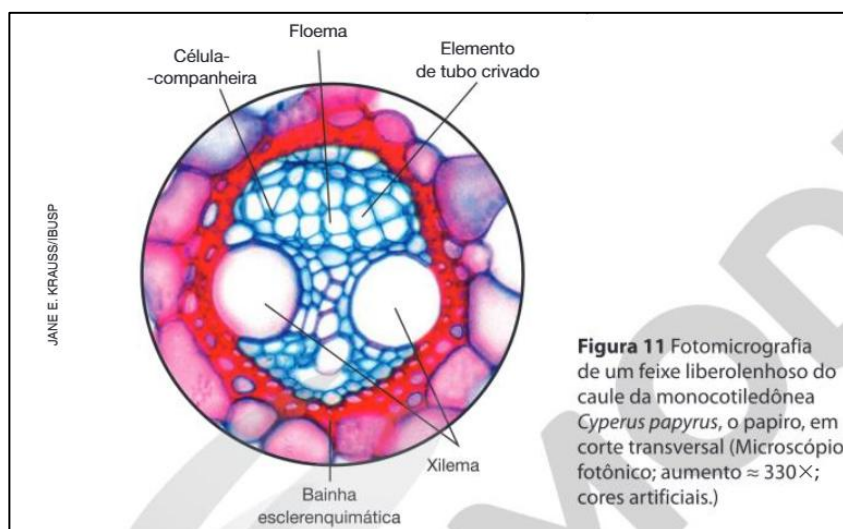


Figura 11 Fotomicrografia de um feixe liberolenhoso do caule da monocotiledônea *Cyperus papyrus*, o papiro, em corte transversal (Microscópio fotônico; aumento $\approx 330\times$; cores artificiais.)

Fonte: Livro didático da editora Moderna Plus (2020).

O fato de poderem confeccionar a própria lâmina, similar ao da imagem fornecida pelo livro foi motivo de muita empolgação entre os integrantes dos grupos e se tornou uma motivação ainda maior, pois, na concepção destes, seria intangível.

Durante a realização desta atividade, notou-se muito entusiasmo e empenho dos estudantes desde a confecção dos cortes, coloração e montagem das lâminas. Diferentemente das dificuldades encontradas na atividade envolvendo o microscópio óptico, relativa à estação 1, aqui na estação 4, os grupos já demonstraram maior autonomia quanto ao manuseio do mesmo. Ao observarem os cortes anatômicos elaborados por eles, se sentiram empolgados ao conseguirem êxito na proposta. A visualização dos cortes coloridos foi o momento em que mais chamou a atenção dos mesmos, pois estavam curiosos desde o início e com isso se sentiram realizados.

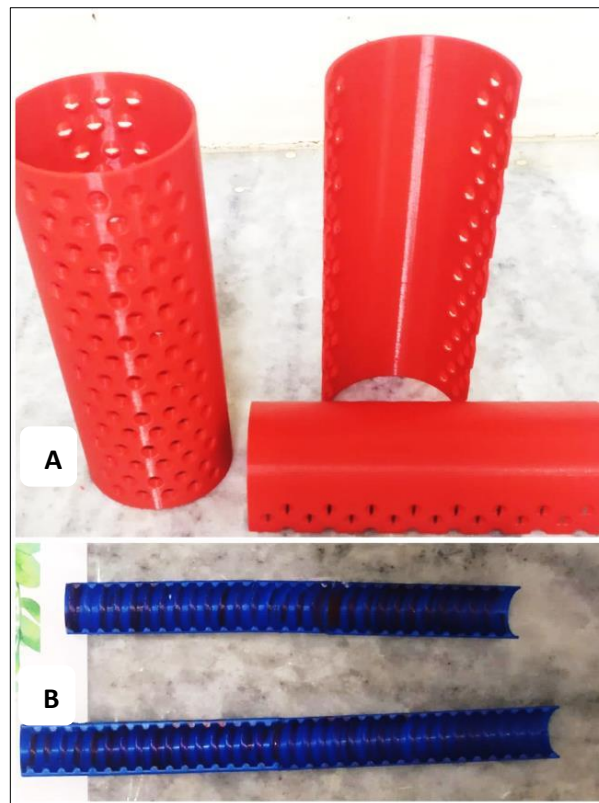
Aulas práticas com microscopia têm ganhado destaque para a aprendizagem das matérias de Ciências e Biologia (Barreto; Costa, 2017), uma vez que as tornam mais atrativas

e ilustrativas. Para Nicola e Paniz (2016), recursos diferentes dos convencionais podem ser grandes aliados dos professores e podem chamar a atenção dos alunos para que eles deem importância ao que está sendo estudado.

- **Estação 5.** Nesta estação, o objetivo foi promover a discussão sobre a função do elemento de vaso e da traqueíde, bem como explicar de que maneira a estrutura dos vasos xilemáticos facilitam o transporte eficiente de água.

Os modelos didáticos em 3D foram demonstrados (Figura 19) e explicados pela professora após a observação das lâminas histológicas no microscópio de luz, ocorrendo boa interação entre os estudantes.

Figura 19 - Modelo didático em 3D de elementos do xilema: (A) vaso pontuado e (B) vaso helicoidal



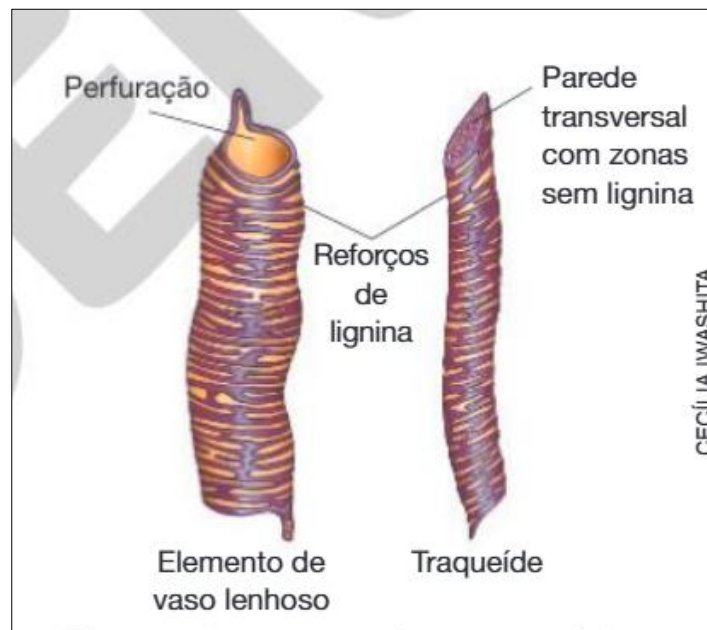
Fonte: A autora, 2025.

Os grupos realizaram a comparação do modelo 3D com as imagens reais de cortes anatômicos do xilema fotografados por eles na estação 4 e também com as imagens do livro didático.

Os estudantes demonstraram estranheza e desconhecimento das peças quanto aos termos, formato e função desempenhada pelas células do xilema (elemento de vaso e traqueíde), ainda que o livro didático adotado na turma ilustre esses componentes do xilema (Figura 20). Isso sugere que o conteúdo não foi ministrado pelo professor regente da turma ou

a abordagem foi superficial, ao ponto de não haver aprendizado significativo com relação ao ensino desse tópico.

Figura 20- Representação esquemática de componentes do xilema, evidenciando elemento de vaso lenhoso (à esquerda) e uma traqueíde (à direita)



Fonte: Ilustração do livro didático da editora Moderna Plus (2020).

Vale ressaltar que o livro didático constitui o recurso pedagógico mais utilizado no contexto de sala de aula para ensinar os conteúdos e as informações acerca do xilema são vagas, sendo elencado em apenas um parágrafo, sem muita ênfase conforme destaca a Figura 21 abaixo:

Figura 21- Página do livro didático adotado na turma da 2ª série, destacando o parágrafo com informações sobre o xilema e seus elementos

Tecidos condutores de seiva

As plantas vasculares, ou traqueófitas, apresentam dois tecidos condutores de seiva: o xilema, que conduz a seiva mineral (água e sais minerais) da raiz para as folhas, e o floema, que conduz a seiva orgânica, uma solução de substâncias orgânicas produzidas nas folhas, para as diversas partes da planta.

O **xilema** é composto basicamente de dois tipos de elementos condutores: **traqueídes e elementos de vaso lenhoso**. Ambos são constituídos de células mortas, das quais restaram apenas as paredes celulares espessas e impregnadas de lignina. Também fazem parte do xilema elementos não diretamente envolvidos na condução de seiva, como fibras, células parenquimáticas e células secretoras (Fig. 7).

O **floema**, também chamado liber (do latim *liber*, parte interna da casca), é constituído de dois tipos de elementos condutores da seiva orgânica: as **células crivadas** e os **elementos de tubo crivado**. Há também fibras e células acessórias que participam do transporte de seiva orgânica. Os elementos condutores do floema são células vivas mas que perderam o núcleo e a maior parte das organelas citoplasmáticas, restando nelas apenas retículo endoplasmático não granuloso, mitocôndrias e alguns plastos. As células condutoras floemáticas são nutridas por células acessórias (células companheiras e células albuminosas) (Fig. 8).

As células crivadas e os elementos de tubo crivado recebem essa denominação por apresentarem em suas paredes regiões com grande número de poros; tais regiões, por lembrarem um chuveiro, são denominadas áreas crivadas (crivos são os orifícios do chuveiro). Os poros das áreas crivadas são atravessados por finas pontes citoplasmáticas, os **plasmodesmos**, que se comunicam com células vizinhas ao floema.

Conforme Orlando *et al.* (2009) e Augusto *et al.* (2016), modelos biológicos tridimensionais são utilizados como facilitadores do aprendizado, permitindo que o estudante manipule o material visualizado na lâmina, complementando o entendimento do conteúdo escrito e as figuras dos livros-texto.

Do ponto de vista educacional, as tecnologias 3D podem ser vistas como uma importante ferramenta de apoio tanto para pesquisadores quanto para estudantes. A visualização através de modelos 3D auxilia na compreensão de processos complexos, pois ajuda na conversão de um conceito abstrato em um objeto visual que pode ser manipulado de forma tátil e mental podendo ser utilizado para facilitar atividades pedagógicas, aumentando a obtenção de resultados de aprendizagem (McClean *et al.*, 2005; Roberts *et al.*, 2005; Beltrame *et al.*, 2017).

Em um estudo de revisão de literatura realizado por Silva *et al.* (2022), foi observado que poucos estudos têm sido conduzidos na produção de modelos em 3D na área de Botânica. Destacando-se apenas 3 trabalhos, o de Palombini *et al.* (2017) que reconstruíram um modelo tridimensional de uma amostra de bambu da espécie *Bambusa tuldoides* utilizando a técnica de impressão em 3D, os autores focaram na reconstrução da parte externa do vegetal e o de Back (2019) que utilizando massa de biscoito e outros materiais de baixo custo e fácil acesso, confeccionou um modelo em 3D de células da folha do milho (*Zea mays*) a partir da imagem de um corte transversal, disponível no livro de botânica. O estudo dessa autora valorizou as microestruturas internas, sendo possível identificar e reproduzir em 3D várias estruturas anatômicas do vegetal, como cloroplasto, xilema, floema, estômato, epiderme, mesófilo, bainha vascular e câmara subestomática.

Mais recentemente ganha ênfase o trabalho de Oliveira e Carneiro (2024), que propuseram a confecção de 3 peças, priorizando para impressão, os elementos com maior abstração, incluindo dentre estas uma estrutura contendo a morfologia interna da folha (epiderme superior, parênquima paliçádico, parênquima esponjoso, xilema, floema, epiderme inferior e estômatos).

De acordo com Almeida *et al.*, (2015) o ensino de disciplinas abstratas como a Anatomia Vegetal, não deve ser pautado exclusivamente de forma teórica, mas sim integrados com métodos pedagógicos complementares a fim de desenvolver as competências de aprendizagem. Nesse contexto, o uso de modelos didáticos se mostrou efetivo no ensino de

assuntos complexos, como os elementos envolvidos no transporte da seiva xilemática (seiva bruta) além de despertar um maior interesse dos estudantes.

Ainda conforme os achados de Silva *et al.* (2022), sobre os modelos 3D, geralmente, são produzidos modelos clássicos de célula vegetal em comparação à célula animal para serem utilizados durante o conteúdo de citologia.

O fato de haver poucos estudos que incluam modelos 3D no estudo de Botânica, sobretudo ao de Anatomia Vegetal, aponta para a necessidade de investir em novas alternativas para estudo dos vegetais e aproveitar a tecnologia tridimensional disponível para desenvolver materiais didáticos que permitam ao aluno compreender a estrutura microscópica existente na vida das plantas, que vai muito além das características que são visíveis, palpável e mais comumente observável no dia a dia.

A utilização de diferentes procedimentos de ensino pode fomentar uma atitude reflexiva por parte do educando, na medida em que ofereça a este oportunidade de participação, nas quais vivencie uma variedade de experiências, seja solicitado a tomar decisões, fazer julgamentos e chegar a conclusões (Borges *et al.*, 2019).

Estudos envolvendo a utilização de peças em 3D dos elementos constituintes do xilema (elemento de vaso lenhoso com pontuações e helicoidal) não foram encontrados na literatura até o presente momento, sugerindo que este seja exclusivo.

AULA 4- GAMIFICAÇÃO/ATIVIDADES HOT POTATOES®

A aula 4 foi destinada à gamificação por meio de jogos virtuais, cuja proposta foi que os estudantes realizassem as atividades desenvolvidas a partir do Software Hot Potatoes.

Foram elaboradas três atividades a partir do Software Hot Potatoes® na modalidade JQuiz, JCloze e JCross, visando o fechamento da SDI. Para isto, questões e textos inéditos foram elaborados com base na literatura botânica mais recente, a partir dos quais foram construídas as atividades a seguir:

Figura 22 - JQuiz sobre o experimento Capilaridade

CAPILARIDADE

Quiz

Para cada questão, marque apenas uma alternativa.

Show all questions

1 / 8 =>

O que é capilaridade?

- A. ☐ a. O processo de coloração de líquidos.
- B. ☐ b. A capacidade de um líquido de subir em um tubo estreito, contra a gravidade.
- C. ☐ c. O movimento de partículas, se espalhando em um líquido.
- D. ☐ d. A capacidade de um líquido fluir em grandes espaços.

Fonte: A autora, 2025. Texto completo no Apêndice F.

Figura 23 - JCloze sobre o experimento potômetro

QUESTIONÁRIO SOBRE O EXPERIMENTO DO POTÔMETRO

Exercício de preencher lacuna

Preencha todas as lacunas e pressione "Verificar" para verificar suas respostas. Use o botão "Dica" para obter uma carta grátis se uma resposta estiver causando problemas. Você também pode clicar no botão "[?]" para obter uma pista. Observe que você perderá pontos se pedir dicas ou pistas!

O [?] é um dispositivo que mede a taxa na qual uma planta capta e perde água.

No experimento, o ramo com folhas do pequiizeiro teve o caule imerso em água ao ser cortado, a fim de [?] que entrasse ar no tecido condutor da seiva, que é o xilema. Se o ramo fosse cortado fora da água, poderia entrar bolha de ar no [?] e esta bolha dificultaria o fluxo da seiva, fenômeno chamado embolismo. Formou-se assim um sistema fechado, onde a água saiu da pipeta e [?] no ramo, seguindo até as folhas. Essa água foi dissipada a partir da [?] efetuada pelas [?] do ramo.

A [?] era graduada, possibilitando quantificar a [?] de água do sistema devido à [?] foliar. À medida que a planta transpira, ela perde água através dos [?] que são estruturas que controlam as trocas gasosas na planta. Esse processo demanda a absorção de água do sistema fechado para o caule, o que faz com que a bolha de ar seja deslocada para a direita.

A taxa de evapotranspiração pode ser influenciada por uma variedade de fatores ambientais, incluindo a [?] e a velocidade do(a) [?]. Para investigar como esses fatores afetam a evapotranspiração, foi realizado um estudo experimental com dois grupos de plantas: um exposto à(o) [?] e outro [?] ventilação proporcionada por um ventilador.

A partir do experimento foi possível constatar que as plantas expostas ao [?] vento apresentaram uma taxa de evapotranspiração [?] elevada do que as plantas sem ventilação. Isso sugere que o [?] da circulação do ar promovido pelo ventilador [?] a remoção da umidade das folhas, resultando em uma [?] taxa de transpiração. Uma possível explicação para isso é que o vento [?] a taxa de evaporação da água das folhas, mesmo em condições de temperatura mais moderada. Já as plantas expostas diretamente ao sol apresentaram uma taxa de evapotranspiração [?] alta do que as plantas expostas à ventilação, esses resultados sugerem que a [?] pode ter um efeito mais imediato e pronunciado na evapotranspiração do que a [?]. Isso pode ser explicado pelo fato de que o vento [?] o vapor d'água das folhas, enquanto a temperatura afeta a taxa de transpiração através da regulação dos estômatos.

Verificar resposta

Pista

Fonte: A autora, 2025. Texto completo no Apêndice G.

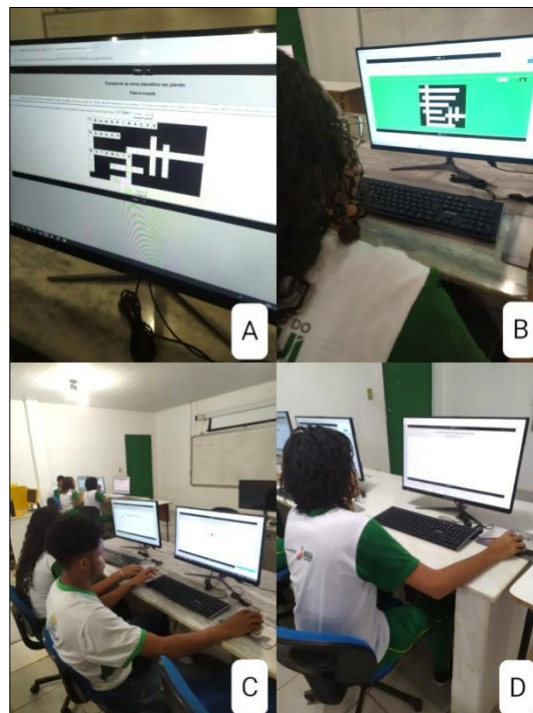
Figura 24 - Cruzadinha sobre termos relacionados ao transporte de seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas



Fonte: A autora, 2024. Texto completo no Apêndice H.

A aula 4 foi realizada no laboratório de informática, e, em cada computador foi disponibilizado o arquivo em html para que os estudantes tivessem acesso às atividades. De modo individual, os mesmos responderam às três atividades gamificadas (Figura 25).

Figura 25 - Estudantes interagindo com atividades gamificadas no laboratório de informática



Fonte: A autora, 2025. **A** -JQuiz sobre o experimento capilaridade; **B** - JCross termos relacionados ao transporte de seiva xilemática nas plantas; **C-D** JCloze sobre o experimento potômetro.

Essa aula foi dividida de modo a contemplar duas etapas: a gamificação e a proposta de avaliação, cada uma com o equivalente a 30 minutos. De modo geral, os educandos não tiveram dificuldade em manusear o computador, tampouco a de realizar as atividades, cumprindo a contento o tempo estabelecido.

Durante a realização desta etapa, percebeu-se que os estudantes se sentiram motivados e engajados ao resolverem as atividades gamificadas a partir das ferramentas interativas JQuiz, Jcross e Jcloze. Essas ferramentas do Hot Potatoes são intuitivas e fáceis de usar, permitindo que os alunos se concentrem no conteúdo sem dificuldades técnicas. Isso reduz a frustração e aumenta a satisfação. O intento ao sugerir as três propostas-desafio aos educandos, foi a de variar os games de modo a atender a diferentes estilos de aprendizagem, permitindo que os alunos explorassem o conteúdo de diversas maneiras, evitando, assim, a monotonia e também para manter o interesse ao longo das atividades.

Ao final de cada desafio, os estudantes recebiam feedback instantâneo da pontuação feita, permitindo que os mesmos soubessem imediatamente se acertaram ou erraram. Isso cria uma sensação de progresso e realização, motivando-os a continuar. A introdução de elementos de jogos, como pontuações, níveis e recompensas, permite que os alunos participem de atividades de maneira mais envolvente, favorecendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas, sociais e emocionais (Bem, 2023).

Estudos destacam a relevância da gamificação no ensino como uma estratégia eficaz para envolver e motivar alunos, transformando a experiência de aprendizagem em algo mais interativo e prazeroso. Essa abordagem auxilia na criação de um ambiente de aprendizado mais dinâmico, onde os estudantes se sentem desafiados a superar obstáculos, promovendo não apenas a assimilação dos conteúdos, mas também o desenvolvimento de competências como a criatividade, o pensamento crítico e a cooperação (Coelho, 2023).

Do mesmo modo, estudos recentes também indicam que competições acadêmicas não apenas motivam os alunos, mas também contribuem para o desenvolvimento de competências fundamentais para a vida profissional, incluindo a capacidade de trabalhar em equipe, o raciocínio lógico e a comunicação eficaz (Pattipeilohy *et al.*, 2024; Jaramillo-Mediavilla *et al.*, 2024).

Destarte, atividades gamificadas não apenas reforçam o conteúdo de forma dinâmica, mas também promovem motivação intrínseca (o prazer de aprender) e extrínseca (o desejo de vencer desafios ou competir). Com isso, os alunos experimentam um aprendizado mais leve, eficaz e significativo, contribuindo para um ambiente educacional mais envolvente e

produtivo.

A última sugestão dessa Sequência didática é a avaliação. Para tanto, os grupos foram orientados a desenvolver a atividade pós-laboratório que consistiu na elaboração de uma apresentação composta pela hipótese inicial com os resultados obtidos e com as justificativas que permitiram a validação ou não da sua hipótese proposta. Os grupos produziram *reels* e slides e enviaram no grupo Whatsapp da pesquisa.

Essa SDI permitiu ao professor trabalhar com seus alunos os seguintes elementos do ensino por investigação: discussão em grupo, elaboração de hipótese, monitoramento, coleta e registros dos dados, pesquisas bibliográficas e apresentação dos resultados obtidos. Cabe ao professor a responsabilidade de articular as diferentes modalidades didáticas para que tais objetivos possam ser alcançados (Rotta; Carvalho; Betrami, 2008).

5.3 Análise da questão subjetiva

Os resultados da questão subjetiva após a aplicação da SDI estão representados na Tabela 2.

TABELA 2. Respostas dos estudantes à questão discursiva: “Como a planta consegue superar a gravidade para levar a água das raízes até as folhas? A altura da planta influencia?”

Estudante (E*)	RESPOSTAS**
E1	Ela supera a gravidade a partir de tubos bem finos elevando a água para cima.
E2	Por meio da transpiração.
E3	Ela consegue levar a água da raiz até as folhas graças uma combinação de vários fatores.
E4	Acho que através de algum filtro que tem dentro da folha e do caule, ela transpira água.
E5	Através do xilema, um tecido condutor de água e sais minerais.
E6	Ela consegue superar a gravidade com uma mistura de coisas como a transpiração, etc
E7	Evapotranspiração da água pelos estômatos.
E8	As raízes ajudam muito com a subida da água até as folhas.

E9	Capilaridade
E10	Eu não sei, talvez tenha tubos dentro da planta que faz a água subir.
E11	Evaporação
E12	A planta transpira pelas folhas e a água sobe.

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

*Os estudantes foram identificados como E1-E12 para preservar a identidade destes. ** Respostas dos estudantes transcritas na íntegra.

Os resultados apresentados para a questão discursiva: *“Como a planta consegue superar a gravidade para levar a água das raízes até as folhas? A altura da planta influencia?”* (Tabela 2) demonstram que quando comparadas às respostas antes da aplicação da SDI, na pós - aplicação, surgiram, nas respostas termos científicos como *"xilema"* (estudante 5), *"transpiração"* (estudantes 3, 12), e *"evapotranspiração"* (estudante 7). Isso mostra que os alunos não apenas ouviram os termos, mas os associaram ao transporte de água. Os dados indicam ainda que os estudantes adquiriram maior familiaridade com o tema, pois apenas uma resposta explicitamente indica dúvida (*"não sei"* do estudante 10), afirmando que a SDI aumentou a confiança dos alunos em responder.

Alguns alunos conectaram conceitos com mais clareza, como *“combinação de vários fatores”* (estudante 2) ou *“tubos finos elevando a água”* (estudante 1). Respostas como *"transpiração pelas folhas e a água sobe"* (estudante 12) indicam entendimento parcial do papel do gradiente de pressão gerado pela transpiração. Alguns alunos mantiveram concepções incompletas, como *"capilaridade"* isolada (estudante 9) ou *"evaporação"* sem relação clara com o processo total (estudante 11). Embora menos frequente, isso mostra que alguns aspectos do processo ainda não foram completamente assimilados.

Fazendo-se uma análise comparativa, antes da SDI, a maioria dos alunos não conseguiu fornecer respostas relevantes ou completas. Após a SDI, 10 de 12 alunos apresentaram avanços significativos, mesmo que algumas respostas ainda apresentem imprecisões. A SDI incluiu atividades como o experimento de capilaridade, potômetro e visualização dos estômatos, que ajudaram a ilustrar conceitos complexos, sugerindo que pode ter influenciado o aumento no uso de termos científicos.

Embora as respostas tenham sido melhoradas, algumas dificuldades permaneceram, conceitos como o papel específico da transpiração e o funcionamento integrado de fatores (coesão, adesão, pressão negativa) ainda não foram assimilados completamente por todos os

alunos, evidenciando assim, a necessidade de estudos adicionais para investigar os efeitos de práticas experimentais no desenvolvimento de habilidades científicas em longo prazo, avaliando seu impacto na compreensão de conteúdos complexos.

Fazendo-se uma comparação quantitativa acerca dessa questão, tem-se a seguinte análise:

Quadro 3. Comparação quantitativa das respostas fornecidas pelos estudantes antes e após a aplicação da Sequência Didática Investigativa à pergunta: “Como uma planta consegue superar a gravidade para levar a água das raízes até as folhas?”

Categorias de Resposta	Antes da SDI	Depois da SDI
Respostas corretas ou parcialmente corretas	2 (16,7%)	8 (66,7%)
- Referência à transpiração ou evapotranspiração	0 (0%)	3 (25%)
- Referência ao xilema	1 (8,3%)	2 (16,7%)
- Mencionam “tubos finos”, “capilaridade”, ou “combinação de fatores”	1 (8,3%)	3 (25%)
Concepções alternativas	5 (41,7%)	3 (25%)
- “Capilaridade” isolada	1 (8,3%)	1 (8,3%)
- “Evaporação” isolada	1 (8,3%)	1 (8,3%)
- “Filtros no caule ou folhas”	1 (8,3%)	1 (8,3%)
- “Canudinhos dentro da planta”	1 (8,3%)	0 (0%)
- Outros conceitos vagos ou imprecisos	1 (8,3%)	0 (0%)
Respostas indicativas de desconhecimento (“Não sei”)	5 (41,7%)	1 (8,3%)

Fonte: dados da pesquisa, 2025. n = 12 alunos.

Análise dos dados do quadro 1.

1. Antes da SDI:

- A maior parte dos alunos (41,7%) indicou não saber como ocorre o transporte de água contra a gravidade.
- Apenas 2 alunos (16,7%) tiveram alguma ideia correta ou parcialmente correta, mas com pouca clareza ou detalhamento.

2. Depois da SDI:

- O número de respostas corretas ou parcialmente corretas aumentou para 8 (66,7%), o que representa um avanço expressivo.

- Respostas mais completas, incluindo referências à transpiração, xilema e fatores como capilaridade, passaram a surgir com maior frequência.
- Houve redução significativa de respostas indicativas de desconhecimento (de 41,7% para 8,3%).

Os resultados mostram que a SDI teve um impacto positivo na aprendizagem, pois reduziu significativamente a quantidade de respostas vagas, incorporou vocabulário científico nas respostas, aumentou a integração dos conceitos fisiológicos (xilema, transpiração, capilaridade). Embora algumas concepções alternativas tenham persistido o avanço geral indica que a SDI foi eficaz na promoção de uma compreensão mais robusta do transporte de água nas plantas. Essas persistências podem ser exploradas em atividades futuras para corrigir os conceitos que ficaram subentendidos.

5.4 Análise do questionário de percepção do recurso educacional

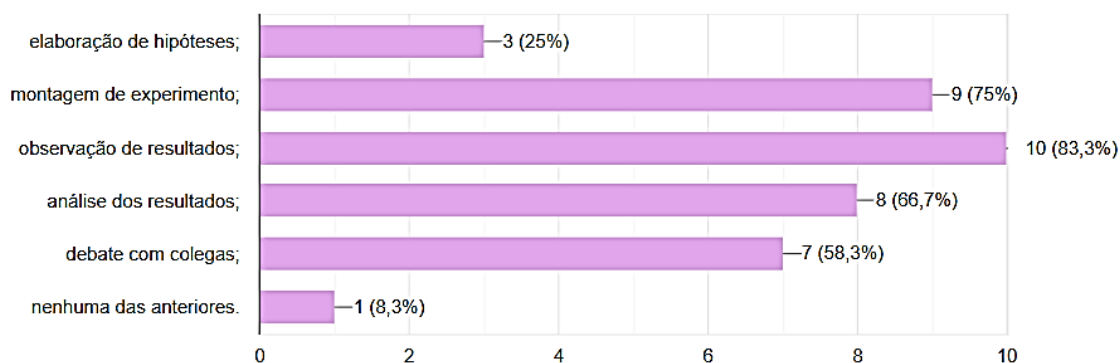
Das 6 questões que compuseram o questionário de percepção (Apêndice I), 5 delas foram elaboradas no aplicativo *Google Forms* e a última (6ª questão) pela plataforma *Mentimeter* cujos links foram encaminhados aos estudantes pelo grupo *WhatsApp*. A seguir são apresentadas as respostas obtidas em cada questão:

A pergunta 1 abaixo (Figura 26) foi aplicada para identificar aspectos que tiveram maior impacto no aprendizado dos estudantes bem como para revelar possíveis lacunas no desenvolvimento de competências investigativas.

Figura 26 - Percepção dos estudantes quanto à pergunta 1 do questionário

1. Em nossos encontros, desenvolvemos atividades investigativas.
Assinale as alternativas (pode ser uma ou mais) que considera que você desenvolveu nestas atividades:

12 respostas



Fonte: A autora (2025). Google Forms. n = 12 alunos.

Em primeira análise, o item correspondente à “*elaboração de hipóteses*” obteve baixa escolha. Percebe-se que os estudantes ainda não estão familiarizados com a estruturação de hipóteses, sugerindo dificuldade ou lacuna na compreensão e prática dessa etapa do método científico em sala de aula. Elaborar hipóteses não é tarefa fácil, essa habilidade exige não apenas conhecimento prévio, mas também prática e orientação para que os alunos consigam formular perguntas investigativas e transformá-las em suposições. Esse dado aponta que essa habilidade precisa ser aprimorada para atividades futuras.

A abordagem a partir do método científico é crucial para que o educando desenvolva o pensamento crítico, o desenvolvimento da capacidade prática de raciocínio e da necessidade de aprender a habilidade de pensar. Para Azevedo (2009), o método científico é um processo rigoroso pelo qual são testadas novas ideias acerca de como a natureza funciona, considerando as seguintes etapas: observação, pesquisa bibliográfica, hipótese, experiências e conclusões. Esses procedimentos entendidos à educação básica levarão o aluno a enriquecer a sua aprendizagem uma vez que o fará pensar e refletir, o que tem faltado em sala de aula de acordo com Azevedo (2009). Assim afirma (Azevedo, 2009, p. 05): “a rotina do dia a dia e os métodos de ensino em muitas escolas levam os alunos a perderem a capacidade de pensar”.

Ainda fazendo menção aos dados do gráfico, o item “*montagem de experimentos*” e a “*observação de resultados*”, com 4 respostas cada, mostram que os estudantes participantes se sentiram engajados durante as práticas experimentais, demonstrando curiosidade e interesse para ver os resultados. A “*análise dos resultados*” reflete que alguns alunos conseguiram ir além da prática e interpretar os dados encontrados, um passo essencial para o aprendizado investigativo. O “*debate com colegas*”, selecionado por apenas 1 estudante, aponta para uma possível necessidade de fortalecer momentos de interação e troca de ideias, que são fundamentais para consolidar o aprendizado em grupo e estimular o pensamento crítico.

De modo geral, os estudantes demonstraram ter desenvolvido habilidades inerentes ao método investigativo. Carneiro (2019) afirma que as atividades investigativas são importantes instrumentos pedagógicos, haja vista, estimularem os alunos a buscar soluções para problemas do cotidiano, aumentando o interesse no assunto tratado. Tal afirmativa é corroborada por Carvalho, Miranda e De-Carvalho (2021) que pontuam que as abordagens diferenciadas, quando aplicadas de forma adequada, podem favorecer uma aprendizagem mais significativa.

Quanto ao resultado para a pergunta 2 (*realizando as aulas práticas investigativas, você conseguiu observar aquilo que conhecia antes das aulas, sendo explicado agora de uma*

forma científica?), todos os estudantes responderam “sim”, indicando que as aulas práticas investigativas conectaram o conhecimento prévio dos alunos com conceitos científicos de forma clara e compreensível. Isso demonstra também que a abordagem prática e dinâmica das aulas possibilitou que os estudantes visualizassem e compreendessem questões que, anteriormente, eram apenas intuitivas ou superficiais.

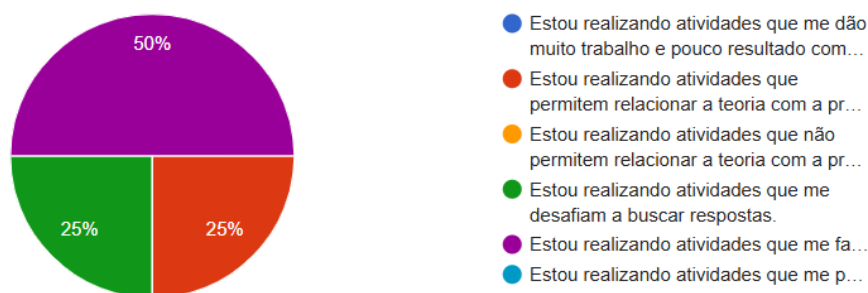
Esse resultado sugere ainda que as atividades propostas procuraram contextualizar o ensino relativo ao transporte de água e sais minerais na planta, favorecendo o aprendizado significativo. Segundo Thadei (2018) durante o processo de construção de conhecimento que é mediado pelo professor, é preciso experienciar práticas inovadoras com seu aluno. Isso reforça a importância de estratégias didáticas que integram o método investigativo e prático, pois essas abordagens têm o potencial de tornar o ensino mais relevante e envolvente, promovendo maior retenção e aplicação do conhecimento pelos estudantes.

Com relação à pergunta 3 (Figura 27), 50% dos estudantes responderam “*Estou realizando atividades que me fazem sentir protagonista das ações e aprofundar o meu conhecimento*”. Enquanto que 25% responderam “*Estou realizando atividades que me desafiam a buscar respostas*”. E os outros 25% “*Estou realizando atividades que permitem relacionar a teoria com a prática*”.

Figura 27- Percepção dos alunos relativa à pergunta 3

3. Realizando as práticas investigativas, qual a sua percepção como aluno sobre elas? Pode assinalar mais de uma alternativa.

12 respostas



Fonte: A autora, 2025. Plataforma Google Forms. n = 12 alunos.

Analisando as respostas obtidas, metade dos estudantes afirmou que as atividades os fizeram sentir protagonistas e os ajudaram a aprofundar o conhecimento. Isso reflete o sucesso da SDI em promover uma metodologia ativa, onde o aluno está no centro do processo de aprendizagem, participando de forma engajada e autônoma.

Um quarto dos estudantes viram as atividades como um desafio para buscar respostas, indicando que as práticas estimulam o pensamento crítico, a curiosidade e a investigação científica. Enquanto que o outro quarto dos estudantes destacou a relação entre teoria e prática, demonstrando que a SDI conseguiu traduzir conceitos abstratos em experiências concretas, facilitando a compreensão dos conteúdos. O aprendizado ativo, em relação aos métodos mais tradicionais, é mais eficaz por aumentar a compreensão dos alunos sobre conceitos difíceis de serem apreendidos (Gusc; Van Veen-Dirks, 2017).

Fazendo-se uma reflexão acerca dos resultados obtidos nessa questão, depreende-se que a predominância de estudantes que se sentiram protagonistas é um indicativo de que a SDI atingiu um dos principais objetivos de práticas investigativas: envolver os alunos de maneira significativa e transformá-los em agentes ativos do processo de aprendizagem.

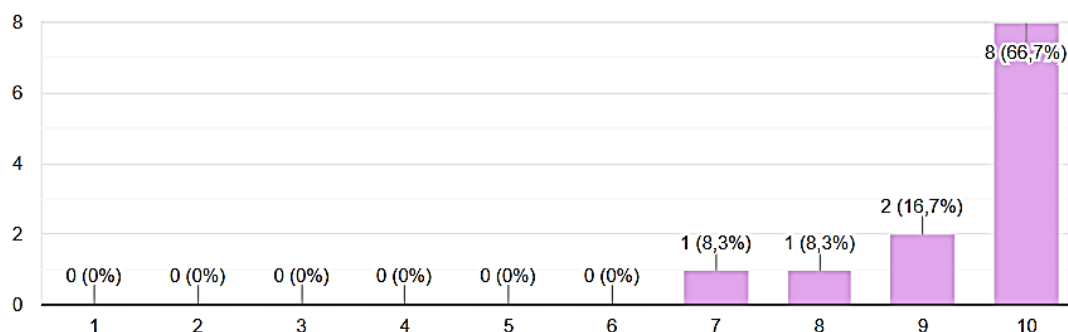
A utilização da Metodologia Ativa possibilita ativar o aprendizado dos discentes, colocando-os no centro do processo, em contraponto à posição de mero expectador, como propõe o método tradicional de ensino, que primeiro apresenta a teoria e dela parte, o método ativo busca a prática e dela parte para a teoria (Abreu, 2009).

A questão 4 abaixo (Figura 28) mediu o impacto pedagógico da SDI de modo geral, visando saber o nível de satisfação dos estudantes e a percepção de aprendizagem destes em relação às práticas investigativas aplicadas.

Figura 28- Percepção dos alunos relativa à pergunta 4

4. Em relação às atividades aplicadas, atribua notas de 0 (zero) - não gostou, não aprendeu nada) até 10 (dez) - gostou muito, aprendeu muito.

12 respostas



Fonte: A autora, 2025. Plataforma Google Forms. n = 12 alunos.

Conforme demonstrado no gráfico, a maioria dos estudantes respondeu ter aprendido muito com a estratégia didática abordada. As aulas foram diversificadas e utilizou-se de método ativo em todas elas.

É desafiador manter o aluno concentrado nas aulas e o uso de metodologias ativas tem se mostrado uma ferramenta capaz de aumentar o nível de aprendizado dos alunos. A maioria dos relatos com experiências na aplicação das metodologias ativas está associada às TDIC - Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. Indiscutivelmente, o uso de recursos da Tecnologia da Informação (TI) para aplicar os mecanismos e estratégias das Metodologias Ativas torna a experiência mais dinâmica e enriquecedora (Oliveira *et al.*, 2023).

A tabela abaixo traz o resultado da percepção dos estudantes com relação às atividades realizadas na SDI.

Tabela 3. Resultados da pesquisa de satisfação dos alunos sobre atividades investigativas

Atividade	Nota	Número de alunos
Experimento prático de capilaridade	10	11
	9	1
Atividades no laboratório de Biologia	10	11
	9	1
Dinâmica de sensibilização	10	10
	9	2

Fonte: A autora, 2025.

Fazendo uma análise da tabela acima, percebeu-se que os estudantes demonstraram maior interesse pela atividade de capilaridade utilizando flores brancas e corantes e também pelas atividades realizadas no laboratório de Biologia.

Esse resultado permite inferir que essas atividades despertaram a curiosidade dos alunos, pois observar flores mudando de cor gera surpresa e interesse, criando uma experiência mais tangível ao estudante, já a série de atividades desenvolvidas no laboratório rompeu com a rotina da sala de aula tradicional, tornando o processo mais dinâmico em que os alunos foram participantes ativos do processo, e não apenas ouvintes passivos. Essa

autonomia no aprendizado gera um senso de protagonismo, como indicado nas percepções de alguns estudantes.

A seguir, os gráficos 29, 30 e 31 trazem os resultados da percepção dos estudantes quanto às atividades gamificadas que foram elaboradas a partir do software Hot Potatoes:

Figura 29 - Percepção dos alunos relativa ao estudo dirigido com lacunas (JCloze)

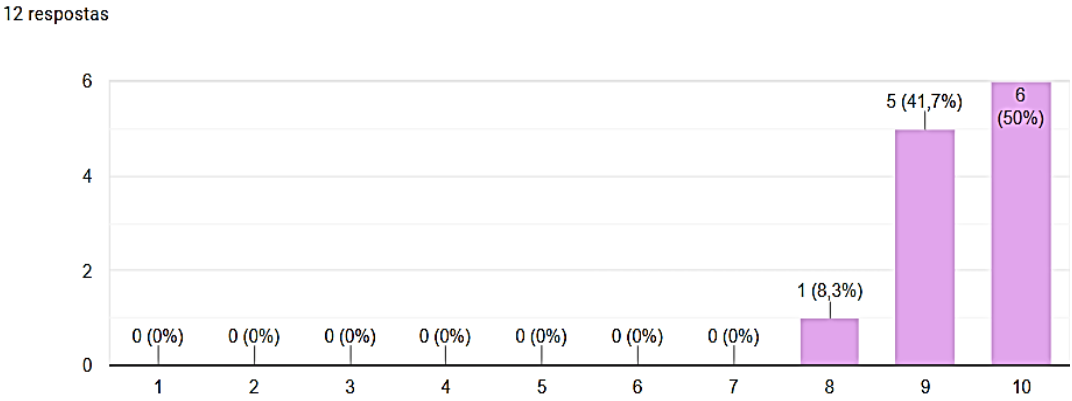


Figura 30- Percepção dos alunos relativa ao jogo de palavra-cruzada (JCross)

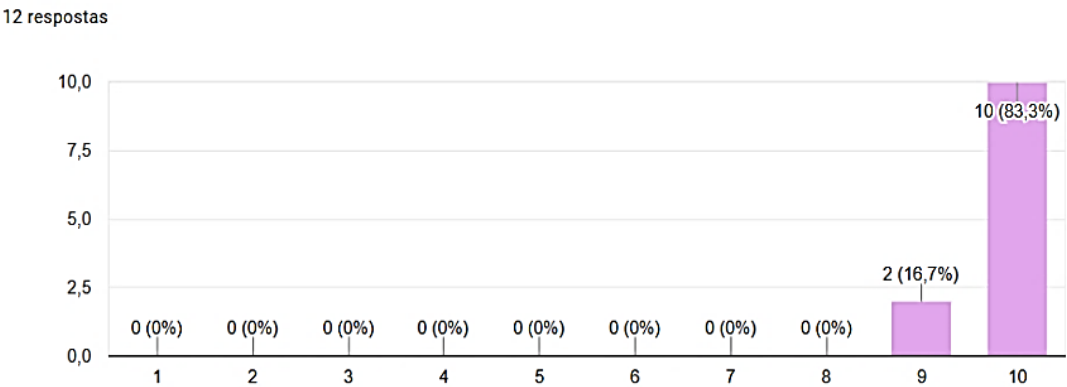
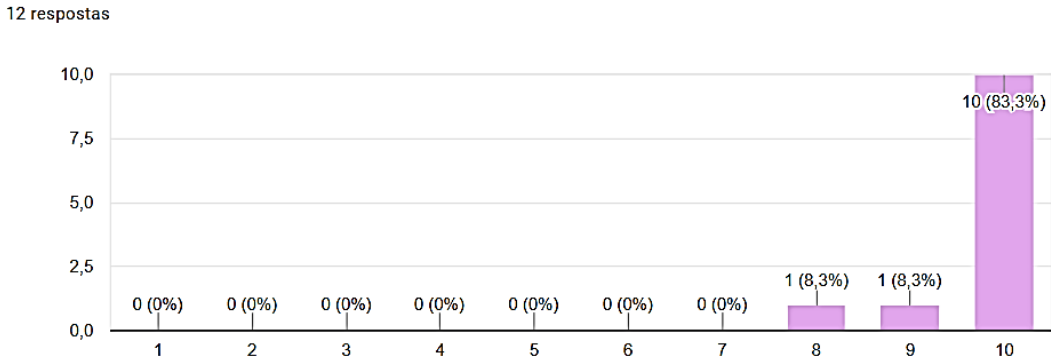


Figura 31 - Percepção dos alunos relativa ao jogo de perguntas e respostas (JQuiz)



Fonte: A autora, 2025. Plataforma Google Forms. n = 12 alunos.

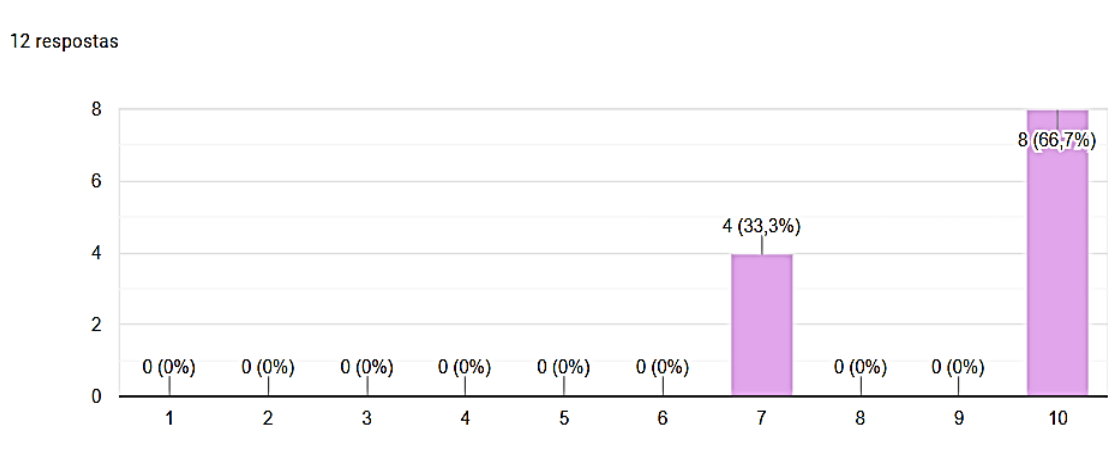
Embora os três gráficos nos tragam dados positivos, destaca-se que dentre as três atividades, os alunos demonstraram ter gostado mais de desenvolver o jogo de palavra-cruzada (Figura 30) e também do Quiz (Figura 31). Essas escolhas podem ser justificadas porque resolver palavras-cruzadas é uma atividade interativa que incentiva o raciocínio lógico e a busca ativa de conhecimento. A sensação de "desvendar" as palavras promove um engajamento lúdico. Já os quizzes, muitas vezes introduzem um elemento de competição saudável, mesmo que implícito, e isso motiva os estudantes a participarem ativamente. Além disso, os quizzes oferecem *feedback* imediato sobre as respostas, permitindo que os alunos reconheçam seus acertos e erros, o que é estimulante e reforça o aprendizado.

A respeito da gamificação, é notório a constante presença dos dispositivos digitais e jogos eletrônicos na vida cotidiana dos estudantes. De acordo com Pituba (2024), esse tipo de abordagem pode oferecer uma série de benefícios que contribuem para aprimorar o processo educacional. Dentre esses benefícios, destaca-se o aumento do engajamento dos alunos.

A natureza divertida dos jogos prende a atenção dos jovens de forma eficaz, promovendo assim, uma participação mais ativa nas atividades escolares. A gamificação nas escolas faz com que os discentes se beneficiem de uma grande variedade de ferramentas que oferecem suporte ao design e a implementação de experiências educacionais divertidas e envolventes (Pituba, 2024).

A Figura 32 abaixo traz os dados relativos quanto à percepção dos estudantes sobre a aula expositiva. Conforme observado, dos 12 alunos que responderam ao questionário, quatro deles deram nota sete quanto ao quesito “*aula expositiva*”.

Figura 32- Percepção dos estudantes quanto à aula expositiva



Fonte: A autora, 2025. Plataforma Google Forms. n = 12 alunos.

Considera-se que esse conceito está inferior em comparação com as outras atividades em que foi aplicado o método ativo, as quais receberam notas mais altas. Esse dado sugere que, para esses estudantes, a aula expositiva teve menor impacto em termos de engajamento, interesse ou aprendizado adquirido.

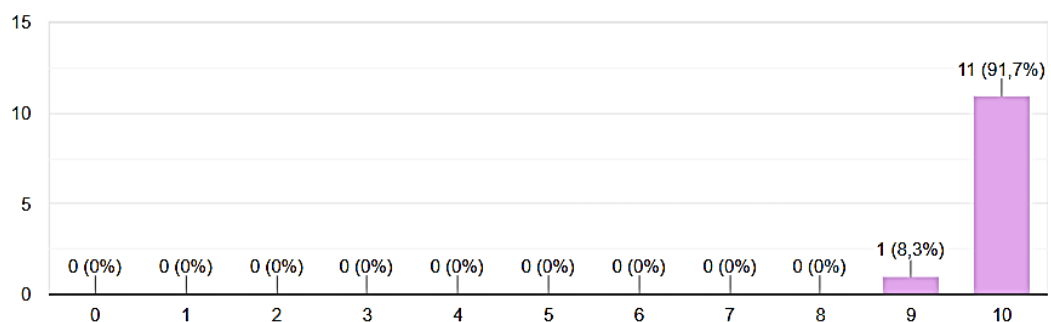
A aula expositiva, por ser um método mais tradicional e menos interativo, pode não ter gerado o mesmo nível de envolvimento que atividades práticas ou gamificadas, que tendem a ser mais dinâmicas. Nesse sentido, Silva (2017), destacou que este modelo de ensino teve e continua a ter sua importância para o processo educativo, todavia, a sociedade passou por mudanças comportamentais radicais devido ao avanço das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Considerando que os alunos contemporâneos já não são mais os mesmos para os quais o sistema educacional foi criado, as pesquisas apontam que o método tradicional de ensino, por si só, já não é mais capaz de atender as demandas do aluno contemporâneo. Desta forma, apenas o método convencional/tradicional de ensino, como aulas meramente expositivas, por si só, já não é mais capaz de atender as demandas educacionais contemporâneas (Silva, 2017).

A pergunta 5 visou sobre a percepção dos estudantes quanto a utilização das tecnologias virtuais para a aprendizagem (Figura 33). As respostas se concentraram no conceito 10, e apenas um estudante deu conceito 9, como demonstrado na Figura 19, sendo considerado um dado satisfatório.

Figura 33- Percepção dos estudantes a utilização das tecnologias virtuais para a aprendizagem

5. Indique a relevância(importância) da utilização das tecnologias virtuais para sua aprendizagem:

12 respostas



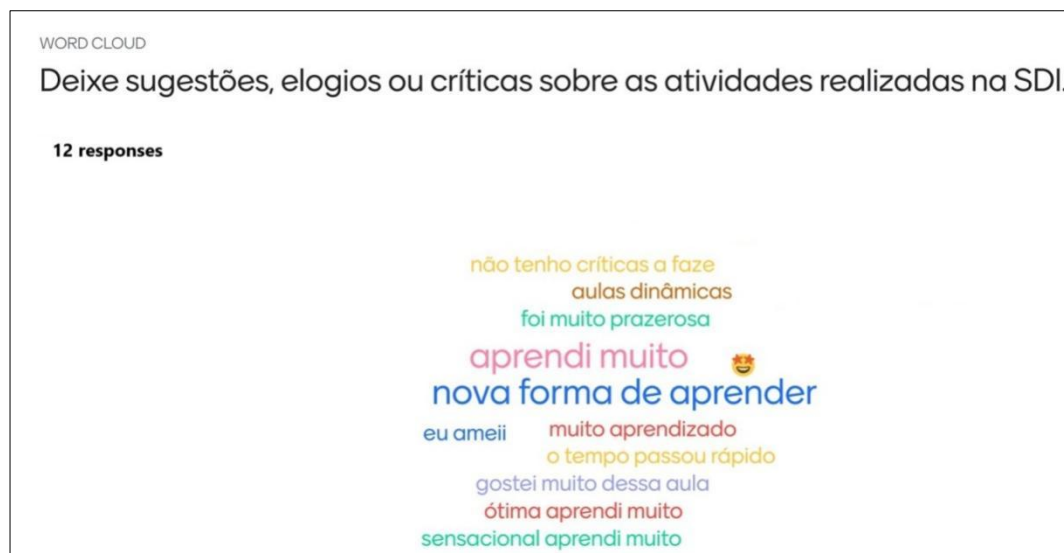
Fonte: A autora, 2025. Plataforma Google Forms. n = 12 alunos.

Esses dados corroboram com os estudos de Ramos *et al.*, (2023) que ao investigar como as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) são utilizadas no ensino dos conteúdos de Botânica na educação básica e no ensino superior, constatou que a utilização das TIC's está se tornando cada vez mais comum no ensino/aprendizagem de Botânica.

Do mesmo modo, Arrelias *et al.*, (2022) sustenta que: “As tecnologias que emergem da cultura digital ressignificam nossas relações nos mais variados meios e nos impõem uma clara necessidade de reflexão sobre as mudanças perpetradas pelo uso de tecnologias na sociedade atual” (Arrelias; Bernardo; Oliveira, 2022, p. 2).

A última pergunta foi aberta (Figura 34), os estudantes foram convidados a deixarem suas sugestões, elogios ou críticas sobre as atividades realizadas. A coleta dos dados para essa pergunta foi realizada por meio da plataforma *Mentimeter* na modalidade *Word Cloud*.

Figura 34- Respostas dos estudantes à pergunta 6 do questionário de percepção da SDI



Fonte: Plataforma digital Mentimeter.

As respostas fornecidas pelos estudantes na plataforma Mentimeter destacam a impressão positiva às atividades realizadas na sequência didática investigativa (SDI). A motivação que pode ter conduzido os estudantes a fornecerem esse feedback favorável como observado nas respostas, foram as de que atividades práticas e dinâmicas, como a montagem de experimentos e observação de resultados, permitem uma conexão mais direta com o conteúdo, tornando a aprendizagem significativa. Mesmo porque nestas atividades, foram favorecidos também o protagonismo e o conhecimento prévio dos mesmos.

Comentários como "*aprendi muito*", "*com aulas práticas e dinâmicas a gente aprende mais*" e "*foi muito proveitosa*" refletem a eficácia da abordagem investigativa em estimular a curiosidade e a compreensão dos conceitos.

Essas respostas indicam também que as atividades realizadas possibilitaram maior interação entre os estudantes e entre os alunos e o professor. Isso pode ter contribuído para um ambiente colaborativo e motivador, com destaque para os elogios à aula dinâmica e ao tempo que "*passou rápido*". Sugestões como "*professora faz mais aulas assim*" indicam que os alunos valorizaram a oportunidade de participar de algo diferente do formato tradicional de aula. Outra motivação foi a de que as atividades abordaram temas relacionados ao cotidiano e às experiências concretas, como o transporte de água nas plantas e as características fisiológicas relacionadas. Essa contextualização reforça a aplicabilidade do aprendizado, tornando-o mais fácil de compreender e lembrar. Comentários como "*aula sensacional*" e "*gostei muito*" refletem o quanto as atividades despertaram emoções positivas, como alegria e satisfação. Isso está alinhado com pesquisas de Oliveira *et al.*, (2023), que mostram que metodologias ativas aumentam a motivação dos alunos, favorecendo o aprendizado de longo prazo.

Durante a realização dos experimentos, os estudantes demonstraram interesse em responder às questões-problema propostas. As atividades inseriram os discentes em um ciclo investigativo, no qual as hipóteses por eles sugeridas estimularam a discussão, permitindo que, a partir da observação dos experimentos, fosse possível refletir, analisar e elaborar algumas conclusões. Essa percepção está alinhada à observação de Brito *et al.*, (2018), que destaca a relevância de uma abordagem investigativa, pois ela posiciona o estudante como protagonista do processo de ensino-aprendizagem. Nessa abordagem, o professor atua como mediador, orientando a construção do conhecimento, fomentando debates e explicando, e promovendo a sistematização do conhecimento.

Depreende-se que a SDI, ao integrar experimentos práticos e alinhados ao contexto dos alunos, facilitou a construção do conhecimento e algumas dificuldades que os mesmos tinham em relação aos conceitos-chave sobre o transporte de seiva xilemática (seiva bruta)) foram superados com a aplicação desta, sugerindo que as atividades desenvolvidas promoveram um aprendizado significativo, pois novas informações foram agregadas ao conhecimento prévio dos estudantes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação às atividades desenvolvidas com os estudantes, as metodologias ativas baseada no modelo rotação por estações, gamificação e atividades práticas mostraram-se adequadas ao contexto atual de mudanças vivenciadas nos espaços de aprendizagem. Por intermédio dessas estratégias, já defendidas e utilizadas por muitos pesquisadores, os estudantes começam a perceber que o conhecimento não mais se restringe ao ambiente escolar em livros didáticos ou materiais do professor, ele também está em posse deles mesmos, necessitando apenas de direcionamento adequado para potencializarem seus estudos.

Além de reforçar a importância do estudo da Anatomia e Fisiologia vegetal para compreender como se dá o transporte de água no interior da planta, a SDI valoriza as espécies do Cerrado, ao utilizar a espécie nativa pequi (*Caryocar brasiliense*) para contextualizar a fisiologia (transpiração) e a anatomia vegetal (visualização dos estômatos e xilema) em todas as etapas. As lâminas histológicas que foram confeccionadas utilizando também a espécie foram armazenadas de modo que possam ser utilizadas posteriormente por professores da escola.

A utilização de modelos didáticos em 3D pode facilitar a compreensão de conceitos anteriormente abstratos e tornar o processo de ensino-aprendizagem em Botânica mais envolvente devido à natureza tátil e tridimensional das peças impressas.

A análise e discussão dos equívocos cometidos pelos alunos, como a confusão entre fotossíntese e transpiração, foram essenciais para a construção do conhecimento, sendo possível discutir por que esses conceitos podem parecer semelhantes e esclarecendo as diferenças entre eles.

Abordagem do ensino investigativo a partir da proposição de perguntas e problemas levaram os estudantes a explorarem as causas do transporte de água e nutrientes no corpo da planta, promovendo assim, uma compreensão mais profunda dos processos envolvidos, bem como também os envolvendo de forma ativa, ajudando a transformar conceitos abstratos em experiências tangíveis e mais compreensíveis.

Os experimentos práticos propostos para o produto educacional consistem na utilização de materiais de baixo custo e de fácil obtenção, sendo facilmente replicáveis e adequados ao contexto educacional.

De modo geral, as atividades propostas na SDI podem ser replicadas dentro do ambiente escolar de diversas formas e possibilidades pelos professores da área de Ciências da Natureza, inclusive por meio de oficinas, feiras científicas interdisciplinares, pois abrange

conceitos relativos tanto da Biologia quanto da Química e da Física, desde que sejam contextualizadas com a realidade de cada escola, turma e estudante.

Embora os resultados obtidos nesta pesquisa tenham demonstrado avanços significativos na aprendizagem dos estudantes após a aplicação da SDI, sugere-se que futuras pesquisas ampliem o número de participantes e explorem a aplicação da SDI em diferentes contextos, de modo a consolidar sua eficácia como estratégia didática para o ensino de Ciências e Biologia. Tal ampliação permitirá verificar como variáveis como tamanho da turma, perfil dos alunos e infraestrutura escolar influenciam os resultados, fortalecendo as evidências sobre o potencial das metodologias ativas na promoção da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. B. de. MORAN, J. M. (Org.). **Integração das Tecnologias na Educação/ Secretaria de Educação a Distância**. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 204 p., 2005.
- 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**, São Paulo, v.3, n.2, p.225-235. 2014.
- AMARAL, R. A. **Problemas e limitações enfrentados pelo corpo docente do ensino médio, da área de Biologia, como relação ao ensino de botânica em Jequié-BA**. Jequié: UESB. 2003.
- AMBROSIO, C. E. R.; SANTOS, H. M. C.; SILVA, J. C.; FERREIRA, J. F.; BARROS, C. A.; JÚNIOR, A. L.; ROSA-SILVA; P. O. A importância de aulas práticas no ensino de botânica para o ensino médio: relato de experiência no PIBID. **Anais do Pró-Ensino: Mostra Anual de Atividades de Ensino da UEL**, n. 5, p. 19-19, 2023.
- APEZZATO-DA-GLÓRIA, S. M. B. **Anatomia Vegetal**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2007.
- ARAÚJO, G. C. de. **Botânica no ensino médio**. 2011. 26 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade de Brasília, Universidade Estadual de Goiás, Brasília, 2011.
- ARRAIS, M.G.M; SOUSA, G. M.; MARSUA, L.A. O ensino de botânica: investigando dificuldades na prática docente. **Revista da SBEnBio**, n.7, p. 5409-5418. 2014.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (Orgs.) **ensino híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BACK, A. K. Aliando a aprendizagem de conceitos com a construção de modelos didáticos em aulas de Anatomia Vegetal. **Revista Insignare Scientia**, v. 2,n. 3, p. 13-20, 2019.
- BARRETO, G. G.; COSTA, N.P. Microscopia óptica em escola pública. In: Congresso Nacional de Educação. **Anais [...]**, Paraíba: Editora Realize, 2017.
- BATISTA, L.; ARAÚJO, J. A Botânica sob o olhar dos alunos do ensino médio. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 8, n. 15, p. 109-120, maio 2017. ISSN 1984-7505. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/151>>. Acesso em: 10 maio 2023.
- BEM, B. C. Metodologias Ativas e Gamificação na Educação Básica: A ferramenta Plickers aplicada em curso técnico do Ensino Médio. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia da Informação e Comunicação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 108 p. 2022.
- BISNETO, M. G.; RAMOS, F. Z. Uma sequência didática para ensino de Botânica estruturada em uma perspectiva histórico-cultural e em documentos curriculares. **Revista Insignare Scientia-RIS**, Chapecó, v. 7, n. 2, p. 241-256, 2024.
- BONA, C.; ALQUINI, Y. Morfoanatomia dos tricomas foliares de *Begonia setosa* Kl. (Begoniaceae), *Leandra australis* (Cham.) Cogniaux. (Melastomataceae), e *Solanum fastigiatum* N\|d. var. *fastigiatum* (Solanaceae). **Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia**. v. 38, n.4, p. 1295-1302,1995.
- BORGES, B. T; VARGAS, J. D; OLIVEIRA, P. J. B. de; VESTENA, S. Aulas práticas como estratégia para o ensino de botânica no ensino fundamental. **ForScience: revista científica do IFMG**, Formiga, v. 7, n. 2, e00687, jul./dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Mídias na Educação: Metodologia das ciências sociais: Unidade I: Pesquisa em Ciências Sociais**. Disponível em: <http://moodle.cinted.ufrgs.br/moodle/file.php/191/metodologia_pesquisa/materiais_apoio/unidadeI/unidadeI_topico01.pdf>. (Revista - Ciência. Cult. vol.56 nº.1) Acesso 22/06/2023.

BRITO, B. W. D. C. S.; BRITO, L. T. S.; SALES, E. D. S. Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de ciências e Biologia. **Revista Vivências em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 1, p. 54-60, 2018.

CABRERA, J. C. B.; HIRL, R. T.; SCHÄUFELE, R.; MACDONALD, A.; SCHNYDER, H. Stomatal conductance limited the CO₂ response of grassland in the last century. *BMCbiology*, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12915-021-00988-4>.

CAMPOS, N. A.; GOMES, S. M. **Do Cerrado ao conhecimento da Botânica por meio de TIC: SDI e atividades Hot Potatoes**. Trabalho de Conclusão de Mestrado, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO). Brasília: Universidade de Brasília, setembro de 2022.

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CECCANTINI, G. Os tecidos vegetais têm três dimensões. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 335-337, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S010084042006000200015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/4YM3W6pgshm8MqKLrRwks3Q/?lang=pt>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COELHO, G. J. N. O lúdico no ensino de língua inglesa: uma proposta de atividade didática na perspectiva dos mutiletramentos. 2023. **Monografia** (Licenciatura em Letras - Língua Inglesa) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Formação de Professores, Cajazeiras, 34 f. 2023.

COMPIANI, M. Comparações entre a BNCC atual e a versão da consulta ampla, item Ciências da Natureza. **Ciência em Foco**, v. 11, n. 1, p. 91-106, 2018.

COSTA, C.G.; PUGIALLI, H.R.L.; MARQUETE, O.; MACHADO, R.D. **Anatomia ecológica e micromorfologia foliar de espécies de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima**. In: LIMA, H. C. de; GUEDES-BRUNI, R. R. (Ed.) *Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica*, [s.l. : s.n.], 1996.

CHRISTENSEN, C. M.; HORN, M.B.; STAKER, H. **Ensino híbrido: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos**. Tradução: Fundação Lemann e Instituto Península. 2013.

CUTTER, E.G. **Anatomia Vegetal; Parte I - Células e Tecidos**. Liv. ROCA Ltda. São Paulo. 1986.

BOCKI, A. C.; LEONÊS, A. S.; PEREIRA, S. G. M.; RAZUCK, R. C. S. R. As concepções dos alunos do Ensino Médio sobre Botânica. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011, Campinas. **Anais**. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2011. Disponível em: Acesso em: 10 de jun. de 2023.

BORGES, T.S; ALENCAR, G.; Metodologias ativas na promoção da formação crítica do Estudante: O uso das Metodologias Ativas como recurso didático na formação crítica do Estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, 3, p. 119-143. 2014.

BOMFOCO, M. A.; AZEVEDO, V. de A. Os jogos eletrônicos e suas contribuições para a aprendizagem na visão de J. P. GEE. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, 2012. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/36411>. Acesso em: 12 maio de 2023.

CUNHA, C.R.O.B.J.; RAMSDORFI, F.B.M.; BRAGATO, S.G.R. Utilização da aprendizagem baseada em equipes como método de avaliação no curso de medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica** 43 (2): 208-215. 2019.

DUARTE, E. F. A água no ensino de fisiologia vegetal. **Revista Botânica Pública**, Goiás: UFG, v. 2, p. 1-2, 2021.

ESAU, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. 550 p.

FALCÃO, C. L. da C.; FALCÃO SOBRINHO, J. A utilização de recursos didáticos como auxiliares no processo de aprendizagem do solo. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 16, n. 1, p. 19-28, 2014. Disponível em: <http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/156>. Acesso em: 18 nov. 2024.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: Um olhar da área de Ciências da Natureza. **Horizontes**, v. 36, n. 1, p. 158-170, 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 5 ed. São Paulo: Paz e Terra. 2015.

FREITAS, D.; MENTEN, M.L.M.; SOUZA, M.H.A. O.; LIMA, M.I.S.; BUOSI, M.E.; LOFFREDO, A.M.; WEIGERT, C. **Uma abordagem interdisciplinar da Botânica no Ensino Médio**. 1ª ed. São Paulo: Editora Moderna. 2013.

FREITAS, FM de. **Aplicabilidade do software educacional Hot Potatoes nos anos iniciais do ensino fundamental**. In: VI CONEDU, 6., 2019, Campina Grande. Anais. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/59086> . Acesso em: 29 nov. 2024.

GALLO, Solange Aparecida et al. Metodologias ativas e tecnologia na educação. **Revista Ilustração**, [S. L.] v. 5, n. 1, p. 27-36, 2024.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y.A.; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, São Paulo: ABRAPEC v. 8. 2012.

GROS, B. **The impact of digital games in education**. First Monday, v.8, n.7, Jul. 2003. Disponível em: http://www.firstmonday.org/issues/issue8_7/xyzgros/index.html. Acesso em: 02 mai. 2023.

GUSC, J.; VAN VEEN-DIRKS, P. Accounting for sustainability: an active learning assignment. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 329-340, 2017.

GUEIROS, F.; TORRES, J. R.; SOUTO, L. S. Percepções de licenciandos em ciências biológicas sobre o uso do “Laminário Virtual de Anatomia Vegetal” no ensino de botânica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. 233- 259, 2022.

- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Gilbués. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/gilbues/panorama>. Acesso em 03 mai. 2023.
- JARAMILLO-MEDIAVILLA, L. et al. Impact of Gamification on Motivation and Academic Performance: A Systematic Review. **Educ. Sci.**, v. 14, n. 639, 2024.
- LACERDA, F. C. B.; SANTOS, L. M.; Integralidade na formação do ensino superior: metodologias ativas de aprendizagem. **Avaliação** (Campinas) v. 23, n. 3, Sorocaba Sept./Dec. 2018.
- LEITE, V. S. M.; MEIRELLES, R. M. S. O Ensino de Botânica na Base Nacional Comum Curricular: Construções, Acepções, Significados e Sentidos. **Alexandria, R. Educ. Ci. Tec.**, Florianópolis. v. 16, n.2, p. 213-230. 2023.
- LEMOES, G.A.; SANTOS, M.G.; BARROS, M.D.M. A construção de textos de divulgação científica em fisiologia vegetal como estratégia para ampliação da percepção botânica. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio** - ISSN: 2763-8898 vol. 17, n. 1, p. 45-61, 2024.
- LIMA, R.S. **Anatomia Vegetal**. João Pessoa: Ed. Universitária. 410 p. 2010.
- MACIEL, R.A.; BRITO, D.Q.; SOUZA, V.R.M. Percurso investigativo sobre a fotossíntese com estudantes do ensino fundamental. **Physicae Organum**, v. 8, n. 1, p. 116-129. Instituto de Física- Universidade de Brasília, Brasília, 2022.
- MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.
- MARCONDES, M. E. R. As Ciências da Natureza nas 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 269-284, 2018.
- MATOS, G.M.A., MAKNAMARA; M, Matos ECA, Prata AP. Recursos didáticos para o ensino de botânica: uma avaliação das produções de estudantes em universidade sergipana. **Holos** 31: 213-230. 2015.
- MELO, E.A.; ABREU, F.F.; ANDRADE, A.B.; ARAÚJO, M.I.O. A aprendizagem de Botânica no ensino fundamental: dificuldades e desafios. **Scientia Plena** 8(10): 1-8. 2012.
- MENEZES, L. C. de; SOUZA, V. C.; NICOMEDES, M. P.; SILVA, N. A.; QUIRINO, M. R.; OLIVEIRA, A. G.; ANDRADE, R. R.; SANTOS, C. Anais do XI Encontro de Iniciação à Docência. In: **Iniciativas para o aprendizado de Botânica no ensino médio**. João Pessoa: UFPB. 2009.
- MENEZES, L. T. **Utilização de atividades práticas experimentais no ensino de Morfologia e Anatomia das Angiospermas**. 2017. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.
- MONTEIRO, J. M. C.; BARBOSA, D. F. S.; ARAÚJO, M. S.; MALHEIRO, J. M. S. Educação não escolar e democracia: um estudo a partir de um clube de ciências. In: SOUSA, A. C.; ALVARES, D. M. (Orgs.). **Diálogos em educação: emancipação e cultura**, V. 01, p. 68-87. Itapiranga (SC): Editora Schreiber, 2021. DOI: 10.29327/535161. Disponível em: https://www.editoraschreiber.com/files/ugd/e7cd6e_cd43b1321fc145878c6e299411d458df.pdf. Acesso em: 06 mar. 2024.
- MORAN, J. **Metodologias ativas de bolso: como alunos podem aprender de forma ativa, simplificada e profunda**. São Paulo: Editora do Brasil, 2019.
- NUNES, L. G. et al. Uso de metodologias ativas no ensino de Biologia. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**. V.42,n.1,pp.14-17, 2023.

- OLIVEIRA, K. M. de S.; CARNEIRO, M. M. L. C. **Modelos didáticos a partir de impressora 3D: uma nova ferramenta para o ensino de botânica.** In: Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/iv-congresso-de-pesquisa-pos-graduacao-e-inovacao-351904/705265-modelos-didaticos-a-partir-de-impressora-3d--uma-nova-ferramenta-para-o-ensino-de-botanica>. Acesso em: 23/11/2024.
- OLIVEIRA, M. A. F.; ANDRADE, L. C. R.; ARAÚJO, V. R. Reflexões sobre a importância das práticas de microscopia no conteúdo de Biologia celular no ensino médio. In: VI Congresso Nacional de Educação. **Anais [...]**, Fortaleza, 2019.
- PACHECO, F.V. *et al.* Metabolismo relacionado com a fisiologia dos estômatos. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Jandaia-GO, v.18 n.36; p. 186 2021.
- PALOMBINI, F. L.; JÚNIOR, W. K; SILVA, F. P.; MARIATH, J.E.A. Design, biônica e novos paradigmas: uso de tecnologias 3D para análise e caracterização aplicadas em anatomia vegetal. **Design & Tecnologia**, v. 13, p. 46-56, 2017.
- PATTIPEILOHY, P. The National Science Olympiad and Its Impact on Improving the Quality of Education. **EDUKASIA: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran**, v. 5, n. 2, p. 43-54, 2024.
- PEREIRA, P. da S. *et al.* Montagem de mini herbário e aplicação de jogo didático: uma visão macro e microscópica das estruturas vegetais. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 5, p. 63-79, 2017.
- PINHEIRO, V. R. B. *et al.* Promovendo aprendizagem significativa através da integração de tecnologias e metodologia inovadora no currículo. **Revista Ilustração**, [S. L.], v. 5, n. 3, p. 37-42, 2024.
- PITUBA; F. O. Gamificação na educação: a utilização de jogos como forma de melhorar o engajamento dos alunos e os desafios para a educação pública. **Revista Sociedade Científica**, vol.7, n. 1. <https://doi.org/10.61411/rsc202421317>. p.270-276.2024.
- PORTES, A. K. C. **Ensino de ciências nas séries iniciais -- fotossíntese: dificuldades e erros.** Monografia -- (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação. Belo Horizonte, 2019.
- PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais.** Tradução de Eric Yamagute. 1ª ed. São Paulo: Senac. 2012.
- ROSSI, M., FELIPE, A. B., MAGALHÃES, A. R. S., BUDINI, A. J., SOUSA, E. R. de, SAUER, E. B., RICARDO, J. R. de O., FERRAZ, L. D., CORDEIRO, L. F., SILVA, M. R. da, GALVÃO, U. C. A., & SILVA, W. M. da. Conhecendo as metodologias ativas e suas contribuições para a aprendizagem de estudantes em diferentes áreas do conhecimento e etapas/níveis de ensino. **Revista Foco**. Curitiba, Paraná. Vol. 17, n. 5, p. 01-21, 2024.
- SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JR, O. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p 79-102, 2011. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/247>.
- SALATINO, A; BUCKERIDGE, M. "Mas de que te serve saber Botânica?" **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 30, n. 87, p. 177-196, ago. 2016.
- SALVADOR, A.B.; IKEDA, A.A. O uso de metodologias ativas de aprendizagem em MBA de marketing. **Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas EBAPE.BR** 17(1): 129-143. 2019.
- SANTOS JÚNIOR, JL dos; SANTOS, LS dos; MEIADO, MV; SILVA, EC da. Recursos didáticos para o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos botânicos para a educação

básica no Brasil. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 13, pág. e448101321500, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i13.21500. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21500>. Acesso em: 14 ago. 2023.

SANTOS, R.A.F.; REIS, O.N.; SILVA, N.C.; COSTA, J.M.; FONSECA, D.J.S. Possibilidades pedagógicas para o ensino inclusivo de botânica: o Jardim Sensorial em foco. **Ensino & Pesquisa**, União da Vitória, v.22, n.2, p. 42-58, abr./ago., 2024.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 49-67, <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>. 2015.

SCARPA D. L.; CAMPOS N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>. Acesso em: 14 jun. 2024.

SILVA, J. B. da; BILESSIMO, S. M. S.; MACHADO, L. R.. Integração de tecnologia na educação: Proposta de modelo para capacitação docente inspirada no TPACK. **Educação em revista**, Belo Horizonte, v. 37, p. 1-23, 2021.

SILVA, M.M. P. da. Practical laboratory of nature teaching (PLANT): O uso de materiais de baixo custo para o ensino de botânica. **Dissertação (Mestrado)**- Universidade Estadual do Piauí. Programam de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional-PROFBIO, Teresina-Piauí. 2020.

SILVA, M. O.; LIBANO, A. Botânica para os sentidos: preposição de plantas para elaboração de um jardim sensorial. 2014. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Licenciatura) - Curso em Ciências Biológicas. Centro Universitário de Brasília. 2014. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/6439>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, A. P. M. *et al.* Aulas práticas como estratégia para o conhecimento em botânica no ensino fundamental. **Holos**, v. 8, Ano. 31. 2015.

SILVA FILHO, U. R. **Prática e experimentação no ensino de Botânica: fisiologia vegetal**. 2016. 69 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.

SILVA, A. J. C.; CRUZ, S. R. M.; SAHB, W. F. Metodologias ativas no Ensino Superior: uma proposta de oficina sobre aprendizagem por pares; sala de aula invertida; aprendizagem baseada em problema e rotação por estações de trabalho. In: SIMPÓSIO TECNOLOGIAS E EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA NO ENSINO SUPERIOR, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: UFMG, 2018.

SILVA, R. A. **Rotação por estações: uma proposta didática para formação integral na educação de jovens e adultos**. Dissertação (mestrado) - Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (PROFEPT), GO: IF Goiano, 2020.

SILVA, AA; FERREIRA, GA; FRAGEL-MADEIRA, L. Avaliação de modelos 3D como recurso educacional para o ensino de Biologia: uma revisão da literatura. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 1-28, 2022. DOI: 10.26843/rencima.v13n2a11.

SOUZA, C. L. P.; GARCIA, R. N. Uma análise do conteúdo de Botânica sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, **Ciência & Educação** (Bauru) v.25, n.1, Bauru Jan./Mar. 2019.

TABOSA, F. **O Hot potatoes: Objeto de Aprendizagem & Oficina de Ferramentas**. Jun. de 2012. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/98417127/HotPotatoes-Objeto-de-Aprendizagem-Oficina-de-Ferramentas#scribd>>. Acesso em 20 de mai. de 2023.

TRAZZI, P.S.S.; OLIVEIRA, I. M. O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular por alunos em aulas de Biologia. **Ensaio pesquisa em educação em ciências** (Belo Horizonte), v. 18, n. 1, p. 85-106, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M., & Murphy, A. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 558p. 2021.

URSI, S.; SALATINO, A. É tempo de superar termos capacitistas no ensino de Biologia: “impercepção botânica” como alternativa para “cegueira botânica”. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 39, p. 1-4, 2022. DOI: 10.11606/ISSN.2316-9052.v39ip1-4.

VASQUES, D. T.; FREITAS, K. C.; URSI, S. **Aprendizado Ativo: conceito, história e práticas**. In: VASQUES, D.T.; FREITAS, K.C.; URSI, S. (org.). **Aprendizado Ativo no ensino de Botânica**. Univ. São Paulo, São Paulo, 172p, 2021.

VIECHENESKI, J.P.; CARLETTO, M.R. Sequência didática para o ensino de ciências nos anos iniciais: subsídios para iniciação à alfabetização científica. **Revista Dynamis**, Rio Grande: FURB, v. 19, n. 1, p. 3-16. 2013.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Penso Editora. 2015.

ZÔMPERO, A.F. **Significados de fotossíntese elaborados por alunos do ensino fundamental a partir de atividades investigativas mediadas por multimodos de representação**. [s.l.] Tese de doutorado. Univ. Estadual de Londrina, Paraná. 2012.

ZOMPERO, F.A. & LABURÚ, C.E. 2010. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Revista Ensaio** 12: 31-40.

APÊNDICES

APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO AOS ESTUDANTES



Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

Prezados estudantes, este questionário é parte de um **projeto de pesquisa em Ensino de Biologia**, que vai culminar no Trabalho de Conclusão de Curso da Mestranda Rejaneide Alves Maciel, sua professora de Biologia, sob orientação da Professora Dra. Sueli Maria Gomes, da Universidade de Brasília (UnB). **Sua participação é muito importante para nós, mas saiba que você pode, a qualquer momento, optar por não participar.** Nesse caso, você fará todas as atividades com os demais estudantes, mas seus dados não serão considerados para a pesquisa. Nenhuma atividade dessa pesquisa será usada para sua avaliação! Agradecemos sua participação, você está ajudando a construir conhecimento!

Nome: _____

Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino ☐ Outro ☐ Prefiro não declarar

Idade: _____

Onde você mora? ☐ zona rural ☐ zona urbana

1. Como as plantas absorvem água e sais minerais do solo?

- a) Através do caule.
- b) Através das folhas.
- c) Através das raízes.**
- d) Através das flores.

2. Quais os tecidos que estão envolvidos no transporte da seiva nas plantas?

- a) Xilema e floema.**
- b) Epiderme e parênquima.
- c) Meristema e esclerênquima.
- d) Colênquima e felogênio.

3. Qual é o principal papel do xilema nas plantas?

- a) Transportar produtos da fotossíntese.
- b) Transportar oxigênio.
- c) Transportar água e sais minerais.**
- d) Realizar fotossíntese.

4. Que fenômeno fisiológico tem relação direta com o transporte da seiva bruta nas plantas?

- a) Fotossíntese.
- b) Transpiração.**
- c) Respiração mitocondrial.
- d) Maturação.

5. O que é osmose?

- a) Osmose é o transporte ativo de íons.
- b) Osmose é o movimento da água do local de menor para o de maior concentração de solutos, atravessando uma membrana semipermeável.**
- c) Osmose é o processo pelo qual as plantas absorvem nutrientes do solo, sem gasto de energia.
- d) Osmose é o processo ativo celular, em que há gasto de energia mitocondrial.

6. Quais propriedades químicas e físicas presentes na água permitem o transporte dessa substância pelo xilema?

- a) A coesão e a adesão entre as moléculas de água, que permitem a formação de uma coluna aquosa contínua no xilema.**
- b) A propriedade de solvente universal da água, que dissolve os vasos do xilema.
- c) A capacidade de absorção de nutrientes pela água, facilitando seu transporte ativo através do xilema.
- d) A capacidade de retenção de calor da água, que promove uma diferença de temperatura que impulsiona o fluxo no xilema.

7. Como a planta consegue superar a gravidade para levar a água até as folhas? A altura da planta influencia?

Obrigada por contribuir com minha pesquisa.

Professora Rejaneide Maciel

APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA ESTUDANTES MAIORES DE 18 ANOS



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas

O (A) senhor(a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa “Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas por meio de metodologias ativas e TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação)”.

Meu nome é **Rejaneide Alves Maciel**, sou aluna do **Mestrado em Ensino de Biologia**, da Universidade de Brasília e pesquisador responsável por esta atividade. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar participar do estudo, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o (a) senhor (a).

O objetivo desta pesquisa é desenvolver e utilizar recursos digitais, disponíveis na internet, utilizando um aplicativo chamado Hot Potatoes que poderá facilitar a compreensão e aprendizagem dos alunos referente ao conteúdo de morfologia vegetal. Assim, gostaria de consultá-lo (a) sobre seu interesse e disponibilidade de cooperar com a pesquisa.

O (a) senhor (a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a realização da pesquisa, e lhe asseguro que o seu nome não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo (a). Os dados provenientes da participação na pesquisa, obtidos através de questionários, ficarão sob a guarda do pesquisador responsável. Os riscos e desconfortos decorrentes de sua participação na pesquisa sejam eles de origem psicológica, intelectual e/ ou emocional, como constrangimento, cansaço, gasto de tempo no decorrer da aplicação do procedimento experimental, será minimizado pela utilização de ambiente adequado, suporte e atenção qualificada aos participantes, garantia de sigilo, interrupção das etapas a qualquer momento, quando solicitado pelos participantes e garantia que as respostas do questionário serão confidenciais. Para minimizar o gasto de tempo dos participantes todas as etapas serão desenvolvidas no período regular de aula.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

A coleta de dados será realizada por meio da aplicação de questionários a alunos

e professores; da realização de aula com o uso da internet para desenvolver atividades, como palavras cruzadas; perguntas e respostas comentadas; textos com preenchimento de lacunas; relação entre colunas; construção de frases a partir de palavras embaralhadas. Após a realização destas atividades em aula, os alunos responderão a um segundo questionário acerca da receptividade a proposta. Para realização dessa pesquisa preciso que você participe das aulas em que ocorrerão as atividades do Hot Potatoes, sobre morfologia vegetal e que responda os questionários sobre o conhecimento prévio de morfologia vegetal e sobre sua opinião referente às aulas. É para estes procedimentos que o(a) senhor(a) está sendo convidado a participar. A participação na pesquisa implica em riscos mínimos, como a possibilidade de constrangimento ou estresse ao responder o questionário e desconforto em participar da aula.

Espera-se com esta pesquisa contribuir de forma efetiva com o acesso dos alunos ao conhecimento de morfologia vegetal através de TIC. A participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício. O (A) aluno (a) é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Todas as despesas que você tiver relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente da participação na pesquisa, o (a) senhor (a) deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados no Instituto de Biologia da Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

A equipe de pesquisa garante que os resultados do estudo serão devolvidos aos pais ou responsáveis pelos participantes por meio da disponibilidade dos materiais produzidos e do próprio trabalho concluído mostrando os efeitos no processo de ensino-aprendizagem de morfologia vegetal, podendo ser publicados posteriormente na comunidade científica.

Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, você pode me contatar através do telefone/Whatsapp (89) 99901-8547 (podendo este contato ser realizado a cobrar) ou e-mail: rejaneidemaciel@gmail.com

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (CEP/CHS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1592 ou do e-mail cep_chs@unb.br, horário de atendimento de 08h às 14h, de segunda a sexta-feira. O CEP/CHS se localiza na Faculdade de Direito, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com a pesquisadora responsável e a outra com o(a) senhor(a).

Gilbués, ____ de ____ de _____

<hr/>	<hr/>
Assinatura do (a) participante	Assinatura do (a) pesquisador(a)

APÊNDICE C: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA RESPONSÁVEIS LEGAIS



O menor de idade pelo qual o(a) senhor(a) é responsável está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa “Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas por meio de metodologias ativas e TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação)”.

Meu nome é **Rejaneide Alves Maciel**, sou aluna do **Mestrado em Ensino de Biologia**, da Universidade de Brasília. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar que o menor na sua responsabilidade faça parte do estudo, assine ao final deste documento. Caso deseje, você poderá salvar uma cópia deste documento ou mesmo solicitar uma cópia impressa.

O objetivo desta pesquisa é desenvolver e utilizar recursos digitais, disponíveis na internet, utilizando um aplicativo chamado Hot Potatoes que poderá facilitar a compreensão e aprendizagem dos alunos referente ao conteúdo de morfologia vegetal. Assim, gostaria de consultá-lo(a) sobre seu interesse e disponibilidade de cooperar com a pesquisa.

O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a realização da pesquisa, e lhe asseguro que o seu nome não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo(a). Os dados provenientes da participação do(a) menor na pesquisa, obtidos através de questionários, ficarão sob a guarda do pesquisador responsável. Os riscos e desconfortos decorrentes de sua participação na pesquisa sejam eles de origem psicológica, intelectual e/ou emocional, como constrangimento, cansaço, gasto de tempo no decorrer da aplicação do procedimento experimental, serão minimizados, oferecendo ambiente adequado, suporte e atenção qualificada aos participantes, garantia de sigilo, interrupção das etapas a qualquer momento e prontamente quando solicitado pelos participantes. E garantia que as respostas do questionário serão confidenciais. Para minimizar o gasto de tempo dos participantes desenvolver-se-á todas as etapas no período regular de aula com o uso de recursos digitais.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

A coleta de dados será realizada por meio da aplicação de questionários a alunos e professores; da realização de aula com o uso da internet para desenvolver atividades, como palavras cruzadas; perguntas e respostas comentadas; textos com preenchimento de lacunas; relação entre colunas; construção de frases a partir de palavras embaralhadas. Após a realização destas atividades em aula, os alunos responderão a um segundo questionário acerca da receptividade a proposta. Para realização dessa pesquisa preciso que você permita a participação de seu(sua) filho(a) durante a aula em que a atividade do Hot Potatoes, sobre morfologia vegetal, será desenvolvida e que ele(a) responda os questionários sobre o conhecimento prévio de morfologia vegetal e sobre a opinião dele(a) sobre a aula. É para estes procedimentos que seu(sua) filho(a) está sendo convidado a participar. A participação dele(a) na pesquisa implica em riscos, como a possibilidade de constrangimento ou estresse ao responder o questionário e desconforto em participar da aula.

Espera-se com esta pesquisa contribuir de forma efetiva com o acesso dos alunos ao conhecimento de morfologia vegetal através de TIC.

A participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício. O(A) aluno(a) é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Todas as despesas que você tiver relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente da participação na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados no Instituto de Biologia da Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

A equipe de pesquisa garante que os resultados do estudo serão devolvidos aos participantes por meio da disponibilidade dos materiais produzidos e do próprio trabalho

concluído mostrando os efeitos no processo de ensino-aprendizagem de morfologia vegetal, podendo ser publicados posteriormente na comunidade científica.

Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, você pode me contatar através do telefone/WhatsApp (89) 99901-8547 (podendo este contato ser realizado a cobrar) ou e-mail: rejaneidemaciel@gmail.com

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (CEP/CHS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1592 ou do e-mail cep_chs@unb.br, horário de atendimento de 08h às 14h, de segunda a sexta-feira. O CEP/CHS se localiza na Faculdade de Direito, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde com a participação de seu(sua) filho(a), pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com a pesquisadora responsável e a outra com o(a) senhor(a).

Gilbués, ____ de ____ de ____

<hr/> Assinatura do(a) participante	<hr/> Assinatura do(a) pesquisador(a)
--	--

APÊNDICE D: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) PARA ESTUDANTES MENORES DE 18 ANOS



**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas**

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa “Jornada da água: explorando o transporte da seiva xilemática (seiva bruta) nas plantas por meio de metodologias ativas e TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação)”. Seus pais ou responsáveis permitiram sua participação, mas não precisa participar se não quiser e não terá nenhum problema se desistir.

Meu nome é Rejaneide Alves Maciel, sou aluna do Mestrado em Ensino de Biologia, da Universidade de Brasília. Abaixo vou lhe dar alguns esclarecimentos sobre a pesquisa.

O objetivo desta pesquisa é desenvolver e utilizar recursos digitais, disponíveis na internet, através de um aplicativo chamado Hot Potatoes que poderá facilitar a compreensão e aprendizagem dos alunos referente ao conteúdo de morfologia vegetal. Assim, gostaria de consultá-lo(a) sobre seu interesse e disponibilidade de cooperar com a pesquisa.

A pesquisa será feita na Unidade escolar Lustosa Sobrinho e para realização dessa, preciso que você participe da aula, realizando registros fotográficos de vegetais e jogando a atividade do Hot Potatoes, ambos sobre morfologia vegetal. Você responderá um questionário antes participar das atividades e outro após a participação, ambos on-line. Se você não estiver gostando de participar dessa pesquisa, achando chato e cansativo ou ficar irritado, você pode desistir a qualquer momento, sem nenhuma penalidade. Se você participar será muito importante, pois pode ajudar a pensar na sua aprendizagem e de diversos colegas.

Nessa pesquisa ninguém vai saber o seu nome e ninguém vai ver sua foto ou imagem, ou seja, sua identidade será mantida em sigilo. Os resultados da pesquisa serão divulgados no Instituto de Biologia da Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

Se você achar que a pesquisa ou alguém não respeitou seus direitos, você pode pedir indenização e isso está garantido em lei. Todas as despesas que você tiver relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável. Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar quem participou. Quando terminarmos

a pesquisa disponibilizaremos os materiais produzidos e o próprio trabalho concluído mostrando os efeitos dos materiais didáticos no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, você pode me contatar através do telefone/WhatsApp (89) 99901-8547 (podendo este contato ser realizado a cobrar) ou e-mail: rejaneidemaciel@gmail.com

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (CEP/CHS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1592 ou do e-mail cep_chs@unb.br, horário de atendimento das 08h às 14h, de segunda a sexta-feira. O CEP/CHS se localiza na Faculdade de Direito, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Humanas (CEP/CHS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TALE ou aos direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepchs@unb.br ou cepchs@gmail.com horário de atendimento de 10h às 12h e de 13h30 às 15h30, de segunda a sexta-feira. O CEP/CHS se localiza na Faculdade de Direito, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde com a participação, peço preencha os dados abaixo e envie uma cópia deste documento ao WhatsApp (89) 98145-9426 ou e-mail: rejaneidemaciel@gmail.com. É muito importante que você deixe salvo uma cópia desse documento em seus arquivos para sanar eventuais dúvidas futuras.

() Sim, eu concordo em participar voluntariamente deste projeto de pesquisa.

Gilbués, ____ de ____ de ____

<hr/> Assinatura do(a) participante	<hr/> Assinatura do(a) pesquisador(a)
--	--

**APÊNDICE E: SDI A ÉPICA JORNADA DA ÁGUA DENTRO DA PLANTA:
DESVENDANDO O X DA QUESTÃO**

SEQUÊNCIA
didática
Investigativa

A ÉPICA JORNADA DA ÁGUA DENTRO DA PLANTA: DESVENDANDO O X DA QUESTÃO

Org. Rejaneide Alves Maciel
Sueli Maria Gomes



UnB



CAPES



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia



SDI- A épica jornada da água dentro da planta: Desvendando o X da questão

Esta obra foi elaborada como parte do Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO), concebida por Rejaneide Alves Maciel e teve a orientação da profa. Dra. Sueli Maria Gomes, da Universidade de Brasília (UnB).

Esse trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.



SDI- A épica jornada da água dentro da planta: Desvendando o X da questão

Prezado(a) professor(a),

Todas as atividades propostas na Sequência Didática Investigativa a seguir têm como intento levar os estudantes à compreensão de como se dá o processo de transporte de seiva xilemática no corpo das plantas.

Nela, são abordados temas relativos a duas grandes áreas da Botânica: Anatomia e Fisiologia Vegetal, que são temas desafiadores no que tange ao ensino e aprendizagem dos conteúdos inerentes às mesmas.

Essa SDI é baseada no método científico e incentiva os alunos a fazerem observações, formular hipóteses, realizar experimentos e analisar os resultados.

As atividades propostas neste recurso educacional, podem ser replicadas no ambiente escolar de diversas formas e possibilidades dentro da área de Ciências da Natureza, inclusive por meio de oficinas e/ou feiras científicas interdisciplinares, pois abrange conceitos relativos tanto da Biologia quanto da Química e da Física, desde que sejam contextualizadas com a realidade de cada escola, turma e estudante.

Bom trabalho!

SUMÁRIO

1	Tema, Série e Duração.....	5
2	Competências da BNCC.....	5
3	Objetivos.....	5
4	Etapas da Sequência Didática.....	6
	4.1 Apresentação da Questão-Problema.....	6
	4.2 Levantamento de Hipóteses.....	6
	4.3 Sensibilização e Imersão Sensorial.....	6
	4.4 Experimentação (Potômetro e Capilaridade)	6
	4.5 Sistematização e Análise dos Dados.....	6
	4.6 Contextualização com Rotação por Estações.....	7
	4.7 Jogos Virtuais.....	7
	4.8 Avaliação Criativa.....	7
5	Relatório de Experimentos – Missão Científica.....	8
	5.1 O Desafio (Hipótese)	8
	5.2 Objetivo da Missão.....	8
	5.3 Kit do Cientista.....	8
	5.4 Como a missão foi cumprida.....	9
	5.3 Resultados da Missão (Tabelas)	9
	5.4 Investigação Final.....	9
	5.5 Conclusão.....	9
	5.6 Extras (fotos, gráficos, desenhos)	10
6	Cards para impressão - Roteiro das Estações.....	11
	6.1 Estação 1 – Porta Secreta.....	13
	6.2 Estação 2 – Cinema Secreto.....	13
	6.3 Estação 3 – Quebra-cabeça da Porta.....	14
	6.4 Estação 4 – Laboratório do DNA Vegetal.....	14
	6.5 Estação 5 – Museu 3D do Transporte.....	15
7	Passaporte Científico – Guardiões da Água Vegetal.....	16

A épica jornada da água dentro da planta: Desvendando o X da questão

Ano/Série: 2ª série do Ensino médio

Duração: 4 aulas (60 min cada)

Competências BNCC: EM13CNT301, EM13CNT303, EM13CNT201, EM13CNT202

Objetivos



Geral

Compreender, de forma investigativa, o transporte de seiva xilemática e sua importância para o desenvolvimento vegetal.



Específicos

- Identificar tecidos envolvidos no transporte de seiva.
- Investigar a anatomia vegetal e sua relação com a condução de água e sais minerais.
- Compreender mecanismos e fatores que influenciam o transporte de água.
- Relacionar o xilema à transpiração.





Etapas



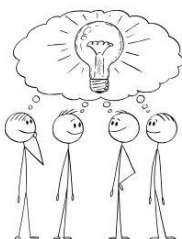
Apresentação da Questão-Problema

1



O professor inicia a aula instigando a curiosidade dos alunos com uma situação real: como as plantas conseguem mover água e sais minerais das raízes até folhas localizadas a metros de altura, desafiando a gravidade? O enunciado é entregue aos grupos, que são incentivados a pensar em processos e mecanismos que expliquem o fenômeno. Essa etapa desperta a motivação e dá o tom investigativo para a sequência.

2



Levantamento de Hipóteses



Em grupos, os alunos registram suas ideias iniciais, baseadas em conhecimentos prévios, para responder à questão-problema. Cada grupo compartilha suas hipóteses com a turma, criando um quadro de possibilidades que será confrontado ao longo das aulas com evidências práticas e teóricas.

Sensibilização e Imersão Sensorial



A turma é levada para um ambiente com vegetação, onde cada grupo interage com árvores e plantas.

Usando celular e fones de ouvido, os alunos escutam o áudio "Viagem ao interior da planta", que estimula uma experiência imersiva, combinando música suave e narrativa descritiva sobre o percurso da água.

Ao final, o professor conduz uma conversa rápida sobre o que imaginaram e como visualizaram o processo.



3

Experimentação



No laboratório, os grupos montam dois experimentos:

- Potômetro - para observar a absorção e movimentação da água na planta, sob diferentes condições (sol/vento e sombra).
- Capilaridade - para visualizar como a água sobe em estruturas estreitas, simulando o movimento nos vasos condutores.

Os alunos seguem protocolos experimentais, manuseando o material e anotando observações. Essa etapa conecta teoria e prática de forma clara e visual.



4

Sistematização e Análise dos Dados



5

De volta à sala, os grupos analisam as medições obtidas, calculam taxas de transpiração e comparam os resultados entre diferentes condições experimentais.

Discutem se as hipóteses iniciais foram confirmadas ou refutadas e registram conclusões, elaborando gráficos e interpretações.

O professor orienta o debate, incentivando a explicação científica por trás dos dados.



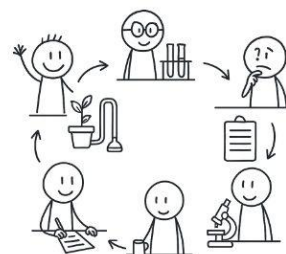
6

Contextualização com Rotação por Estações



Para aprofundar a compreensão anatômica, os alunos participam de um circuito de cinco estações no laboratório:

- Microscopia - observação direta de estômatos.
- Vídeo educativo - funcionamento dos estômatos.
- Modelo anatômico - análise tridimensional de um estômato.
- Confeção de lâminas - preparo e coloração para observação do xilema.
- Modelo 3D - desenho científico detalhado do elemento de vaso do xilema.



Esse formato garante que todos vivenciem práticas variadas em pouco tempo, conectando a anatomia vegetal ao processo fisiológico.

Jogos Virtuais



Para revisar o conteúdo de forma lúdica, os alunos participam de desafios gamificados no software Hot Potatoes® (JQuiz, JCross e JCloze). As atividades podem ser feitas no laboratório de informática ou no próprio celular, tornando o momento leve, interativo e competitivo de maneira saudável.



7

Avaliação Criativa



8



A avaliação valoriza a participação e a construção do raciocínio científico. Cada grupo elabora um produto final que apresente a hipótese inicial, os resultados experimentais e as justificativas. O formato é livre: pode ser um Reels, apresentação de slides, portfólio, folder, entre outros, estimulando a criatividade e a comunicação científica.

Missão Científica – Relatório de Experimentos

Tema da Missão: A épica jornada da água dentro da planta

Agentes Cientistas: _____

Data da missão: ____/____/____

Experimento: ☐ Potômetro ☐ Capilaridade

O Desafio

O que você acha que vai acontecer? Escreva sua previsão (hipótese) antes de começar.



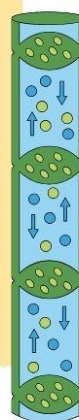
Objetivo da Missão

Por que estamos fazendo este experimento? Qual mistério queremos resolver?)



Kit do Cientista

Liste aqui tudo o que você usou na missão (materiais).



Como a Missão Foi Cumprida

Descreva rapidamente o que você fez, como se fosse um diário de bordo.



Resultados da Missão

Missão Potômetro - Tabela de Observação

Ambiente testado	Nº de folhas	Tempo (min)	Volume inicial (mL)	Volume final (mL)	Água deslocada (mL)
Sol + vento		0			
		10			
		20			
		30			
Sombra		0			
		10			
		20			
		30			

Missão Capilaridade - O que você viu?

(Descreva ou desenhe o que aconteceu com a flor e a cor da água)

9



Observações:



Cálculos da Missão

Taxa de transpiração (mL/min):

Diferença entre ambientes:



Investigação Final

Sua previsão inicial estava certa? O que descobriu?)



Conclusão

(Resumo do que aprendeu nesta missão científica.)

Extras

Anexe fotos da missão, gráficos ou desenhos científicos.



Cards para impressão

Orientações para o professor
Uso dos Cards nas estações
investigativas



Os cards foram elaborados para orientar os alunos durante a rotação por estações, servindo como um guia visual e interativo para cada atividade. Para garantir um uso prático, durável e atrativo, siga as recomendações a seguir:



Dicas de impressão

- Prefira papel couchê (180g ou 230g) ou papel cartão (180g ou superior), pois são mais firmes e resistentes ao manuseio.
- Outra opção é imprimir em papel sulfite comum (A4, 75g) e depois plastificar ou colar em cartolina colorida para reforço.
- Se possível, imprima colorido, pois as cores ajudam a identificar as estações e tornam a atividade mais envolvente.
- Use o modo frente e verso se o design dos cards tiver instruções complementares.
- Tamanho sugerido:
- A4 cortado em quatro partes (formato A6) é ideal para manuseio em grupo.



Dicas de preparação



- Recorte os cards com margem de segurança e, se desejar maior durabilidade, plastifique com papel contact transparente ou plastificação térmica.
- Identifique claramente cada estação com uma numeração ou cor correspondente ao card (Ex: Estação 1 - Azul, Estação 2 - Verde etc.).
- Guarde os cards em envelopes ou pastas plásticas etiquetadas com o nome de cada estação para reutilizações futuras.



Dicas de aplicação em sala

- Antes de iniciar, explique brevemente a dinâmica de rotação por estações, reforçando que cada grupo deve seguir as instruções do card de sua estação.
- Estipule um tempo para cada rodada (ex: 8-10 minutos) e oriente os grupos a trocarem de estação ao sinal.
- O professor atua como mediador, observando, estimulando questionamentos e apoiando os grupos sem interferir nas descobertas.
- Ao final das rotações, promova uma socialização geral, para que os grupos compartilhem suas observações e conclusões.

Estação 1 – “Porta Secreta”

Missão: Descobrir o “portal” por onde a planta controla a entrada e saída de água.

Desafio: Observar estômatos ao microscópio e registrar em desenho.

Enredo: “Você encontrou uma porta minúscula na pele da planta. Sua missão é espiar por ela e anotar tudo o que vê.”

Tarefas:

- Ajustar o microscópio e observar o corte histológico.
- Desenhar o que vê, com detalhes.
- Marcar no desenho onde está o “portal” (poro estomático).

Estação 2 – “Cinema Secreto”

Missão: Descobrir como as portas (estômatos) abrem e fecham.

Desafio: Assistir ao vídeo educativo e responder perguntas rápidas.

Enredo: “Você achou um filme raro sobre como as portas da planta funcionam. Assista e anote pistas para desvendar o mistério.”

Tarefas:

1. Assistir ao vídeo com atenção.
2. Anotar 3 coisas que aprendeu.
3. Relacionar o que viu com o que observou na Estação 1.

Estação 3 – “Quebra-cabeça da Porta”

Missão: Explorar um modelo 3D de estômato e identificar suas partes.

Desafio: Montar a “peça-chave” do mecanismo.

Enredo: “Recebeu um modelo desmontado da porta secreta da planta. Reconstrua o mecanismo e descubra como ele funciona.”

Tarefas:

- Examinar o modelo anatômico.
- Identificar as partes e suas funções.
- Responder 3 perguntas do “folheto do cientista” sobre estômatos.

Estação 4 – “Laboratório do DNA Vegetal”

Missão: Preparar uma lâmina histológica e revelar o caminho da água no xilema.

Desafio: Fazer o corte perfeito para ver os vasos condutores.

Enredo: “Você está no laboratório secreto da planta. Use suas ferramentas para revelar os tubos por onde a água corre.”

Tarefas:

1. Cortar e preparar a lâmina.
2. Corar e montar para visualização.
3. Observar ao microscópio e desenhar o xilema com detalhes.

Estação 5 – “Museu 3D do Transporte”

Missão: Observar o modelo 3D do vaso xilemático e fazer um desenho científico.

Desafio: Criar um registro fiel para o “Museu da Missão”.

Enredo: “Você encontrou uma réplica gigante do túnel por onde a água viaja. Sua missão é desenhá-lo para o registro oficial.”

Tarefas:

- Observar com atenção o modelo 3D.
- Fazer um desenho com legendas e detalhes.
- Comparar com a observação da Estação 4.

Dica de engajamento extra:

Entregar um “Passaporte Científico” para cada grupo, com páginas para cada estação.

Ao final de cada desafio, o professor carimba ou cola um adesivo no passaporte.

O grupo que completar todas as estações com registros e respostas corretas recebe o título de Guardião da Água Vegetal.

Passaporte Científico, que será entregue no final das estações como síntese da jornada.



Passaporte científico

Guardiões da Água Vegetal

Mensagem

Você completou todas as missões da Jornada da Água. Agora registre, em uma única mensagem, o que descobriu sobre como a planta consegue transportar a água das raízes até as folhas. Sua missão é escrever como um cientista, mas também como um aventureiro que acabou de desvendar um mistério da natureza.

Nome do cientista:

Data:

Turma



Parabéns! Você se tornou um Guardião da Água Vegetal.



Passaporte científico

Guardiões da Água Vegetal

Mensagem

Você completou todas as missões da Jornada da Água. Agora registre, em uma única mensagem, o que descobriu sobre como a planta consegue transportar a água das raízes até as folhas. Sua missão é escrever como um cientista, mas também como um aventureiro que acabou de desvendar um mistério da natureza.

Nome do cientista:

Data:

Turma



Parabéns! Você se tornou um Guardião da Água Vegetal.

LINKS DE ACESSO AOS MATERIAIS PEDAGÓGICOS

Protocolo experimental potômetro

<https://www.dropbox.com/scl/fi/pa6ie3x9vuiqwonioffq/PROTOCOLO-EXPERIMENTAL-DO-POT-METRO.docx?rlkey=Oimlareoc5egmqpxhzsttz5lj&st=z031dt3v&dl=0>

Protocolo experimental capilaridade

<https://www.dropbox.com/scl/fi/a28hb899lp6h2fkgv9jmn/PROTOCOLO-EXPERIMENTAL-SOBRE-CAPILARIDADE-NAS-PLANTAS.docx?rlkey=pqa3894yq9uvjr48avhxqy559&st=ymp38k6y&dl=0>

Roteiro coloração de tecidos vegetais

<https://www.dropbox.com/scl/fi/knjr5gndetj9zstw1nkeg/ROTEIRO-PARA-COLORA-O-DE-TECIDOS-VEGETAIS-COM-FUCSINA-B-SICA-E-AZUL-DE-ASTRA.docx?rlkey=66szhbkmeffb2ah6cot2g1zsk&st=gokimnh3&dl=0>

Texto de sensibilização

<https://www.dropbox.com/scl/fi/2y6kvxajcley1xtjm6z75/TEXTO-DE-SENSIBILIZA-O.docx?rlkey=1lcao8q2p1zuocl3289y4z99n&st=wwatf3k&dl=0>

Textos autorais para gamificação

<https://www.dropbox.com/scl/fi/9esvjhggd6th2z1acklvo/Textos-autoriais-transporte-seiva-xilemica.docx?rlkey=tq7lbnvszuh6uzuzqr1lwnw&st=zcxpbl20&dl=0>

APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO (JQuiz) - EXPERIMENTO SOBRE CAPILARIDADE



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas



1. O que é capilaridade?
 - () a. O processo de coloração de líquidos.
 - () **b. A capacidade de um líquido de subir em um tubo estreito, contra a gravidade.**
 - () c. O movimento de partículas, se espalhando em um líquido.
 - () d. A capacidade de um líquido fluir em grandes espaços.
2. Qual é o objetivo principal do experimento com corante alimentício e flores brancas?
 - () a. Analisar a respiração mitocondrial.
 - () b. Observar como a cor se espalha na água.
 - () **c. Demonstrar o processo de capilaridade nas plantas.**
 - () d. Estudar a fotossíntese.
3. Por que as flores utilizadas no experimento são brancas?
 - () a. Para tornar o corante alimentício branco.
 - () b. Porque as flores brancas não têm capilares.
 - () **c. Para facilitar a observação da ascensão do corante através dos tecidos vegetais.**
 - () d. Porque as flores brancas têm uma estrutura diferente das flores coloridas.
4. Qual é o papel do corante alimentício no experimento?
 - () a. Ajudar a manter as flores hidratadas.
 - () **b. Colorir a água para melhor visualização do processo.**
 - () c. Evitar a absorção de água pelas flores.
 - () d. Para fornecer nutrientes adicionais às flores.

5. Como você acredita que a capilaridade afeta a distribuição do corante alimentício nas flores?

☒ **a. O corante alimentício sobe através dos tecidos vegetais, colorindo-os.**

☐ b. O corante alimentício exala o odor das flores.

☐ c. O corante alimentício é retido na base da flor e não se move.

☐ d. capilaridade impede a distribuição do corante dentro das flores.

6. O que você observou ao final do experimento?

☐ a. As flores permaneceram brancas.

☒ **b. As flores ficaram coloridas.**

☐ c. A cor do corante alimentício mudou totalmente.

☐ d. Apenas a flor morta ficou colorida.

7. Qual é a importância de entender a capilaridade nas plantas?

☐ a. Não há importância.

☐ b. A capilaridade não influencia a vida das plantas.

☒ **c. A capilaridade é crucial para o transporte de água e nutrientes nas plantas.**

☐ d. Para entender sobre a fotossíntese.

8. Como você poderia estender ou modificar este experimento para investigar mais sobre a capilaridade?

☐ a. Utilizando diferentes cores de corante alimentício.

☐ b. Mudando o tipo de flor utilizado.

☐ c. Variação na temperatura da água utilizada.

☒ **d. Todas as alternativas anteriores.**

APÊNDICE G: QUESTIONÁRIO (JCloze) SOBRE O EXPERIMENTO DO POTÔMETRO



O **potômetro** (**potômetro** - **pluviômetro**) é um dispositivo que mede a taxa na qual uma planta capta e perde água.

No experimento, o ramo com folhas do pequizeiro teve o caule imerso em água ao ser cortado, a fim de **impedir** (**possibilitar** - **impedir**) que entrasse ar no tecido condutor da seiva, que é o xilema. Se o ramo fosse cortado fora da água, poderia entrar bolha de ar no **xilema** (**xilema** - **floema**) e esta bolha dificultaria o fluxo da seiva, fenômeno chamado embolismo. O embolismo

Formou-se assim um sistema fechado, onde a água saiu da pipeta e **saiu** (**entrou** - **saiu**) no ramo, seguindo até as folhas. Essa água foi dissipada a partir da **transpiração** (**absorção** - **transpiração**) efetuada pelas **folhas** (**folhas** - **raízes**) do ramo.

A **pipeta** (**termômetro** - **pipeta**), era graduada, possibilitando quantificar a **perda** (**perda** - **ganho**) de água do sistema devido à **transpiração** (**absorção** - **transpiração**) foliar. À medida que a planta transpira, ela perde água através dos **estômatos** (**estômatos** - **cutícula**), que são estruturas que controlam as trocas gasosas na planta. Esse processo demanda a absorção de água do sistema fechado para o caule, o que faz com que a bolha de ar seja deslocada para a direita.

A taxa de evapotranspiração pode ser influenciada por uma variedade de fatores ambientais, incluindo a **temperatura** (**frio** - **temperatura**) e a velocidade do(a) **vento** (**vento** - **chuva**). Para investigar como esses fatores afetam a evapotranspiração, foi realizado um estudo experimental com dois grupos de plantas: um exposto á(o) **sol** (**sombra** - **sol**) e outro **com** (**com** - **sem**) ventilação proporcionada por um ventilador.

A partir do experimento foi possível constatar que as plantas expostas ao ventilador(vento) apresentaram uma taxa de evapotranspiração **mais** (**menos** - **mais**) elevada do que as plantas sem ventilação. Isso sugere que o **aumento** (**aumento** - **diminuição**) da circulação do ar promovido pelo ventilador **facilitou** (**dificultou** - **facilitou**) a remoção da umidade das folhas, resultando em uma **maior** (**menor** - **maior**) taxa de transpiração. Uma

possível explicação para isso é que o vento **acelera** (**reduz - acelera**) a taxa de evaporação da água das folhas, mesmo em condições de temperatura mais moderada.

Já as plantas expostas diretamente ao sol apresentaram uma taxa de evapotranspiração **menos** (**mais - menos**) alta do que as plantas expostas à ventilação, esses resultados sugerem que a **ventilação** (**temperatura - ventilação**) pode ter um efeito mais imediato e pronunciado na evapotranspiração do que a **luz** (**luz - sombra**). Isso pode ser explicado pelo fato de que o vento **remove** (**acrescenta - remove**) o vapor d'água das folhas, enquanto a temperatura afeta a taxa de transpiração através da regulação dos estômatos.

APÊNDICE H: CRUZADINHA (Jcross) SOBRE OS TERMOS RELACIONADOS AO TRANSPORTE DE SEIVA XILEMÁTICA (SEIVA BRUTA) NAS PLANTAS



Tipo de seiva não elaborada nas plantas; seiva constituída por água e sais minerais, sem fotoassimilados, transportada pelo xilema.

xilemática

Processo pelo qual a água sobe em um tubo capilar, assim como dentro da estreita tubulação formada pelos vasos e traqueídes do xilema nas plantas.

capilaridade

Força de atração entre moléculas do mesmo tipo; esta força mantém as moléculas da água coesas entre si devido às pontes de hidrogênio e é um dos componentes da capilaridade.

coesão

Força ascendente, exercida sobre a água, ao ser puxada para cima, tensionando a coluna da seiva dentro dos vasos e traqueídes condutores da seiva bruta no xilema.

tensão

Força de atração entre moléculas de um líquido a uma superfície sólida; no xilema, refere-se à atração da seiva bruta às paredes dos vasos e traqueídes.

adesão

Tecido condutor de água e sais minerais nas plantas; conduz a seiva bruta e é formado por vasos nas angiospermas e traqueídes nas gimnospermas e pteridófitas.

xilema

Processo de liberação de água pelas folhas das plantas, regulada pelos estômatos, que resulta na tensão sugadora da seiva bruta no xilema.

transpiração

Células das plantas responsáveis pelas trocas gasosas com o ambiente e que regulam a transpiração foliar.

estômatos

Célula morta e tubulosa, perfurada nas extremidades e com pontoações laterais, que transporta água e sais minerais nas plantas angiospermas.

vaso

Célula morta e tubulosa, com pontoações laterais e nas extremidades (sem perfurações), que transporta água e sais minerais nas plantas pteridófitas e gimnospermas.

traqueíde

APÊNDICE I: PROTOCOLO EXPERIMENTAL DO POTÔMETRO

Adaptado de: <https://www.youtube.com/watch?v=oMGmhBtr84c> OBJETIVO

- ✓ Comparar a taxa de transpiração em ramos de *Caryocar brasiliense* (ou outra planta disponível), submetidos a dois tratamentos extremos: com sol e vento versus na sombra e sem vento, por meio de avaliação com uso do potômetro.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Ramos de *Caryocar brasiliense* ou outra planta disponível
- 6 baldes com água
- 6 potômetros (três para tratamento favorável e três para o tratamento desfavorável)
- 3 ventiladores portáteis
- 3 lâmpadas incandescentes
- Recipiente grande com água

- Recipiente grande com água
- Tubo de mangueira/látex
- Pipeta graduada (10mL)
- Fita adesiva
- Relógio ou cronômetro
- Tesoura de poda
- 12 pedaços de barbante

Montagem do potômetro

1. Corte uma pequena ramificação da planta *Caryocar brasiliense* em um ângulo de 45° submersa em água para evitar a formação de bolhas de ar.
2. Insira imediatamente o caule da planta no tubo capilar do potômetro cheio de água. Assegure-se de que não haja bolhas de ar no tubo.
3. Use o barbante para selar a junção entre o caule e o tubo, garantindo que a água não escape e que o sistema seja hermético.
4. Coloque o potômetro montado em um suporte estável (parede ou coluna).

5. Encha os tubos capilares com água destilada e registre o nível inicial da água em ambos os tubos.

Procedimento Experimental (intervalo de 20 minutos).

TRATAMENTO 1 - Exposição ao sol com vento	TRATAMENTO 2 - Exposição à sombra sem vento
a. Coloque o potômetro sob a lâmpada e posicione o ventilador portátil para soprar ar sobre a planta.	a. Coloque o potômetro em um ambiente controlado, na sombra, sem qualquer fonte de luz direta ou vento.
b. Registre a hora de início da exposição.	b. Registre a hora de início da exposição à sombra.
c. Anote o nível inicial e final de água no tubo capilar.	c. Anote o nível inicial e final de água no tubo capilar.

Análise dos dados do experimento potômetro

- Para que cada grupo de alunos possa acompanhar as observações do potômetro sob as variáveis estudadas durante um intervalo de 30 minutos, as medições devem ocorrer a cada 10 minutos, a sugestão é que utilizem as tabelas a seguir:

Tabela de observação do potômetro

Tabela 1: Sol + vento

Qtd de folhas no ramo	Tempo (min)	Volume inicial de água (mL)	Volume final de água (mL)	Deslocamento da água (mL)
	0	0		
	10			

	20			
	30			

Tabela 2: Sombra sem vento

Qtd de folhas no ramo	Tempo (min)	Leitura Inicial (mL)	Leitura Final (mL)	Deslocamento da Água (mL)
	0	0		
	10			
	20			
	30			

Cálculo da taxa de transpiração:

- g) Determine a quantidade de água absorvida pela planta no intervalo determinado (diferença no nível de água na pipeta).
- h) Calcule a taxa de transpiração em mililitros por minuto (ml/min) para cada tratamento
- i) Compare as taxas de transpiração dos dois tratamentos.
- j) Analise as diferenças observadas e discuta as possíveis razões para essas diferenças (e.g., aumento da evaporação devido ao calor do sol e vento, redução da transpiração na sombra sem vento).
- k) Prepare um relatório detalhado com os métodos, dados coletados, cálculos realizados e conclusões.
- l) Inclua gráficos que representem visualmente as taxas de transpiração sob as duas condições testadas.

→ Perguntas investigativas para orientar a observação dos resultados

5. O que acontece com a água neste experimento? Como você explicaria isso?
6. Qual a importância de se realizar o corte do caule em 45° e debaixo d'água?
7. Quais estruturas vegetais estão envolvidas neste processo fisiológico e qual a importância de cada uma?

8. Houve diferença no resultado quando se utilizou ramos com folhas expostas ao calor e vento em relação aos ramos expostos à sombra e sem vento? Explique.

APÊNDICE J: PROTOCOLO EXPERIMENTAL SOBRE CAPILARIDADE NAS PLANTAS

Adaptado de: Experimento: condução de água nas plantas (rosa arco-íris)

<https://experimentoteca.com.br/experimento-conducao-de-agua-nas-plantas-rosa-arco-iris/>

MATERIAIS

- ✓ Flores brancas (ou bem claras)
- ✓ Água
- ✓ 2 copos
- ✓ Tesoura
- ✓ Estilete
- ✓ 2 colheres
- ✓ Corante alimentício em duas 2 cores

PROCEDIMENTOS

- Coloque água até mais ou menos a metade dos copos. Acrescente entre 30 e 40 gotas do corante alimentício azul em um copo e do vermelho no outro copo. Misture.
- Selecione uma flor e corte o caule até uma altura que permita que ela seja colocada no copo com água sem cair (rosas, por exemplo, costumam vir da floricultura com um caule muito longo). Com o estilete, divida a parte final do caule (aproximadamente 10cm) em duas partes, tomando cuidado para não quebrar.
- Coloque a flor na água com corante, de maneira que metade do caule fique num copo e a outra metade no outro copo.

APÊNDICE K: QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL



Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

Assinale as alternativas conforme sua opinião.

1. Em nossos encontros, desenvolvemos atividades investigativas. Assinale as alternativas (pode ser uma ou mais) que considera que você desenvolveu nestas atividades:

- ☐ elaboração de hipóteses;
- ☐ montagem de experimento;
- ☐ observação de resultados;
- ☐ análise dos resultados;
- ☐ debate com colegas;
- ☐ nenhuma das anteriores.

2. Realizando as aulas práticas investigativas, você conseguiu observar aquilo que conhecia antes das aulas, sendo explicado agora de uma forma científica?

Sim () Não ()

3. Realizando as práticas investigativas, qual a sua percepção como aluno sobre elas?

Pode assinalar mais de uma alternativa.

- ☐ Estou realizando atividades que me dão muito trabalho e pouco resultado como estudante.
- ☐ Estou realizando atividades que permitem relacionar a teoria com a prática.
- ☐ Estou realizando atividades que não permitem relacionar a teoria com a prática.
- ☐ Estou realizando atividades que me desafiam a buscar respostas.
- ☐ Estou realizando atividades que me fazem sentir protagonista das ações e aprofundar o meu conhecimento.

() Estou realizando atividades que me parecem sem importância.

4. Em relação às atividades aplicadas, atribua notas de 0 (zero) - não gostou, não aprendeu nada) até 10 (dez) - gostou muito, aprendeu muito.

Atividades	Notas de 0 (zero) até 10 (dez)	
	Não gostou da atividade (nota 0) até gostou* muito (nota 10).	Não aprendeu nada com a atividade (nota 0) até aprendeu** muito (nota 10).
Experimento prático do potômetro		
Experimento prático de capilaridade nas flores		
Atividades em grupo no laboratório de Biologia		
Dinâmica de sensibilização (áudio)		
Estudo dirigido com lacunas		
Jogo de palavra-cruzada		
Jogo de perguntas e respostas (Quiz)		
Aula expositiva		

***Gostou (nota 0 a 10):** Refere-se ao nível de satisfação pessoal ou interesse que o aluno teve em relação à atividade. Avalia se o aluno achou a atividade interessante, envolvente, divertida ou motivadora. Uma nota alta aqui indica que o aluno teve uma experiência positiva em termos de engajamento emocional e interesse.

****Aprendeu (nota 0 a 10):** Refere-se ao quanto o aluno percebeu ter adquirido conhecimento ou habilidades novas através da atividade. Avalia se a atividade contribuiu de maneira eficaz

para o aprendizado do conteúdo proposto, se permitiu compreender melhor um conceito, resolver problemas ou adquirir novas competências.

5. Indique a relevância da utilização das tecnologias virtuais para sua aprendizagem:

0 - Irrelevante → até 10 - Muito relevante; Sua nota: _____

6. Deixe sugestões, elogios ou críticas sobre as atividades realizadas.

Obrigada por contribuir com minha pesquisa.

Professora Rejaneide Maciel

ANEXOS

ANEXO 1 - PARECER COMITÊ DE ÉTICA-CEP/CHS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -
UNB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: JORNADA DA ÁGUA: EXPLORANDO O TRANSPORTE DA SEIVA BRUTA NAS PLANTAS POR MEIO DE METODOLOGIAS ATIVAS E TIC

Pesquisador: REJANEIDE MACIEL

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 76855623.1.0000.5540

Instituição Proponente: Instituto de Biologia da Universidade de Brasília

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.637.122




Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), na Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas. O objetivo desta pesquisa é desenvolver e utilizar recursos digitais, disponíveis na internet, utilizando um aplicativo chamado Hot Potatoes que poderá facilitar a compreensão e aprendizagem dos alunos referente ao

conteúdo de morfologia vegetal. A coleta de dados será realizada na Unidade escolar Lustosa Sobrinho localizada no município de Gilbués-Piauí, por meio da aplicação de questionários a alunos e professores; da realização de aula com o uso da internet para desenvolver atividades, como palavras cruzadas; perguntas e respostas comentadas; textos com preenchimento de lacunas; relação entre colunas; construção de frases a partir de palavras embaralhadas. Após a realização destas atividades em aula, os alunos responderão a um segundo questionário acerca da receptividade a proposta. Espera-se com esta pesquisa contribuir de forma efetiva com o acesso dos alunos ao conhecimento de morfologia vegetal através de TIC. A participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício.

*Retirado das informações básicas do projeto

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO - FACULDADE DE DIREITO - SALA BT-01/2 - Horário de
Bairro: ASA NORTE **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1592 **E-mail:** cep_chs@unb.br

- LISTA DE APRECIAÇÕES DO PROJETO							
Apreciação ↕	Pesquisador Responsável ↕	Versão ↕	Submissão ↕	Modificação ↕	Situação ↕	Exclusiva do Centro Coord. ↕	Ações
PO	REJANEIDE MACIEL	1	09/01/2024	06/02/2024	Aprovado	Não	  

- HISTÓRICO DE TRÂMITES							
Apreciação	Data/Hora	Tipo Trâmite	Versão	Perfil	Origem	Destino	Informações
PO	06/02/2024 08:56:17	Parecer liberado	1	Coordenador	Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB	PESQUISADOR	
PO	20/01/2024 10:32:17	Parecer do colegiado emitido	1	Membro do CEP	Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB	Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB	
PO	11/01/2024 18:43:09	Parecer do relator emitido	1	Membro do CEP	Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB	Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB	
PO	11/01/2024 18:38:51	Aceitação de Elaboração de Relatoria	1	Membro do CEP	Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB	Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília - UnB	

ANEXO 2- TEXTO DE SENSIBILIZAÇÃO

VIAGEM AO INTERIOR DA PLANTA

Professora Sueli Maria Gomes

(Adaptado)

Vamos fazer uma atividade interessante, que nos ajudará começar a entender como é o corpo de uma planta. Você precisa cooperar fechando os olhos e deixando sua imaginação viajar... Feche os olhos, então e relaxe.

Imagine que é uma árvore. É uma árvore frondosa, que está no meio da floresta, rodeada por milhares de outras árvores. Pense: eu sou esta árvore...

“Meus ramos se estendem para cima, em busca do sol, que me nutre com sua energia. Minhas folhas têm tecidos próprios para a captação desta energia. As células de minhas folhas produzem a glicose que mantém minha vida. Esta glicose é enviada para todas as partes do meu corpo que não a conseguem produzir. Ela é transportada por células vivas e especializadas, que conduzem a seiva nutritiva para as gemas jovens, para as flores e frutos que estão se desenvolvendo em meus ramos, mas também desce dos ramos para o tronco até alcançar as raízes.

Minhas raízes se nutrem desta seiva elaborada pelas folhas. Elas usam a glicose da seiva elaborada em sua respiração celular; assim é mantida a vida em cada célula de minhas raízes e de todo o meu corpo.

Minhas raízes crescem fortes e me firmam no chão. A ponta de cada uma delas vai crescendo, crescendo. Este crescimento ocorre porque minhas células se dividem bem ali, na ponta de minhas raízes. São células jovens que são ali encontradas. Com a divisão destas células, minhas raízes vão crescendo e se espalhando entre as partículas do solo, explorando regiões úmidas e ricas em sais minerais. Estas substâncias são absorvidas nos pêlos das minhas raízes e alcançam meu tecido condutor. É uma seiva que não foi elaborada, é uma seiva bruta, que sobe pelo meu corpo arbóreo, alcançando minhas folhas. Ela é transportada por um tecido condutor formado por células vivas e mortas. Este tecido é como várias manilhas emendadas umas nas outras, formando uma longa tubulação, onde

água e sais minerais sobem desde as raízes, passando pelo meu tronco e ramos até chegar às folhas.

Em minhas folhas, abro numerosos poros para obter o carbono que será usado na produção da glicose. Estes poros, quando se abrem, possibilitam a entrada do carbono, mas também perdem vapor de água para o ambiente. Isto faz a água sair de uma célula para outra, até haver a retirada de água do tecido condutor da seiva bruta. E assim, a água transpirada é repostada pela seiva bruta, me hidratando e me nutrindo com seus sais minerais. As duas seivas chegam perto das minhas gemas. Nelas, os tecidos condutores ainda não se formaram, mas os nutrientes da seiva bruta e elaborada seguem de uma célula para outra, até chegarem à célula mais apical e distante. As células de minhas gemas são jovens, por isto ainda não formaram tecidos permanentes, por isto ainda não têm tecidos condutores de seiva. Elas são jovens, porque estão se dividindo, e vão crescendo milimetricamente, rumo ao sol. Numerosas gemas vão se desenvolvendo, formando novos ramos, novas folhas, novas flores.

Eu sou esta árvore e tudo em mim está interligado, funcionando, pulsando e crescendo. Eu sou esta árvore no meio desta floresta, com numerosas outras árvores, absorvendo o sol morno, vivendo e crescendo, mesmo que olhos humanos não me vejam.”

Mas agora vamos sair desta floresta. Voltemos ao nosso corpo humano. Vejamos que esta viagem dentro do corpo de uma árvore é uma introdução para começarmos a perceber que tem muitas coisas para aprendermos sobre como é este corpo vegetal, como ele se organiza para fazer fotossíntese, para transportar seivas, para transpirar e para executar várias outras funções vitais. É disto que se incumbe a Anatomia Vegetal. Durante nossa disciplina, iremos analisar primeiro cada tecido do corpo das plantas e depois como eles se distribuem em cada órgão. Isto será importante para entender como este corpo funciona.

O início de nossa viagem começará com o seguinte contexto: Vocês foram chamados para investigar como as plantas conseguem mover a água das raízes até as folhas, mesmo em alturas impressionantes. Para isso, explorem e respondam: **Quais são os processos que permitem esse movimento? Como forças internas e externas à planta remota para que ela consiga "desafiar a gravidade"?**

Seja bem-vindo a esta viagem!

ANEXO 3

ROTEIRO PARA COLORAÇÃO DE TECIDOS VEGETAIS COM FUCSINA BÁSICA E AZUL DE ASTRA

Roteiro de aula prática elaborado com base no roteiro proposto por Cortez, Silva e Chaves (2016) e nas modificações propostas por Luque, Sousa e Kraus (1996) com o objetivo de preparação de lâminas semipermanentes para observação de material botânico.

MATERIAIS:

- ✓ folhas frescas (sugestão): *Caryocar brasiliense*
- ✓ água destilada;
- ✓ hipoclorito de sódio a 50%;
- ✓ corante azul de alcian ou azul de astra;
- ✓ corante fucsina básica ou Safranina;
- ✓ ácido acético;
- ✓ vidro relógio;
- ✓ lâmina de barbear;
- ✓ suporte de isopor;
- ✓ lâmina;
- ✓ lamínula;
- ✓ esmalte para unha;
- ✓ etiqueta
- ✓ glicerina (solução aquosa 50%)

PROCEDIMENTOS

- 1-Coletar o material botânico, realizar cortes à mão com a lâmina de barbear com o auxílio de um suporte de isopor. Os cortes devem ser finos e transparentes o suficiente para que a luz possa atravessar a amostra.
- 2-Colocar os cortes sobre um vidro de relógio contendo água destilada, com o auxílio de um pincel de cerdas finas;
- 3-Transferir os cortes para um vidro de relógio contendo hipoclorito de sódio a 50%, com o auxílio de um pincel, e deixar até que fiquem transparentes. Pode levar de 15 a 30 min., dependendo da espessura do corte.
- 4-Depois ficarem com a transparência desejada, deve-se lavar os cortes rapidamente em água destilada no mínimo três vezes, até retirar qualquer resíduo do hipoclorito,
- 5-Em seguida, transferir os cortes para um vidro de relógio, aplicar corante azul de astra por cerca de cinco minutos, dependendo da espessura e tipo de material.
- 6-Depois, lavar os cortes com água destilada por três vezes;
- 7-Colocar os cortes na solução aquosa do corante fucsina básica 1%, por cerca de três minutos dependendo da espessura e do tipo de material;
- 8-Lavar os cortes com água destilada por três vezes;
- 9-Pingar uma gota da solução aquosa de glicerina a 50% sobre uma lâmina de vidro limpa e colocar os cortes já corados e sobre esta;
- 10-Cobrir a lâmina com uma lamínula limpa, aplicando em seguida o esmalte de unha incolor nas suas bordas para vedação;
- 11-Etiquetar a lâmina com informações sobre o material coletado e o corte realizado.

Referências bibliográficas

CORTEZ, P. A.; SILVA, D. C.; CHAVES, A. L. Manual prático de morfologia e anatomia vegetal. Ilhéus, BA: Editora da UESC, 2016. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2017/morfologia_anatomia_vegetal.pdf. Acesso em: 02 junho. 2024.

LUQUE, R., SOUSA, H. C.; KRAUS. J. E. Métodos de coloração de Roeser (1972):
modificado - e Kropp (1972) visando a substituição do azul de astra por azul de alcião 8GS ou
8GX. Acta Botânica Brasílica, Porto Alegre, v. 10. n. 2, p.199-212, 1996.