

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA**

GIOVANNA SPINOLA BUENO

**DO LABORATÓRIO À SALA DE AULA:
disseminação do conhecimento acadêmico-científico para outros níveis de ensino,
através da produção de material digital voltado ao Ensino de Botânica.**

**São Vicente - SP
2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA**

GIOVANNA SPINOLA BUENO

**DO LABORATÓRIO À SALA DE AULA:
disseminação do conhecimento acadêmico-científico para outros níveis de ensino,
através da produção de material digital voltado ao Ensino de Botânica**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Instituto de Biociências da UNESP –
Campus do Litoral Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do título bacharel
em Ciências Biológicas, com habilitação em
Biologia Marinha.

Orientador(a): Prof. Dr. Odair José Garcia
de Almeida

Coorientador(a): Marina Teixeira Achkar

**São Vicente - SP
2025**

B9281

Bueno, Giovanna Spinola

Do laboratório à sala de aula : disseminação do conhecimento acadêmico-científico para outros níveis de ensino, através da produção de material digital voltado ao Ensino de Botânica. / Giovanna Spinola Bueno. -- São Vicente, 2025

54 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Odair José Garcia de Almeida

Coorientadora: Marina Teixeira Achkar

1. Botânica. 2. Morfologia e Anatomia Vegetal. 3. Cactaceas. 4. Fruto. 5. Ensino de Ciências. I. Título.

Agradecimentos

Inicialmente, gostaria de agradecer ao professor Odair por todo o conhecimento transmitido, pela paciência e compreensão ao longo dos três anos em que trabalhamos neste projeto, além da confiança e do apoio diante dos imprevistos no caminho. Agradeço ao Laboratório de Morfologia Vegetal e a todos os seus integrantes pelo suporte, especialmente à Marina, pela disponibilidade em me auxiliar durante a execução do projeto e na escrita e edição do TCC.

Agradeço ao Prof. Fábio Sanches por ceder seu tempo e por toda a paciência ao me ajudar na análise estatística dos dados. Também agradeço à Prof. Silvana pela parceria e por ceder suas aulas para a realização do projeto, e aos alunos da Escola Estadual Margarida Pinho Rodrigues pela participação nas atividades.

Agradeço imensamente à minha família por todo o amor, apoio e incentivo ao longo dos anos: aos meus pais, que acreditaram em mim e fizeram o possível e o impossível para que eu realizasse meu sonho e chegasse até aqui; à minha irmã, que me ouviu por incontáveis horas, mesmo sem saber ou entender exatamente sobre o que eu falava; aos meus sobrinhos e sua curiosidade genuína que sempre me incentivou a aprender cada vez mais; e à minha avó, cuja felicidade ao me ver e ao ouvir minhas histórias sempre me fortaleceu.

Gostaria de agradecer também às amigas que construí ao longo dos últimos anos, às que passaram pela minha vida e me ensinaram ao longo do caminho e, principalmente, às que surgiram e se fortaleceram. Agradeço especialmente à Luana por ter escolhido ficar e estar ao meu lado em todos os momentos possíveis, e à Isabelly, que na ausência dos meus pais foi, muitas vezes, minha família.

Por último, mas não menos importante, agradeço a Deus, à Iemanjá e a todas as entidades que estiveram comigo nessa trajetória. Agradeço também à Rose por todos os sábios conselhos.

Resumo

Atualmente, o ensino de ciências enfrenta grandes desafios, sendo a impercepção botânica um dos principais. Esse fenômeno resulta da falta de interesse dos alunos, agravada pela dificuldade dos professores em utilizar e inserir formas de ensino alternativas que estimulem a curiosidade e o interesse dos alunos. Neste cenário, a utilização de recursos didáticos digitais, como modelos 3D e materiais interativos podem ser uma alternativa eficaz para estimular a curiosidade e o olhar científico dos jovens, além de ajudá-los a reconhecer e aplicar o conhecimento botânico em seu cotidiano, fora do ambiente escolar. O objetivo deste trabalho foi disseminar o conhecimento acadêmico científico e desenvolver uma ferramenta didática que possa enriquecer o ensino de ciências (botânica). A metodologia foi desenvolvida em duas etapas: 1) pesquisa e preparação do material e; 2) adaptação do conteúdo científico para o contexto educacional. Na etapa inicial, as lâminas do fruto de *Lepismium warmingianum* foram analisadas e registradas para compor um banco de imagens, seguido da descrição morfoanatômica dos tecidos. Em seguida os modelos 3D foram reconstruídos a partir de fotografias obtidas com aparelho celular e utilização do aplicativo 3D Polycam. Ao final, as imagens foram editadas para a criação do catálogo digital com modelos tridimensionais acompanhado de imagens da anatomia interna e textos descritivos. A segunda etapa, consistiu na aplicação e avaliação da ferramenta em turmas de ensino médio, através de atividades teóricas e práticas desenvolvidas com o Catálogo Digital como material de apoio. Para avaliar a eficácia do material o desempenho dos alunos foi mensurado pela comparação dos resultados das avaliações entre o grupo que teve acesso à cartilha (Experimento) e o grupo que não teve (Controle). A análise estatística (Teste de Mann-Whitney U) dos ganhos de conhecimento indicou a ausência de diferença estatística significativa ($W = 492$, $p = 0.29$) entre os grupos. Associado a coleta de dados quantitativos foram obtidos dados qualitativos, que demonstram que apesar do baixo engajamento dos alunos a interação durante as aulas práticas foram mais significativas do que em aulas teóricas. Conclui-se, que o resultado não significativo não invalida a eficácia do material em si, mas evidencia que apenas inserir recursos tecnológicos em metodologias de ensino tradicionais e passivas não é eficaz em aprimorar o processo de aprendizagem. Portanto, o presente estudo reforça a necessidade de associar a utilização de novas tecnologias a metodologias de ensino ativas.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Botânica; Transposição didática; Tecnologia educacional; Impercepção botânica.

Abstract

Currently, science education faces major challenges, with botanical imperceptibility being one of the main ones. This phenomenon results from a lack of interest among students, exacerbated by the difficulty teachers have in using and incorporating alternative teaching methods that stimulate students' curiosity and interest. In this scenario, the use of digital teaching resources, such as 3D models and interactive materials, can be an effective alternative to stimulate young people's curiosity and scientific outlook, as well as helping them to recognize and apply botanical knowledge in their daily lives outside the school environment. The objective of this study was to disseminate scientific academic knowledge and develop a teaching tool that could enrich the teaching of science (botany). The methodology was developed in two stages: 1) research and preparation of the material; and 2) adaptation of the scientific content to the educational context. In the initial stage, the scales of the *Lepismium warmingianum* fruit were analyzed and recorded to compose an image database, followed by a morphoanatomical description of the tissues. Next, 3D models were reconstructed from photographs taken with a cell phone and using the 3D Polycam app. Finally, the images were edited to create a digital catalog with three-dimensional models accompanied by images of the internal anatomy and descriptive texts. The second stage consisted of applying and evaluating the tool in high school classes through theoretical and practical activities developed with the Digital Catalog as support material. To assess the effectiveness of the material, student performance was measured by comparing the results of the assessments between the group that had access to the booklet (Experiment) and the group that did not (Control). Statistical analysis (Mann-Whitney U test) of knowledge gains indicated no statistically significant difference ($W = 492$, $p = 0.29$) between the groups. In addition to quantitative data collection, qualitative data were obtained, demonstrating that despite low student engagement, interaction during practical classes was more significant than in theoretical classes. It can be concluded that the insignificant result does not invalidate the effectiveness of the material itself, but shows that simply inserting technological resources into traditional and passive teaching methodologies is not effective in improving the learning process. Therefore, this study reinforces the need to associate the use of new technologies with active teaching methodologies.

Keywords: Science education; Botany; Didactic transposition; Educational technology; Botanical imperceptibility.

Do laboratório à sala de aula: disseminação do conhecimento acadêmico-científico para outros níveis de ensino, através da produção de material digital voltado ao Ensino de Botânica

From the lab to the classroom: spreading academic-scientific knowledge to other levels of education, through the production of digital material focused on Botany Education.

Giovanna Spinola Bueno, Marina Teixeira Ackhar, Odair José Garcia de Almeida.

Unesp - Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista (IB-CLP), São Vicente, Brasil.

Resumo. O ensino de ciências enfrenta desafios, entre eles a impercepção botânica, associada ao desinteresse dos alunos e à dificuldade dos professores em adotar abordagens alternativas. Nesse contexto, recursos digitais, como modelos 3D e materiais interativos, podem estimular a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a aplicar conhecimentos botânicos no cotidiano. Este trabalho teve como objetivo disseminar conhecimento científico e desenvolver uma ferramenta didática para enriquecer o ensino de botânica. A metodologia foi estruturada em duas etapas: pesquisa e preparação do material, seguida da adaptação do conteúdo para o contexto educacional. Inicialmente, lâminas do fruto de *Lepismium warmingianum* foram analisadas e registradas para compor um banco de imagens e uma descrição morfoanatômica. Em seguida, modelos 3D foram produzidos a partir de fotografias obtidas por celular e processadas no aplicativo Polycam, resultando na criação de um catálogo digital com modelos tridimensionais, imagens anatômicas e textos explicativos. Posteriormente, o material foi aplicado e avaliado em turmas do ensino médio por meio de atividades teóricas e práticas. A comparação entre os grupos Experimental e Controle, utilizando o teste de Mann-Whitney U, não indicou diferença significativa ($W = 492$, $p = 0.29$). Conclui-se que tecnologias isoladas não garantem melhor aprendizagem, sendo essencial integrá-las a metodologias ativas.

Palavras-chave:

Cactaceae, Ensino de Ciências, Transposição Didática, Impercepção Botânica.

Submetido em

XX/XX/2024

Aceito em

XX/XX/2025

Publicado em

XX/XX/2025

Abstract. Science education faces challenges, including a lack of botanical awareness, associated with students' disinterest and teachers' difficulty in adopting alternative approaches. In this context, digital resources, such as 3D models and interactive materials, can stimulate students' curiosity and help them apply botanical knowledge in their daily lives. This study aimed to disseminate scientific knowledge and develop a teaching tool to enrich the teaching of botany. The methodology was structured in two stages: research and preparation of the material, followed by adaptation of the content to the educational context. Initially, slides of the fruit of *Lepismium warmingianum* were analyzed and recorded to compose an image bank and a morphoanatomical description. Next, 3D models were produced from photographs taken with a cell phone and processed in the Polycam application, resulting in the creation of a digital catalog with three-dimensional models, anatomical images, and explanatory texts. Subsequently, the material was applied and evaluated in high school classes through theoretical and practical activities. The comparison between the Experimental and Control groups, using the Mann-Whitney U test, did not indicate a significant difference ($W = 492$, $p = 0.29$). It is concluded that isolated technologies do not guarantee better learning, and it is essential to integrate them with active methodologies.

Keywords:

Cactaceae, Science Education, Didactic Transposition, Botanical Imperception.

* O presente trabalho foi redigido no formato de artigo científico, seguindo as diretrizes para autores e o modelo de formatação da revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI).

Introdução

O ensino, a pesquisa e a extensão são pilares fundamentais na formação universitária de qualidade. O ensino é o processo de transmitir conhecimento, habilidades e valores aos estudantes, buscando formar indivíduos críticos, criativos e preparados para os desafios do mundo contemporâneo (CAMPOS, 2020). A pesquisa, por sua vez, consiste na investigação sistemática e metódica de fenômenos e problemas, visando a geração de novos conhecimentos, o aprimoramento de teorias existentes e a solução de questões complexas (CAMPOS, 2020). Já a extensão é a prática de levar o conhecimento produzido na academia para além dos muros da instituição, promovendo a interação entre a universidade e a comunidade (RAFAELLA et al., 2015). A integração desses três pilares - ensino, pesquisa e extensão - proporciona uma formação acadêmica completa e enriquecedora, que prepara os indivíduos para enfrentar os desafios do presente e do futuro (RAFAELLA et al., 2015).

Atualmente, de acordo com as diretrizes e procedimentos estabelecidos na Resolução CNE/CES no. 7/2018, as Atividades de Extensão Universitária devem fluir nos componentes curriculares dos cursos de graduação. Assim, este trabalho buscou agregar três temas importantes: 1) divulgação sobre a importância da conservação do Bioma Mata Atlântica; 2) o conhecimento científico acerca da anatomia do fruto de uma espécie de cacto epífito endêmico deste bioma (abordado de forma a reduzir a impercepção botânica); e 3) a transposição didática de assuntos técnico-científicos em conteúdo didaticamente acessível ao ensino de ciências (botânica) em níveis médio e técnico.

A biodiversidade da Mata Atlântica e a importância de sua conservação

A Mata Atlântica brasileira é conhecida mundialmente pela enorme biodiversidade encontrada em seu território, estando entre os hotspots mundiais para conservação da natureza, por possuir uma grande variedade de espécies endêmicas, entre as quais muitas podem ser encontradas na lista de espécies ameaçadas de extinção (TABARELLI et al., 2005). Estima-se que apesar da alta taxa de desmatamento e fragmentação territorial, mais de 35% das espécies vegetais existentes no país se encontram na Mata Atlântica (Fundação SOS Mata Atlântica). Além destes, outros fatores, como a influência que este bioma possui na regulação do clima, no processo de manutenção e distribuição de recursos hídricos, e sua riqueza de fauna e flora, tornam de grande importância, a realização de ações voltadas para a sua conservação (MMA, 2022).

Consequentemente, para assegurar a preservação do bioma, foi criada em 2006 a Lei da Mata Atlântica, nº11.428, visando a regulamentação da proteção e do uso da biodiversidade e recursos naturais, através do estabelecimento de regras para a exploração econômica e do incentivo financeiro em projetos que busquem a recuperação do ecossistema, (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2002; INPE, 2021). Desta forma, a Mata Atlântica é uma das regiões com maior número de áreas protegidas, em Unidades de Conservação (MAZZURANA, 2016). Contudo, apesar dos esforços, muitas inconsistências podem ser encontradas, devido a sua maioria se tratar de pequenas porções territoriais que abrangem

apenas aproximadamente 5% do bioma, o que dificulta a permanência e reprodução de espécies nativas (TABARELLI et al., 2005).

A principal consequência do desmatamento é o processo de fragmentação territorial que resulta na drástica redução dos habitats e consequentemente da diversidade biológica, com a extinção de espécies da flora e da fauna, entre as quais, muitas podem ser consideradas de interesse econômico e utilizadas como fonte de renda ou subsistência para populações tradicionais (ALMEIDA, 2016). Dados recentes do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, indicam que apenas 12,4% da cobertura original dos remanescentes são maiores que três hectares (ha) e permanecem em bom estado de conservação, já os fragmentos maiores que 100 hectares representam apenas 8% da cobertura original (PAULO, 2022). A redução da biodiversidade nativa resulta em uma série de problemas como a eliminação de ecossistemas e populações, diminuição da variabilidade genética e dos processos ecológicos e evolutivos que mantêm a diversidade da Mata Atlântica (SINISGALLI; SOUZA, 2020).

A conservação das áreas remanescentes de vegetação nativa possui um importante papel na manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pela Mata Atlântica, entre os quais está a regulação do clima, que ameniza a ocorrência de desastres como enchentes, secas e tempestades; a manutenção dos recursos hídricos e a proteção de nascentes e rios, que garantem o abastecimento das populações que vivem nas proximidades do bioma, além da sobrevivência da fauna e flora local (CAMPANILI et al., 2010). A remoção das florestas e da mata ciliar associadas a ocupação irregular de áreas de mananciais e o abastecimento público, causam inúmeros efeitos sobre os rios e lagos, como a diminuição da qualidade da água devido ao processo de eutrofização, o assoreamento das margens, deslizamentos e enchentes, além de mudanças nas condições climáticas regionais e na qualidade do ar, decorrentes da supressão da fauna e da flora local (CARDOSO, 2016).

Espécies de Cactaceae estão entre as inúmeras encontradas no domínio do bioma Mata Atlântica, as quais predominam espécies epífitas (plantas que vivem sobre outras, utilizando-as como suporte, sem a ocorrência de parasitismo). Além disso, possuem grande importância econômica e cultural, sendo utilizadas para fins alimentícios, medicinais e comerciais, além de desempenharem um importante papel na teia alimentar das fitofisnomias onde ocorrem. As principais ameaças às epífitas são provenientes da interferência humana em seu habitat natural e a sua comercialização e extração excessiva, que reduzem drasticamente a sua população, devido ao seu crescimento lento (CAVALCANTE et al., 2013).

Neste artigo, a estrutura morfo-anatômica do fruto do cacto epífito *Lepismium warmingianum* (Rhipsalideae: Cactaceae) foi utilizada como modelo de estudo para produção de ferramentas digitais que possam auxiliar o ensino de botânica. A escolha desta espécie deve-se ao seu endemismo e às suas características morfológicas e anatômicas, que possuem grande potencial para fins didáticos e ilustrativos, facilitando a explicação de conceitos botânicos e a identificação de estruturas.

Ensino da Botânica e Transposição Didática

O ensino da biologia está presente desde o início da vida escolar, sendo inserido de forma mais aprofundada aos jovens estudantes do ensino médio e técnico em áreas voltadas ao meio ambiente. Os principais desafios enfrentados pelos professores, além da falta de interesse por parte dos alunos, estão na dificuldade de utilizar e inserir formas de ensino alternativas que estimulem os alunos a reconhecer e aplicar o conhecimento obtido em sala em seu cotidiano fora do ambiente escolar (MACEDO; URSI; 2016).

Assim, diante dessa dificuldade, surge o conceito de impercepção botânica, que descreve a tendência humana de não reconhecer nem valorizar as plantas, muitas vezes vistas como seres inferiores e sem importância por não apresentarem mobilidade, diferentemente dos animais. (ALVES et al., 2023). Este termo origina-se a partir dos estudos de Wandersee e Schussler (1999) que descrevem o conceito de *plant blindness* (cegueira botânica). No Brasil, a atualização da nomenclatura para 'impercepção botânica' foi proposta por Ursi e Salatino (2022), visando uma terminologia mais adequada. As consequências deste problema vão além da falta de conhecimento a respeito das plantas que nos cercam, pois se associam à falta de percepção sobre a importância e os benefícios que a preservação da grande biodiversidade de espécies vegetais pode proporcionar à população humana. Entre os quais está a manutenção dos serviços ecossistêmicos oferecidos pela natureza, como o fornecimento de recursos materiais essenciais para a sociedade, alimentos e água, e a regulação de processos ecossistêmicos como a qualidade do ar e da água (SINISGALLI; SOUZA, 2020).

Atualmente, além da falta de interesse, a redução de conteúdos relacionados à área de botânica nos currículos de biologia constitui outro fator que agrava a impercepção botânica. De acordo com o currículo paulista fornecido pelo governo do estado (<https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/ensino-medio/>), que define os conhecimentos e as habilidades a serem desenvolvidas em cada etapa de ensino, a botânica é abordada de forma bastante geral e restrita durante o ensino médio, limitando-se a poucos tópicos, como “Diversidade da vida e especificidades dos seres vivos: Biologia das plantas”, conforme sintetizado na Tabela 1. Assim, a abordagem proposta pode resultar em defasagens no ensino da botânica, devido à ausência de conteúdos fundamentais como Morfologia e Anatomia. Desta forma, a realização de atividades que estimulem o olhar científico dos jovens, como a observação de espécimes em aulas práticas, a visita a parques e jardins botânicos, ou até mesmo a utilização da tecnologia, podem ser alternativas para suprir possíveis lacunas no conhecimento e combater a impercepção botânica (URSI et al., 2018; CARNEIRO, et al., 2021).

A transposição didática é o conjunto de transformações adaptativas, cujo principal objetivo é tornar o saber científico, produzido nas universidades por cientistas, em saber a ser ensinado, sendo este o conhecimento transmitido pelos livros didáticos e ensinado em sala de aula (DOMINGUINI, 2008). Portanto, a transposição didática envolve o esforço e a disponibilidade dos educadores em desenvolver estratégias que permitam adequar o conhecimento de acordo com o contexto social em que os alunos estão inseridos (DOMINGUINI, 2008). Desta forma, o processo de transposição deve considerar a

linguagem, uma vez que a aplicada pela ciência não é a mesma utilizada em sala pelo professor, tornando-se necessário adequá-la a uma linguagem mais acessível. Essa linguagem deve facilitar o entendimento do conteúdo a ser ensinado e a sua forma de apresentação, para que o conhecimento seja transformado sem que haja a perda de informações importantes ou a correlação com outros conceitos (BATISTA et al., 2017). Contudo, torna-se responsável por transmitir o conhecimento não apenas o professor, mas todas as outras esferas, envolvidas no processo ensino-aprendizagem, como os supervisores escolares, diretores ou responsáveis pelas instituições. Deve haver contribuição de todos para que seja possível romper o abismo existente entre a ciência e a sociedade sem que haja a desconstrução total do saber e, conseqüentemente, a perda de referências (FILHO, 2000). Diante disso, é evidente a importância da transposição didática como intermediadora no processo de transformação do conhecimento científico em conhecimento escolar em diversas áreas do ensino. Para o ensino e combate à impercepção botânica, pode-se tratar de uma alternativa a ser utilizada pela ciência, através de sua aplicação em diferentes métodos de ensino.

Na literatura é possível encontrar exemplos bem-sucedidos de transposição didática em sala de aula, que demonstram como a adaptação do conhecimento científico através de abordagens eficazes e interativas, pode tornar o ensino mais acessível e contextualizado ao cotidiano dos estudantes. Em 2009, pesquisadores realizaram a transposição didática de artigos científicos em conteúdos didáticos adaptados para alunos do 6º ano do ensino fundamental através da utilização de recursos como aulas expositivas, imagens e exemplares vivos. Em seus resultados, os autores descrevem as atividades realizadas e o envolvimento dos alunos, evidenciando o desenvolvimento de um aprendizado mais significativo e contextualizado (ABENSUR; TERÁN, 2009). Em outro estudo, CARNEIRO et al. (2022) resalta a importância da transposição didática para o ensino da física. A pesquisa apresenta a simulação de situações como uma condicionante da transposição, utilizada para estimular o debate científico através de laboratórios, experimentos, entre outros, aproximando-se do cotidiano e complementando a teoria.

A inclusão de recursos tecnológicos e digitais em sala de aula, as chamadas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), cresceu expressivamente nos últimos anos, impulsionada pelo cenário pandêmico da Covid-19, principalmente em turmas do ensino médio e fundamental. Sua introdução em sala de aula, disponibilizou a professores e alunos, uma variedade de mídias e tecnologias que podem contribuir ativamente para o processo de aprendizagem e desenvolvimento de novas habilidades (BARBOSA et al, 2023).

No entanto, a utilização da tecnologia como recurso pedagógico requer determinadas medidas, como a capacitação de professores e a seleção adequada de acordo com as necessidades e limitações tecnológicas e estruturais de cada unidade escolar. Associado a capacitação dos profissionais, é fundamental que ocorram mudanças nas práticas pedagógicas através da implementação de processos de aprendizagem construtivos, que estejam centrados na participação do aluno e na construção ativa de conhecimentos, cujo principal objetivo seja estimular a independência e o desenvolvimento da capacidade de distinguir, avaliar e organizar as informações apresentadas, resultando melhorias na compreensão dos conteúdos estudados (POZO; et al., 2021; 2024). Em disciplinas como a

biologia ou outras áreas das ciências naturais, o uso de materiais digitais oferece um reforço visual que facilita a compreensão de conceitos e processos abstratos, tornando-os mais simples e acessíveis por meio de recursos que apresentam tridimensionalidade ou movimento, o que aproxima o objeto de estudo da realidade (CARNEIRO, 2019). Em áreas como a botânica, a utilização de abordagens focadas em conhecimentos conteudistas e descontextualizados com o cotidiano dos alunos, pode acarretar na diminuição do interesse dos estudantes no processo de aprendizagem (KATON, G. F, et al. 2013).

Nesse contexto, destacamos o potencial do conhecimento técnico gerado e acumulado no ambiente acadêmico como trabalhos de conclusão de curso (TCCs), dissertações de mestrado, teses de doutorado, livros, e artigos científicos, entre outras produções - que pode ser utilizado como fonte na elaboração de diversos materiais didáticos, contribuindo para melhoria do ensino de ciências e, mais especificamente, da botânica. Diante das lacunas observadas no ensino de Botânica e da importância da transposição didática no processo de aprendizagem, buscamos investigar se a utilização de materiais didáticos digitais, elaborados a partir da transposição do conhecimento científico produzido no meio acadêmico, pode contribuir para a melhoria do ensino de Botânica.

Para isso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma cartilha digital, contendo um modelo tridimensional (3D) e ilustrações, como material didático voltado à difusão do conhecimento acadêmico-científico para outros níveis de ensino, bem como avaliar seu impacto. Para a concretização desse objetivo, foram realizadas: (1) a descrição morfológica e anatômica do fruto do cacto epífito *Lepismium warmingianum*; (2) a elaboração de textos em linguagem acessível ao público-alvo; e (3) a aplicação da cartilha digital junto a alunos do Ensino Médio, associada a atividades didáticas elaboradas com o auxílio do professor da unidade escolar e a avaliações voltadas à verificação do impacto do material no processo de aprendizagem dos estudantes.

Tabela 1. Síntese de conteúdo do Ensino Médio, segundo Currículo Paulista

1º An o	Preservação da biodiversidade; Fluxo de matéria e energia; Metabolismo energético (fotossíntese e respiração celular); Equilíbrio sistêmico do ecossistema;	Preservação da biodiversidade; Efeito estufa; Mudanças climáticas (aquecimento global); Alternativas ecológicas para a produção de energia.	Ideias Evolucionistas; Hereditariedade; Ciclos biogeoquímicos; Poluição do solo, água e ar; Interferência humana nos ciclos biogeoquímicos; Ações mitigatórias da interferência humana nos ciclos biogeoquímicos; Teorias científicas sobre a origem da	Hereditariedade; Níveis de organização celular (tipo, número e complexidade); Níveis de organização celular (metabolismo e obtenção de energia); Fisiologia
--------------------	--	--	---	--

	Soluções para situações de ameaças ao equilíbrio do ecossistema.		vida; Teorias científicas sobre a evolução.	(comparação dos sistemas fisiológicos nas formas de vida); Conceito de espécie; Evolução
2º Ano	Manutenção da vida, fluxos de energia e matéria; Organização celular; Mitose, mecanismo básico de reprodução celular e mitoses descontroladas (cânceres).	Qualidade de vida das populações humanas; distribuição desigual da saúde; Mecanismos de variabilidade genética; Conceitos de genética; Características genéticas, hereditárias, congênitas e adquiridas; Teoria cromossômica da herança; Características hereditárias humanas; Genética humana e saúde.	Indicadores de desenvolvimento humano e de saúde pública; Estrutura química do RNA; Tipos de RNA; Diferenças entre DNA e RNA; Mitose (célula eucariótica e procariótica) e Meiose; Duplicação do DNA e a ação da DNA polimerase; Transcrição; Tradução; Síntese proteica.	A saúde individual e coletiva; Tecnologias de manipulação do DNA – Biotecnologia; Tecnologia de transferência do DNA; Tecnologias de manipulação do DNA; Engenharia genética e produtos geneticamente modificados; Riscos e benefícios de produtos geneticamente modificados;
3º Ano	Organelas celulares e processos de obtenção de energia; Biodiversidade - conceito e importância; Critérios de classificação, regras de nomenclatura e categorias taxonômicas reconhecidas; Níveis de	A organização celular como característica fundamental (retomada); Biologia das plantas: Aspectos evolutivos e características gerais; Biologia das plantas: Adaptação das angiospermas e importância ambiental;	DNA como o código da vida; Transmissão da vida e mecanismos de variabilidade genética; Mecanismos da evolução das espécies; Origem da vida: Concepções mítico-religiosas, Teorias científicas, Experimentos; Mecanismos da evolução das espécies; Embriologia comparada; Ideias evolucionistas de	Tecnologias de manipulação do DNA – Biotecnologia; (Retomada); Tecnologia de transferência do DNA; (Retomada); Tecnologias de manipulação do DNA; (Retomada); Origem e evolução da vida; Evolução biológica e

	organização, obtenção de energia, estruturas, importância econômica e ecológica.	Biologia dos animais; Sexualidade; Qualidade de vida.	Darwin e de Lamarck; Origem da fotossíntese; Conquista do ambiente terrestre por plantas e animais; Árvores filogenéticas.	cultural; O futuro da espécie humana; Intervenção humana na evolução.
--	--	---	--	---

A tabela apresenta o conteúdo da disciplina de Biologia no ensino médio, de acordo com o Currículo Paulista [<https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/ensino-medio/>].

Metodologia

A metodologia foi desenvolvida em duas etapas: na etapa inicial foi realizada a pesquisa e preparação do material que, posteriormente, foi utilizado no ambiente escolar, e a segunda consistiu na adaptação do conteúdo científico para o contexto educacional, com o objetivo de facilitar a transmissão do conhecimento aos estudantes, seguido de aplicação e avaliação da ferramenta digital em alunos do primeiro ano do ensino médio na Escola Estadual Margarida Pinho Rodrigues em São Vicente, SP.

Desta forma, durante a primeira fase do projeto foram realizadas as seguintes atividades:

Análise anatômica

Para a produção do material didático, foram analisadas, em microscópio óptico, lâminas permanentes do acervo do grupo de pesquisa do Laboratório de Morfologia Vegetal do Campus do Litoral Paulista, da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de São Vicente, relativas ao fruto do cacto epífito *Lepismium warmingianum*, em diferentes estágios de amadurecimento. A observação das lâminas foi realizada através do microscópio de luz Bell, equipado com sistema de captura de imagens.

A partir desta análise, foi construída uma biblioteca de imagens para ilustrar a anatomia do fruto de *L. warmingianum* durante seu desenvolvimento. Com base nas imagens selecionadas, foram redigidas descrições anatômicas do órgão vegetal voltadas ao ensino médio e técnico. Posteriormente, foi realizada a edição das imagens em pranchas, através da utilização do software Adobe Photoshop, de forma a ilustrar as características marcantes de cada estágio do desenvolvimento do fruto e auxiliar no entendimento do que foi descrito.

Reconstrução morfológica tridimensional (3D)

Após o processo de seleção e descrição das imagens, foi realizada a reconstrução tridimensional (3D) do fruto de *Lepismium warmingianum*, utilizando o aplicativo de captura “3D Polycam”, também disponível na web através do endereço eletrônico [<https://poly.cam/>], em sua versão “pro”, que contém número ilimitado de capturas e mais

de 12 formatos de exportação, incluindo OBJ, essencial para a produção do material digital em três dimensões.

As imagens necessárias para a digitalização foram obtidas através da utilização do modo de captura chamado Modo Foto, que captura uma sequência de fotos de um objeto, de muitas perspectivas e ângulos diferentes. Para que a maior quantidade de detalhes seja registrada, seguimos as recomendações do aplicativo de capturar entre 25 e 200 fotos, no mínimo, para obter um bom modelo 3D. Além disso, pelo menos 50% de sobreposição deve ser mantida entre as fotos, não sendo necessário abranger todo o objeto em todas as fotos, sendo possível se aproximar para a captura de áreas detalhadas. Desta forma, foram capturadas aproximadamente 250 fotos utilizando uma base que permitia girar e mover o objeto a ser fotografado, facilitando a captura de diferentes ângulos através da movimentação do fruto e do posicionamento do celular de acordo com as estruturas a serem fotografadas e os detalhes que serão capturados, proporcionando um modelo 3D rico em detalhes e texturas.

A partir deste conjunto de fotos, o aplicativo realizou o processamento das imagens e a reconstrução do objeto em 3D, que pode ser visualizado a partir de diferentes ângulos, sendo possível ampliar e girar o objeto, e utilizar as ferramentas de edição que permitem ajustar o tamanho, medir e remover partes indesejadas. A imagem final pode ser exportada, baixada, ou compartilhada em diferentes formatos de acordo com sua finalidade.

Na fase final da primeira etapa do projeto, as imagens em conjunto com a digitalização do fruto foram reunidas e utilizadas para a criação de um catálogo digital sobre a morfo-anatomia vegetal de cactos epífitos, no qual foi apresentado um modelo digital tridimensional, com imagens e textos que descrevem características estruturais do fruto de *L. warmingianum*. O catálogo digital foi desenvolvido através da utilização do Word Microsoft 365, sendo a versão final compartilhada em modo de visualização, para que não ocorram modificações em seu conteúdo durante a divulgação do material.

Aplicação da Ferramenta Didática

Após o desenvolvimento do material didático, a segunda etapa do projeto consistiu na aplicação e avaliação da ferramenta em turmas do Ensino Médio. A unidade escolar selecionada foi a Escola Estadual Margarida Pinho Rodrigues, localizada na Vila Margarida, município de São Vicente (SP) (SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2025a). A escola está situada em um bairro periférico com altos índices de violência e vulnerabilidade socioeconômica. Além disso, apresenta deficiências de infraestrutura e quantidade limitada de dispositivos com acesso à internet, como computadores e tablets, o que não atende à demanda de todos os alunos (SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2025b). Em decorrência dessas limitações, algumas atividades precisaram ser remarcadas por problemas estruturais na escola, e outras foram remanejadas devido à indisponibilidade de dispositivos para todos os alunos.

Para desenvolver as atividades, foram consultados estudantes do ensino médio, avaliando inicialmente seu conhecimento prévio sobre botânica. Em seguida, o catálogo digital foi apresentado, e os alunos foram questionados a respeito do método de abordagem

e a eficácia do material em sanar possíveis dúvidas. A partir das opiniões e sugestões coletadas, as atividades foram elaboradas de acordo com o contexto dos alunos e infraestrutura escolar.

A cartilha digital foi apresentada aos alunos através de uma sequência didática composta por aulas geminadas definidas de acordo com o calendário escolar e planejamento da professora que coordenou o projeto na escola. Assim, foram realizadas aulas teóricas e aulas práticas, que ocorreram em dois momentos distintos:

1) Aula teórica niveladora na escola: os estudantes foram apresentados a conceitos básicos sobre Morfologia e Anatomia Vegetal;

2) Visita ao Campus do Litoral Paulista, da UNESP: onde foram realizadas atividades teóricas e práticas.

Neste momento, os alunos foram divididos em grupo controle e experimento. No início da atividade, os estudantes foram submetidos a uma avaliação inicial (Apêndice A) para observar o conhecimento prévio dos alunos; em seguida, os alunos do grupo experimento tiveram contato com a cartilha vegetal, a fim de ilustrar conceitos e facilitar a compreensão dos estudantes; por fim, os estudantes, de ambos os grupos, foram conduzidos a casa de vegetação para conhecerem espécies de cactos epífitos cultivados no Campus do Litoral Paulista, e submetidos a uma atividade prática em laboratório de microscopia, para exercitarem os conceitos sobre morfologia e anatomia do fruto, bem como analisar e refletir sobre a morfologia vegetal *in loco*.

Nossa abordagem teve como referência as orientações da professora responsável pela turma do ensino e o currículo paulista, obtido no site <https://efape.educacao.sp.gov.br>. Foram abordadas temáticas como “Preservação da biodiversidade” e “Biologia das plantas” sempre que possível, visando suprir defasagens detectadas no conteúdo do ensino da botânica no ensino médio, relativo à morfologia vegetal.

Avaliação da Ferramenta Didática

Para avaliar a eficiência e usabilidade do material, foram desenvolvidas atividades teóricas e práticas com três turmas de estudantes do 1º ano do ensino médio. Participaram desta fase avaliativa 68 alunos definidos pela Professora responsável juntamente com a Coordenadora da Escola, de acordo com as normas, requisitos para autorização da saída de alunos, o calendário escolar e a disponibilidade de veículos para o transporte até a Universidade. Os alunos foram distribuídos entre o grupo controle e o grupo experimento, contendo, respectivamente, 33 e 35 estudantes. Os critérios de seleção foram a frequência acima de 69%, e a entrega de 50% das atividades.

Inicialmente, todos os alunos tiveram contato inicial com o tema através de uma aula teórica ministrada na escola, assim, todos foram submetidos ao experimento de forma nivelada acerca do conteúdo.

Para avaliar o desempenho dos alunos, avaliações prévias e posteriores as atividades foram aplicadas para que as notas fossem utilizadas como medida de fixação do conteúdo. A

Avaliação Diagnóstica Inicial (Apêndice A) consistiu na avaliação dos estudantes quanto aos seus conhecimentos botânicos iniciais através da aplicação de um questionário simples. Após a realização da atividade, uma nova avaliação, a Avaliação Final (Apêndice B), foi aplicada para comparação “Antes” e “Depois”, e medir a assimilação do conteúdo.

Posteriormente, a comparação entre as notas “Antes” e “Depois” obtidas, permitiu verificar a influência da cartilha no aprendizado (OLIVEIRA, 2020). As avaliações foram desenvolvidas a partir do conteúdo apresentado aos alunos, contendo 10 questões objetivas que abrangem conceitos sobre a Morfologia e Anatomia Vegetal e o Amadurecimento dos frutos.

O desempenho dos estudantes foi analisado em dois contextos distintos, onde um grupo de alunos, o “grupo experimento”, realizou atividades práticas com o apoio da cartilha digital, enquanto outro grupo de alunos, o “grupo controle”, realizou as mesmas atividades sem o auxílio da cartilha. O grupo “Experimento” teve contato com a cartilha digital anteriormente à atividade prática, através de uma aula teórica no laboratório de informática (CAMARGO, 2015). As atividades práticas foram realizadas no Laboratório Didático de Microscopia, e a aula teórica com uso da cartilha digital foi realizada no Polo de Informática, ambos no Campus do Litoral Paulista, da UNESP de São Vicente.

Após o desenvolvimento das atividades e avaliações, foi aplicado um questionário para coletar a opinião de alunos e professores sobre a eficácia dos materiais didáticos e a clareza das explicações. Com base no feedback e nos resultados de aprendizagem, os materiais e as estratégias de ensino foram ajustados e aprimorados.

Análise de dados

Os dados foram analisados estatisticamente através do software R.

A comparação entre o desempenho dos alunos foi realizada através do Teste de Mann-Whitney U, utilizando como variáveis a diferença entre as notas do momento “Depois” e “Antes”, nomeada como Ganho, e o grupo, Experimento ou Controle.

Através do desenvolvimento do projeto foi produzido um catálogo digital, com imagem tridimensional (objeto 3D) que ilustra a morfologia do fruto de uma espécie de *Lepismium warmingianum*, permitindo rotação do objeto 3D, para melhor visualização de sua morfologia externa.

Resultados

I. Resultados do Desenvolvimento do Material didático

O produto final consiste em uma Cartilha Vegetal dividida em três tópicos principais. O primeiro tópico apresenta a biodiversidade da Mata Atlântica, a importância do bioma para a sociedade, os serviços ecossistêmicos prestados, e o estado de conservação atual. O segundo tópico utiliza a reconstrução morfológica tridimensional (3D) da cactácea *Lepismium warmingianum* para ilustrar características morfológicas externas do fruto. Por fim, o

último: “descrição anatômica e morfológica do fruto de *Lepismium warmingianum*” subdivide-se para descrever o processo de desenvolvimento do fruto e os estágios de amadurecimento. Para ilustrar as características e estruturas são utilizadas pranchas e imagens da anatomia do fruto em diferentes aumentos e cortes (transversal e longitudinal). De acordo com os princípios da transposição didática, os textos contidos na cartilha foram redigidos utilizando uma linguagem simples e descritiva, para facilitar o entendimento do conteúdo pelo público-alvo. Além disso, ao final da cartilha, foi incluído um glossário para definir termos cuja utilização da terminologia científica se mostrou inevitável.

A versão final do catálogo digital pode ser encontrada no link a seguir: [Cartilha vegetal.docx](#), sendo necessário a utilização do MS- Word para que sua visualização seja adequada. Para elucidar o conteúdo citado, ao final deste trabalho será anexado a versão em PDF da Cartilha Vegetal.



Figura 1 - Reconstrução tridimensional de um ramo com frutos de *Lepismium sp.* em diferentes ângulos.

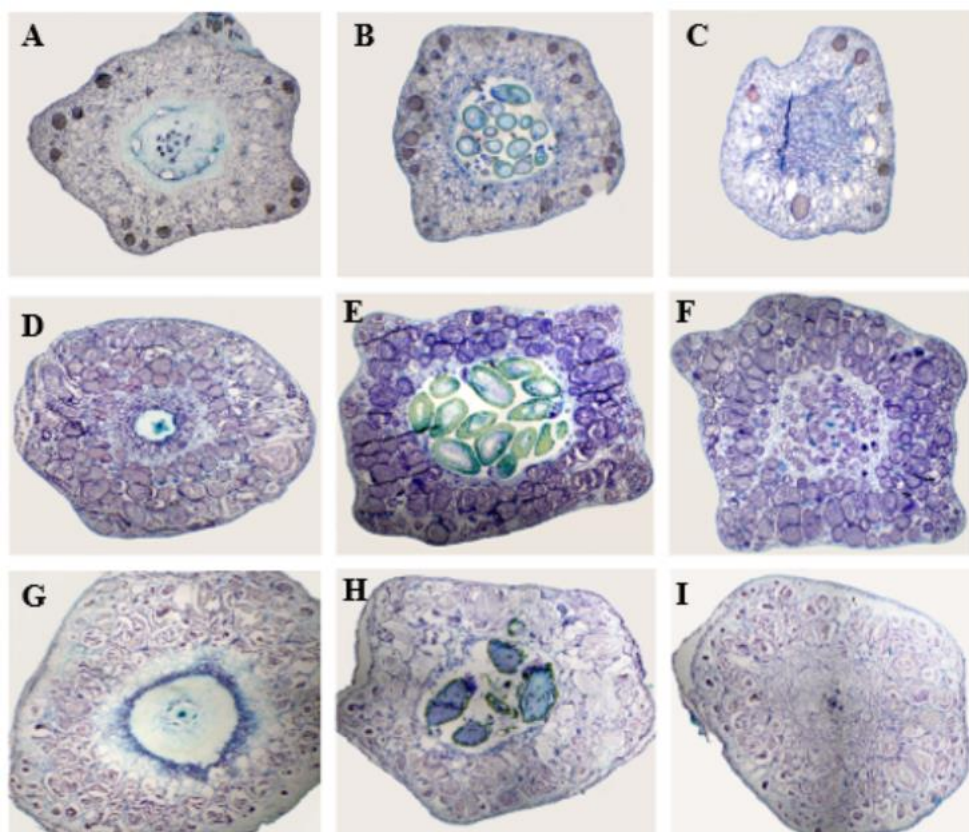


Figura 2 - Fruto de *Lepismium warmingianum* em diferentes estágios do amadurecimento. Fruto jovem (A, B e C), fruto em estágios intermediários (D, E e F) e o fruto maduro (G, H e I). Prancha utilizada na Catilha vegetal para elucidar os diferentes estágios do amadurecimento.

II. Aplicação e Avaliação em Sala de Aula

Durante o desenvolvimento das aulas teóricas, foram apresentados inicialmente conceitos gerais a respeito da morfologia e anatomia dos frutos, e posteriormente, sobre o processo de amadurecimento dos frutos utilizando a Cartilha vegetal como apoio. Apesar da utilização de recursos visuais, como imagens e reconstruções 3D, e a utilização de Quiz interativos, a participação dos alunos ocorreu apenas quando estimulada através de questionamentos, havendo a perda do interesse ao longo do tempo.



Figura 3 – Aula teórica niveladora. **Fonte:** Spinola, G., 2025.



Figura 4 – Alunos do Grupo Experimento durante a aula teórica. **Fonte:** Spinola, G., 2025.

Em contraste, durante a aplicação da aula prática onde desenvolveram uma atividade que consistia na observação de lâminas através do microscópio óptico, parte dos alunos apresentaram maior interesse, essencialmente pela novidade de estar interagindo com equipamentos como o microscópio.



Figura 5 – Alunos participando da atividade prática. **Fonte:** Spinola, G. 2025.

Além das observações gerais, foram coletados dados sobre o desempenho dos alunos através da Avaliação Diagnóstica Inicial e da Avaliação Final, aplicada a 68 estudantes divididos entre o Grupo Controle, com 35 alunos, e o Grupo Experimento, com 33 alunos. Os resultados obtidos na Avaliação Diagnóstica Inicial do grupo controle apresentaram média 3,94 e na Avaliação Final, média de 3,54, indicando uma ligeira diminuição no desempenho dos alunos ao longo do tempo. Já o Grupo Experimento obteve médias de 4,63 e 4,66, respectivamente, havendo uma pequena melhoria após a intervenção.

III. Análise Estatística

Para verificar a presença de diferença estatística significativa no desempenho dos alunos do Grupo Controle e do Grupo Experimento, foi realizada a comparação da variável **Ganho** entre os dois níveis da variável Grupo (Controle e Experimento). Inicialmente, avaliou-se a suposição de homogeneidade de variâncias (homoscedasticidade), utilizando o Teste de Levene. A princípio, o teste aplicado aos dados originais, indicou a ausência de homoscedasticidade. Para corrigir a heterocedasticidade e/ou a não-normalidade da variável Ganho, foi realizada a transformação dos dados, utilizando $\log(4.5 + \text{Ganho})$. O valor de (4,5) é uma constante de deslocamento adicionado para garantir que todos os valores da variável Ganho sejam positivos, antes da aplicação do logaritmo, visto que o valor mínimo de ganho era - 4.

No entanto, mesmo após a transformação dos dados o Teste de Levene indicou a rejeição da hipótese nula de homogeneidade de variâncias, ou seja, pelo menos uma variância é diferente das outras, havendo, portanto, heterogeneidade das variâncias ($F = 5.98$, $p = 0.017$). Desta forma, uma vez que a suposição não foi atendida, optamos em utilizar um Teste de Mann-Whitney U, um teste estatístico não paramétrico, que não exige a normalidade dos dados ou a presença de variâncias iguais.

Os resultados obtidos através da aplicação do Teste de Mann-Whitney U demonstram a ausência de diferença estatística significativa ($W = 492$, $p = 0.29$).

Para ilustrar a comparação do desempenho entre os grupos realizamos um Boxplot que apresenta a distribuição da variável Ganho entre os Grupo Controle e Experimento utilizando a média e a mediana dos dados da variável. A análise visual do gráfico reforça os resultados obtidos através do Teste de Mann-Whitney U, com $p = 0.29$, evidenciado pela similaridade da mediana, representada pela linha central das caixas, e da média, losango vermelho, entre os dois grupos, que estão alinhadas e próximas ao valor 0 no eixo y, o que sugere que as distribuições são relativamente simétricas. A distribuição dos pontos cinzas, que representam o desempenho individual dos alunos, demonstram a variabilidade do Ganho, que ocorre de -4 a +4 em ambos os grupos.

Em síntese, o valor de $p = 0.29$ não significativo e a evidência visual, confirmam que a intervenção utilizada no grupo experimento, a Cartilha Vegetal como material didático, não produziu o efeito esperado, o aumento no desempenho dos alunos quando comparado com o Grupo Controle.

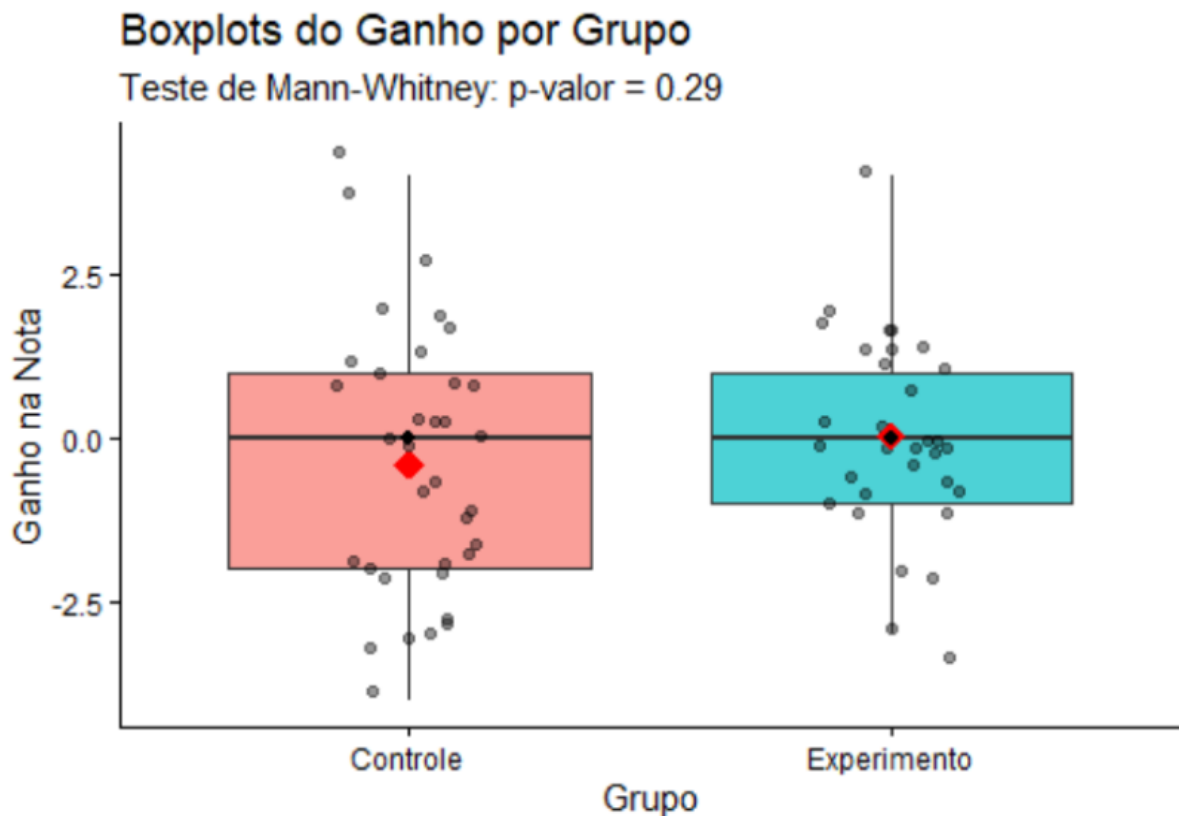


Figura 2 – Boxplot do Ganho entre o Grupo Controle e o Grupo Experimento. O gráfico compara a distribuição da variável **Ganho** (eixo Y) entre os dois níveis da variável **Grupo** (eixo X). A linha horizontal preta dentro da caixa representa a **mediana (50º percentil)**. O losango vermelho (♦) indica a **Média Aritmética**. Os pontos cinzas representam as observações individuais de cada participante. O Intervalo Interquartil (IQR), que corresponde à altura da caixa, é a área que contém 50% dos dados centrais.

Discussão

A análise dos dados indicou a ausência de diferença estatística significativa no ganho de conhecimento e melhora do desempenho entre o Grupo Controle e o Grupo Experimento ($W = 492$, $p = 0.29$). Apesar dos dados qualitativos e descritivos sugerirem, inicialmente, uma tendência positiva, através da manutenção da média de nota do Grupo experimento ($4,63 \rightarrow 4,66$) quando comparada a “queda” no desempenho do Grupo controle ($3,92 \rightarrow 3,54$), não foi suficiente para que esta tendência se tornasse estatisticamente significativa.

Este resultado, embora não seja o esperado, pode ser explicado pelas observações feitas em sala de aula. Como relatado anteriormente, a participação dos alunos durante a aula teórica ocorreu “apenas quando estimulada”, havendo “perda do interesse ao longo do tempo”, sendo possível supor que estas observações estejam ligadas ao baixo engajamento dos alunos. Neste cenário, a utilização da cartilha vegetal como apoio a uma aula teórica expositiva pode ter influenciado na ausência de impacto do material, uma vez que aulas expositivas comumente se baseiam na apresentação de conceitos, o excesso de teoria pode tê-la tornado maçante ao longo do tempo fazendo com que aumentasse o nível de distração e desinteresse dos alunos, e conseqüentemente, a ausência de interatividade dos alunos com o conteúdo.

Embora a intervenção, no contexto geral, não tenha sido significativa, o maior nível de engajamento dos alunos durante a atividade prática sugere que possivelmente, se aplicado em um contexto pedagógico diferente, o material didático poderia ser mais eficiente. Portanto, este resultado mostra que quando utilizado como um complemento a uma metodologia de ensino passiva, a aula expositiva, o potencial do material foi reduzido. Uma nova avaliação, sobre a utilização como um guia em metodologias de aprendizagem ativa, se faz necessário para avaliar se haveria impactos positivos no desempenho dos alunos.

Este achado corrobora estudos anteriores, que afirmam a necessidade de reestruturar as práticas pedagógicas para que o recurso tecnológico seja integrado de forma significativa ao ensino (POZO et al, 2024). A utilização mais comum dos recursos tecnológicos está associada a metodologias de ensino tradicionais, onde as ferramentas tecnológicas são utilizadas apenas para apresentar ou transmitir informações, baseando-se em uma aprendizagem centrada no professor como transmissor do conhecimento e na qual os alunos apenas memorizam informações para fins imediatos, como uma avaliação. Neste cenário, materiais como a Cartilha Vegetal podem acabar apresentando efeito limitado. O resultado não significativo ($p=0,29$) deste trabalho alinha-se a afirmação do autor de que a utilização de tecnologias se torna ineficaz se não houver a atualização da metodologia de ensino que priorizem a assimilação do conteúdo e a participação dos alunos no processo de aprendizagem.

Desta forma, torna-se essencial analisar a contribuição do material didático para este resultado. A cartilha vegetal foi elaborada com foco em descrições morfológicas e anatômicas detalhadas e imagens ilustrativas. Apesar da qualidade do conteúdo apresentado, e da proposta de integrar a teoria e a utilização de tecnologias como a reconstrução tridimensional do fruto, no contexto de uma aula teórica, possivelmente este formato não tenha sido um diferencial. Ao ser usada apenas como material de apoio, em uma aula expositiva, a cartilha

pode ter apresentado o efeito oposto ao esperado, sendo percebida pelos alunos apenas como “mais teoria”.

Por outro lado, a participação dos estudantes durante a aula prática, mesmo decorrente da curiosidade pelo ambiente novo, reforça os estudos de Carneiro, et al. (2021), e URSI et al. (2018), que defendem a utilização de metodologias ativas que estimulem o aprendizado através de atividade didáticas interativas que incentivam os alunos a correlacionar a teoria e a prática e a reconhecer o conteúdo abordado em seu cotidiano.

Dentre as limitações deste estudo, a principal pode ser encontrada na escolha da intervenção, ao optar por uma metodologia passiva como alternativa para a aplicação do material didático, o que possivelmente pode ter resultado na subutilização do material. Adicionalmente, a limitação da amostra do estudo em apenas uma escola, restringiu a generalização destes resultados a outros cenários e o desenvolvimento das atividades em um curto período não permitiu uma análise mais robusta da fixação do conteúdo a longo prazo.

Neste contexto, a execução das atividades apresentou pontos positivos, como a divulgação do conhecimento científico produzido dentro das universidades através da produção de materiais didáticos, e a integração dos alunos ao ambiente acadêmico e universitário; e negativos, como problemas logísticos que interferiram na execução das atividades na unidade escolar, resultando em adaptações no planejamento original durante a apresentação da aula.

Apesar das limitações, o estudo gera implicações relevantes. Evidencia-se a necessidade de adaptar metodologias de ensino de acordo com os recursos tecnológicos utilizados, aplicando-a em cenários onde o aluno seja o agente ativo do conhecimento. Portanto, em futuros estudos sugere-se que o estudo seja reaplicado utilizando um delineamento experimental focado em métodos de aprendizagem ativa onde a Cartilha vegetal seja o foco central. Além disso, recomenda-se a adaptação das atividades para que sejam desenvolvidas ao longo do semestre e possa ser observado e acompanhado o processo de aprendizagem e fixação do conteúdo ao longo do tempo.

Conclusão

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma cartilha digital com modelo tridimensional (3D) e ilustrações, como material didático no ensino da botânica, e avaliar seu impacto no desempenho de alunos do ensino médio.

A análise dos dados indicou a ausência de diferença estatística significativa ($W = 492$, $p = 0.29$) no ganho de conhecimento e melhora do desempenho dos alunos que utilizaram a Cartilha Vegetal como material de apoio.

A partir da análise aprofundada dos dados quantitativos e qualitativos obtidos, é possível afirmar que este resultado se deve ao delineamento experimental escolhido e não a uma falha na qualidade do material didático desenvolvido. Portanto, conclui-se que apesar dos potenciais benefícios de implementar recursos digitais, é imprescindível que associado à sua utilização ocorra a atualização das metodologias utilizadas pelos professores em sala de aula, priorizando a aprendizagem ativa. Desta forma, a principal implicação obtida por meio

deste trabalho é a evidência de que a mera inserção de materiais didáticos, como a Cartilha Vegetal, em práticas pedagógicas que seguem os métodos tradicionais de transmissão passiva do conhecimento não é eficaz.

Agradecimentos

Referências

- ABENSUR, E.; TERÁN, A.; (2017). Transposição didática: artigos científicos sobre quelônios amazônicos e seu uso em conteúdos didáticos para o ensino de ciências. *Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 2(3), 61-65.
- ALVES, T. L. R. MEDEIROS, P. D. S. L.; VASCONCELOS, N. R. D.; OLIVEIRA, R. A.; ARAUJO, Z. M.; SILVA, J. L. J. ; LUCENA, B. K. P. 2023. A Cegueira Botânica: Qual a sua relação com o ensino da biologia vegetal? *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2).
<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i2.2750>.
- ARUS, G. Z.; OLIVEIRA, A. D. DE. O ENSINO DE BOTÂNICA NO ENSINO MÉDIO E ÁREAS VERDES URBANAS. *Educação Ambiental em Ação*, v. XVIII, n. 69, 27 set. 2019.
- BATISTA-FILHO, A.; GOMES, E.; KALHIL, J.; CARVALHO, L. CAVALHEIRO, J. 2012. Transposição didática no ensino de ciências: facetas de uma escola do campo de Parintins/AM. *Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, v. 5, n. 8, p. 71-82.
- BARBOSA, O.L. M. et al. Materiais didáticos digitais para o ensino/aprendizagem das ciências naturais: uma análise bibliométrica. *Texto Livre*, v. 16, p. e46865, 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.46865>
- BRANDÃO DE OLIVEIRA, E. A tecnologia na sala de aula: alternativa para o ensino de Botânica no Ensino Médio. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.
- CAMARGO, G. F. Recursos e metodologias aplicados no ensino de Botânica. 2015. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- CAMPOS, E; F; E;. Ensino, pesquisa, extensão: Contribuições da pesquisa-ação. *Actualidades Investigativas en Educación*, v. 20, n. 1, p. 533-551, 2020.
<http://dx.doi.org/10.15517/aie.v20i1.39972>
- CARNEIRO, E. C. et al. A produção de materiais didáticos para o ensino de botânica: uma revisão de literatura. E-book VII CONEDU 2021 - Vol 01... Campina Grande: Realize Editora, 2022. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/82049>>
- CARNEIRO, T. A.; PRADO, P. S. TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: UM OLHAR PARA O ENSINO DA FÍSICA. *Professare*, [S. l.], v. 11, n. 3, p. e3065-e3065, 2022. DOI: 10.33362/professare.v11i3.3065.
- CARNEIRO, J. W. A. O ensino-aprendizagem de botânica a partir de metodologias ativas com o uso de tecnologias digitais. Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2019.
- CAVALCANTE, A.; TELES, M.; MACHADO, M. 2013. Cactos do semiárido do Brasil: guia ilustrado. Campina Grande: INSA, 2013.
- CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. 2018. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação - PNE 2014-2024 e dá outras providências. Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018.
https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECESN72018.pdf
- DOMINGUINI, L. A transposição didática como intermediadora entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar. *Revista Eletrônica de Ciências da Educação*, v. 7, n. 2, 2008.
- Ensino Médio | EFAPE | Programa Currículo Paulista. Disponível em:
<<https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/ensino-medio/>>.

- FILHO, A.P.J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 174–188, 2000.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2022-2023. São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP3W34T/4C2JEEE>>.
- ILOMÄKI, L.; LAKKALA, M. Digital technology and practices for school improvement: innovative digital school model. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, v. 13, n. 1, dez. 2018. <https://doi.org/10.1186/s41039-018-0094-8>
- KATON, G. F., NAOMI T., e SAITO, L. C. "A cegueira botânica e o uso de estratégias para o ensino de botânica." III Botânica no Inverno (2013): 179-82.
- MACEDO, M.; URSI, S. 2016. Botânica na Escola: uma proposta para o ensino de histologia vegetal. Revista da SBEnBio, 9:2723-33.
- MAZZURANA, R. E. 2016. Mata Atlântica: patrimônio natural, cultural e biológico do Brasil. Encontros Teológicos, 31(3):459-472. <https://doi.org/10.46525/ret.v31i3>
- Mata Atlântica. SOS Mata Atlântica. MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/biomas/mata-atlantica>>.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2002. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 404 p.
- NEVES, K. C. R.; BARROS, R. M. DE O. DIFERENTES OLHARES ACERCA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA. Investigações em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, p. 103–115, 2011.
- ONU/BRASIL. 2022. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Nações Unidas Brasil. Acessado em <brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- POZO, J.-I.; CABELLOS, B.; PÉREZ ECHEVERRÍA, M. DEL P. Has the educational use of digital technologies changed after the pandemic? A longitudinal study. PLOS ONE, v. 19, n. 12, 12 dez. 2024. DOI: [10.1371/journal.pone.0311695](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311695)
- POZO, J.-I. et al. Teaching and Learning in Times of COVID-19: Uses of Digital Technologies During School Lockdowns. Frontiers in Psychology, v. 12, 29 abr. 2021. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.656776>
- RAFAELLA, J.; ROCHA, D. C. A EXTENSÃO COMO ELO DO ENSINO E DA PESQUISA UNIVERSITÁRIA. Revista Conexão UEPG, v. 11, n. 3, p. 356–363, 2015.
- SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Ficha da Escola Estadual Margarida Pinho Rodrigues – São Vicente (SP)*. São Paulo: SEE-SP, 2025a. Disponível em: <https://www.educacao.sp.gov.br/cgrh/escolas/margarida-pinho-rodrigues/>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Transparência Educação: detalhes da Escola Estadual Margarida Pinho Rodrigues – São Vicente (SP)*. São Paulo: SEE-SP, 2025b. Disponível em: <https://transparencia.educacao.sp.gov.br/Home/DetalhesEscola?codesc=12300>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- SINISGALLI, P.A. A.; DE SOUSA JR, W. C. Serviços ecossistêmicos. Diálogos Socioambientais, v. 3, n. 07, p. 5-7, 2020.
- TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. Megadiversidade. 1(1):132-138.
- URSI, S. BARBOSA, P. P.; SANO, P. T.; BERCHEZ, F. A. S. 2018. Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. Estudos Avançados, 32 (94): 7-24.
- URSI, S.; SALATINO, A. É tempo de superar termos capacitistas no ensino de Biologia: “impercepção botânica” como alternativa para “cegueira botânica”. Boletim de Botânica, São Paulo, v. 39, p. 1-4, 2022.
- WANDERSEE, J. H.; SCHUSSLER, E. E. Preventing plant blindness. **The American Biology Teacher**, [S. l.], v. 61, n. 2, p. 82-86, 1999.

Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma cartilha digital com modelo tridimensional (3D) e ilustrações, como material didático no ensino da botânica, e avaliar seu impacto no desempenho de alunos do ensino médio.

O presente estudo resultou na produção de uma Cartilha vegetal, que apresenta de forma didática a descrição anatômica e morfológica do fruto de *Lepismium warmingianum*, através de imagens ilustrativas que evidenciam as principais características estruturais da espécie como as cavidades secretoras de mucilagem.

Além disso, a análise dos dados obtidos através da aplicação e avaliação do material em sala de aula evidenciou a ausência de diferença estatística significativa ($W = 492$, $p = 0.29$) no ganho de conhecimento e melhora do desempenho dos alunos que utilizaram a Cartilha Vegetal como material de apoio.

A partir da análise aprofundada dos dados quantitativos e qualitativos obtidos, é possível afirmar que este resultado se deve ao delineamento experimental escolhido e não a uma falha na qualidade do material didático desenvolvido. É fundamental reconhecer as limitações que permearam a execução deste estudo e que contribuem para estes resultados. Além da escolha de uma intervenção passiva, a limitação do estudo a uma amostra obtida em apenas uma única escola e a utilização de um instrumento avaliativo, como as avaliações contendo questões objetivas, podem ter atuado como fatores determinantes.

Apesar do resultado estatístico não-significativo, este projeto contribuiu positivamente para a divulgação do conhecimento científico produzido na universidade, promovendo a integração entre o ambiente acadêmico e o ensino básico.

Portanto, conclui-se que apesar dos potenciais benefícios de implementar recursos digitais, é imprescindível que associado à sua utilização ocorra a atualização das metodologias utilizadas pelos professores em sala de aula, priorizando a aprendizagem ativa. Diante disso, recomenda-se para trabalhos futuros a reaplicação deste estudo com um delineamento focado no uso da Cartilha Vegetal como ferramenta central de uma aula prática, permitindo que o verdadeiro potencial do material seja avaliado através de metodologias de ensino ativas.

APÊNDICE A

Avaliação Diagnóstica – Atividade Prática Laboratório

1. Qual é a função dos feixes vasculares?
 - a) Proteger a planta contra pragas
 - b) Fornecer cor e sabor a fruta
 - c) Transporte de água, nutrientes e açúcares
 - d) Regular a taxa de crescimento

Alternativa correta: C

2. As células do parênquima podem ter várias funções, **exceto**:
 - a) Fotossíntese
 - b) Transporte de seiva bruta
 - c) Armazenamento
 - d) Trocas gasosas

Alternativa correta: B

3. As cavidades secretoras são estruturas responsáveis por:
 - a) Realizar fotossíntese em ambientes escuros
 - b) Proteger a planta contra o ataque de fungos e bactérias
 - c) Estimular o crescimento das raízes
 - d) Produzir e armazenar substâncias como água, óleos e resinas

Alternativa correta: D

4. O tecido vegetal que reveste externamente as plantas é chamado de
 - a) Epiderme
 - b) Colênquima
 - c) Xilema
 - d) Floema

Alternativa correta: A

5. Qual é o tecido responsável pelo armazenamento de substâncias?
 - a) Esclerênquima
 - b) Parênquima de reserva
 - c) Colênquima
 - d) Cutícula

Alternativa correta: B

6. A parte do fruto que envolve diretamente a semente é chamada de:
 - a) Mesocarpo
 - b) Epicarpo
 - c) Cotilédone

d) Endocarpo

Alternativa correta: D

7. O epicarpo, mesocarpo e endocarpo juntos formam:

- a) A casca da semente
- b) O embrião vegetal
- c) O pericarpo do fruto
- d) O cotilédone

Alternativa correta: C

8. Qual é o tecido fundamental mais comum nas plantas?

- a) Parênquima
- b) Xilema
- c) Colênquima
- d) Esclerênquima

Alternativa correta: A

9. As substâncias produzidas nas cavidades secretoras podem desempenhar a seguinte função:

- a) Nutrição
- b) Germinação de sementes
- c) Fotossíntese intensa
- d) Defesa contra herbívoros ou atração de polinizadores

Alternativa correta: D

10. A epiderme das plantas tem como uma de suas principais funções:

- a) Produzir seiva elaborada
- b) Proteger os tecidos internos e controlar trocas gasosas
- c) Transportar água e sais minerais
- d) Realizar divisão celular contínua

Alternativa correta: B

APÊNDICE B

Avaliação Final – Atividade Prática Laboratório

1. As regiões internas do fruto (mais claras e com células grandes) correspondem a qual tipo de tecido?
 - a) Colênquima
 - b) Xilema
 - c) Parênquima
 - d) Epiderme

Alternativa correta: C

2. A partir da observação da lâmina, identifique as estruturas circulares, de coloração mais intensa, e sua respectiva função:
 - a) Tricomas; proteção contra herbívora e perda de água
 - b) Estômatos; trocas gasosas
 - c) Feixes vasculares; transporte de seiva bruta e elaborada
 - d) Cavidades secretoras; produção e armazenamento de substâncias como mucilagem e óleos essenciais

Alternativa correta: D

3. Na 3ª lâmina é possível visualizar estruturas organizados em formato circular, com coloração verde ou azulada. Estas estruturas correspondem a:
 - a) Feixe vasculares com xilema e floema
 - b) Cavidades secretoras
 - c) Sementes
 - d) Estômatos

Alternativa correta: A

4. Quais estruturas podem ser observadas na 4ª lâmina?
 - a) Estilete, estigma e ovário
 - b) Epicarpo, mesocarpo e endocarpo
 - c) Epiderme, mesocarpo e cutícula
 - d) Colênquima, parênquima e esclerênquima

Alternativa correta: B

5. Na lâmina observada, a camada mais externa, com coloração mais intensa e células organizadas em fileiras, corresponde a:
 - a) Endocarpo
 - b) Mesocarpo
 - c) Epiderme
 - d) Parênquima

Alternativa correta: C

6. Nesta imagem as estruturas internas delimitadas por células de coloração verde escuro, indicam qual camada no fruto?
- a) Tegumento (casca) da semente.
 - b) Feixe vascular
 - c) Pecíolo
 - d) Epicarpo

Alternativa correta: A

7. Qual é a principal mudança em comparação com as lâminas anteriores?
- a) Aumento no número e no tamanho das cavidades secretoras
 - b) Redução do número de cavidades
 - c) Formação de endosperma
 - d) Presença de tricomas na epiderme

Alternativa correta: A

8. Observe as características das sementes do fruto maduro e compare com as sementes do fruto jovem observado anteriormente (lâmina 4):
- a) No fruto jovem, as sementes estão completamente desenvolvidas e prontas para germinar
 - b) No fruto maduro, as sementes ainda estão em formação e não apresentam estrutura definida
 - c) Não há diferença significativa no desenvolvimento das sementes entre fruto jovem e maduro
 - d) No fruto jovem, as sementes são menores e menos organizadas; no fruto maduro, elas estão maiores, bem formadas e ocupam mais espaço interno

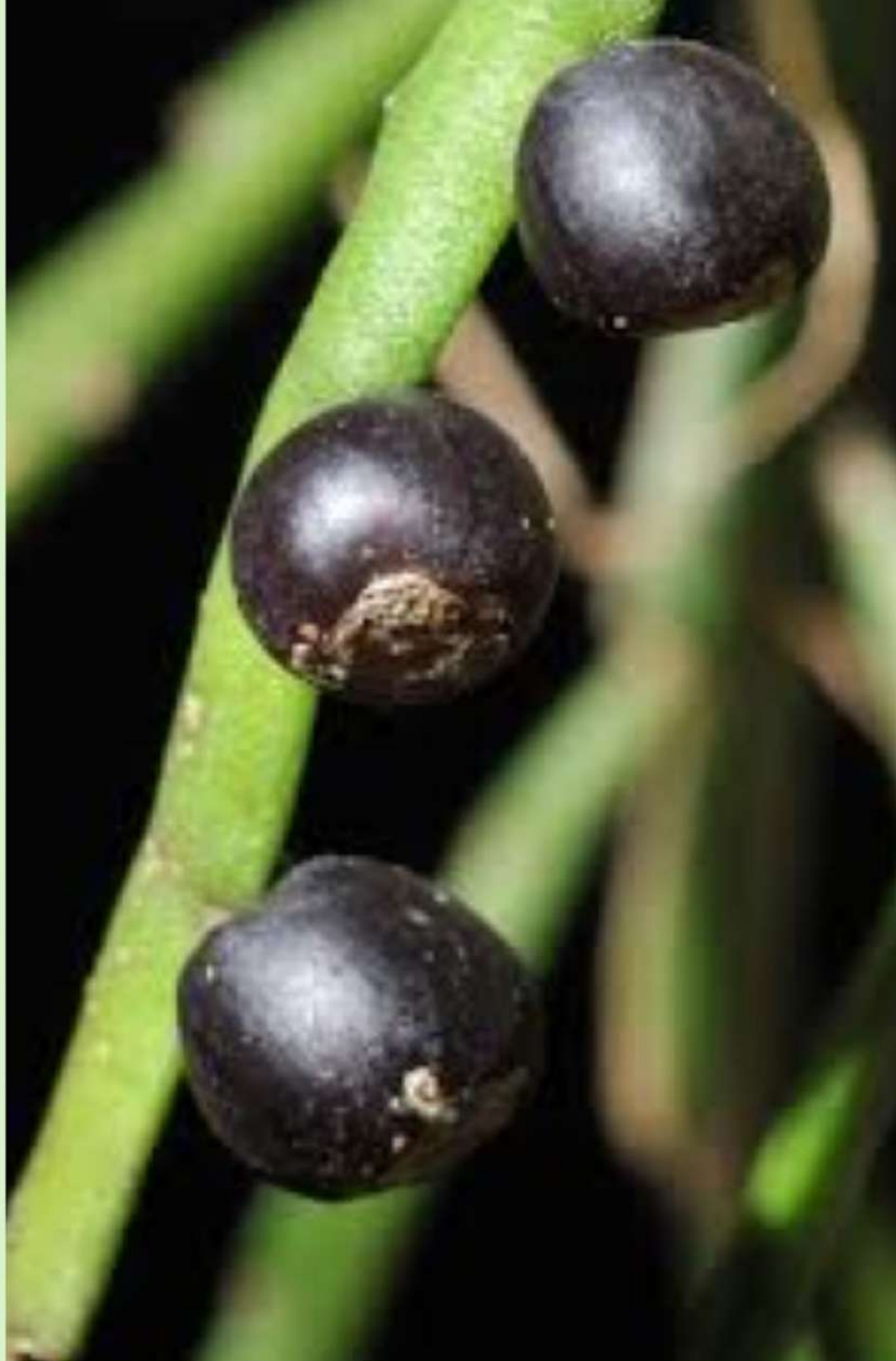
Alternativa correta: D

9. Esta lâmina apresenta um fruto maduro. O que pode ser observado nas células do parênquima durante esta fase?
- a) Intensa divisão celular
 - b) Presença de tricomas
 - c) Formação de feixes vasculares
 - d) Colapso das células

Alternativa correta: D

10. Em frutos maduros, como a última lâmina vista, observa-se o colapso de determinadas estruturas secretoras. Este fenômeno está relacionado a:
- a) Redução do epicarpo
 - b) Formação do tegumento
 - c) Processo de amadurecimento
 - d) Germinação da semente

Alternativa correta: C



CARTILHA VEGETAL

Anatomia e Morfologia Vegetal:

Cactáceas: Fruto

Elaborado por: Giovanna Spinola Bueno

Orientador: Dr. Odair José Garcia de Almeida

Curso: Ciências Biológicas Bacharelado

UNESP - Instituto de Biociências - Campús do Litoral Paulista / IB-CLP

A biodiversidade da Mata Atlântica e a importância de sua conservação

Considerada o terceiro maior bioma do Brasil e a segunda maior floresta pluvial do continente americano (CARDOSO, J. T; 2016), a Mata Atlântica originalmente estendia-se ao longo de toda a costa brasileira, ocupando aproximadamente 15% do território nacional, equivalente a cerca de 1.360.000 km², e abrangendo diversas fitofisionomias, como florestas, campos naturais, restingas e manguezais (CAMPANILI, M. *et al*, 2010). Atualmente restam apenas 24% da cobertura vegetal original, presente em 17 estados brasileiros e abrigando aproximadamente 70% da população brasileira e 53% da área urbana nacional, onde estão localizadas as maiores cidades e polos industriais do país, que juntos são responsáveis por 80% do PIB nacional (SOS MATA ATLÂNTICA, 2024). Desta forma, a ação antrópica pode ser considerada a principal causa da degradação da Mata Atlântica, sendo atividades como o extrativismo, à exploração da madeira, a pecuária, a agricultura e a urbanização as principais ameaças à rica biodiversidade deste importante bioma (TABARELLI *et al*. 2005).



Fig. 1 - Cobertura original x remanescentes atuais da Mata Atlântica. Fonte: SOS Mata Atlântica.

A Mata Atlântica brasileira é conhecida mundialmente pela enorme biodiversidade encontrada em seu território, estando entre os principais *hotspots* mundiais para conservação da natureza, por possuir uma grande variedade de espécies endêmicas, entre as quais muitas podem ser encontradas na lista de espécies ameaçadas de extinção (TABARELLI *et al*. 2005). Estima-se que apesar da alta taxa de desmatamento e fragmentação territorial, mais de 35% das

espécies vegetais existentes no país se encontram na Mata Atlântica, sendo considerada uma das regiões mais ricas em biodiversidade em relação à concentração de espécies por área (CAMPANILI, M. *et al*, 2010). Além deste, outros fatores como a influência que este bioma possui na regulação do clima, no processo de manutenção e distribuição de recursos hídricos, e sua riqueza de fauna e flora, torna de grande importância, a realização de ações voltadas para a sua conservação (MMA, 2002).



Fig. 2. – Mata Atlântica.

Consequentemente, para assegurar a preservação do bioma, foi criada em 2006 a Lei da Mata Atlântica, nº11.428, visando a regulamentação da proteção e uso da biodiversidade e recursos naturais, através do estabelecimento de regras para a exploração econômica e o incentivo financeiro em projetos que busquem a recuperação do ecossistema (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2002; INPE, 2021). Desta forma, a Mata Atlântica é uma das regiões com maior número de áreas protegidas, entre elas reservas, parques e Unidades de Conservação (MAZZURANA, 2016), sendo o único bioma brasileiro protegido por lei, a Lei da Mata Atlântica. Contudo, apesar dos esforços, muitas inconsistências podem ser encontradas, devido em sua maioria se tratar de pequenas porções territoriais que abrangem apenas, aproximadamente 5% do bioma, o que dificulta a permanência e reprodução de espécies nativas (TABARELLI et al. 2005).

A principal consequência do desmatamento é o processo de fragmentação territorial que resulta na drástica redução dos habitats e consequentemente da diversidade biológica, com a extinção de espécies da flora e da fauna, entre as quais, muitas podem ser consideradas de

interesse econômico e utilizadas como fonte de renda ou subsistência para populações tradicionais (ALMEIDA, D. S. DE; 2016). Dados recentes do Atlas dos Remanescente Florestais da Mata Atlântica, indicam que apenas 12,4% da cobertura original dos remanescentes são maiores que três hectares (ha) e permanecem em bom estado de conservação, já os fragmentos maiores que 100 hectares representam apenas 8% da cobertura original (PAULO, S.; 2022). A redução da biodiversidade nativa resulta em uma série de problemas como a eliminação de ecossistemas e populações, diminuição da variabilidade genética e dos processos ecológicos e evolutivos que mantêm a diversidade da Mata Atlântica.



Fig. 3. – Área de desmatamento e fragmentação territorial da Mata Atlântica no Paraná.
SOS Mata Atlântica.

A conservação das áreas remanescentes de vegetação nativa possui um importante papel na manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pela Mata Atlântica, entre os quais está a regulação do clima, que ameniza a ocorrência de desastres como enchentes, secas e tempestades; a manutenção dos recursos hídricos e a proteção de nascentes e rios, que garantem o abastecimento das populações que vivem nas proximidades do bioma, e a sobrevivência da fauna e flora local (CAMPANILI, M. *et al*, 2010). A remoção das florestas e da mata ciliar associadas a ocupação irregular de áreas de mananciais e o abastecimento público, causam inúmeros efeitos sobre os rios e lagos, como a diminuição da qualidade da água devido ao processo de eutrofização, o assoreamento das margens, deslizamentos e enchentes, além de

mudanças nas condições climáticas regionais e na qualidade do ar, decorrentes da supressão da fauna e da flora local (CARDOSO, J. T.,2016).

A flora da Mata Atlântica possui uma grande diversidade de espécies, entre as quais aproximadamente 280 espécies existentes no bioma são consideradas ameaçadas de extinção, representando cerca de 58% das espécies da flora brasileira que estão na Lista Oficial de Espécies Ameaçadas de Extinção (SILVEIRA, M. J.;2018).

As cactáceas estão entre as inúmeras espécies encontradas no domínio do bioma Mata Atlântica, onde predominam espécies epífitas, plantas que vivem sobre outras espécies, utilizando-as como suporte, sem a ocorrência de parasitismo. Além disso, possuem grande importância econômica e cultural, sendo utilizadas para fins alimentícios, medicinais e econômicos, além de desempenharem um importante papel na teia alimentar das fitofisionomias onde ocorrem. As principais ameaças a essas espécies são provenientes da interferência humana em seu habitat natural e a sua comercialização e extração excessiva, que reduz drasticamente a sua população, devido ao seu crescimento lento (CAVALCANTE et al. 2013).

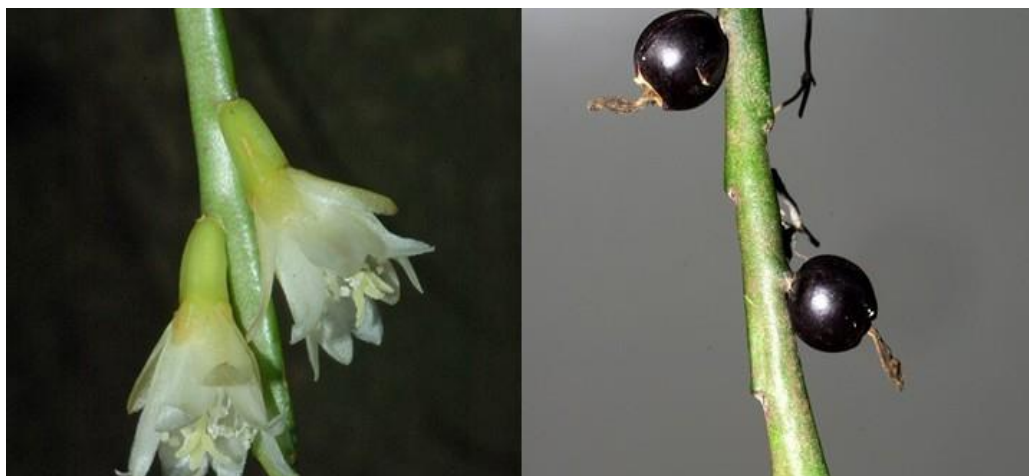


Figura 4 – Fruto jovem de *Lepismium warmingianum*.

- **Reconstrução morfológica tridimensional (3D)**



Descrição anatômica e morfológica do fruto de *Lepismium warmingianum*:

O fruto da planta *Lepismium warmingianum* apresenta características morfológicas e anatômicas típicas dos cactos da família cactácea.

Os frutos são pequenos medindo aproximadamente 1 a 2 centímetros, e possuem uma forma arredondada ou levemente ovalada. Sua cor pode variar conforme o estágio de maturação, o fruto imaturo possui tons de verde assumindo uma variedade de tons de vermelho quando maduro. Os frutos são suculentos e estão aderidos diretamente ao caule da planta por pequenos caules. Sua superfície é lisa e não possui escamas ou espinhos, o que facilita seu consumo.



Figura 5 – Frutos de *L. warmingianum* exibindo diferentes tonalidades, desde o verde em frutos imaturos até o vermelho e preto em frutos maduros.

Quanto a anatomia do fruto sua camada externa conhecida como epicarpo, é fina e lisa, proporcionando proteção as camadas internas, sendo elas o mesocarpo e o endocarpo. O mesocarpo está localizado abaixo da epiderme compondo a parte succulenta do fruto, é rica em água e nutrientes e possui uma consistência gelatinosa de aparência translúcida. E por fim, o endocarpo é a camada mais interna do fruto, sendo menos succulenta e mais fibrosa quando comparada a camada anterior, que envolve e protege as sementes. As sementes presentes no interior do fruto são marrons ou pretas, duras e de forma ovalada.

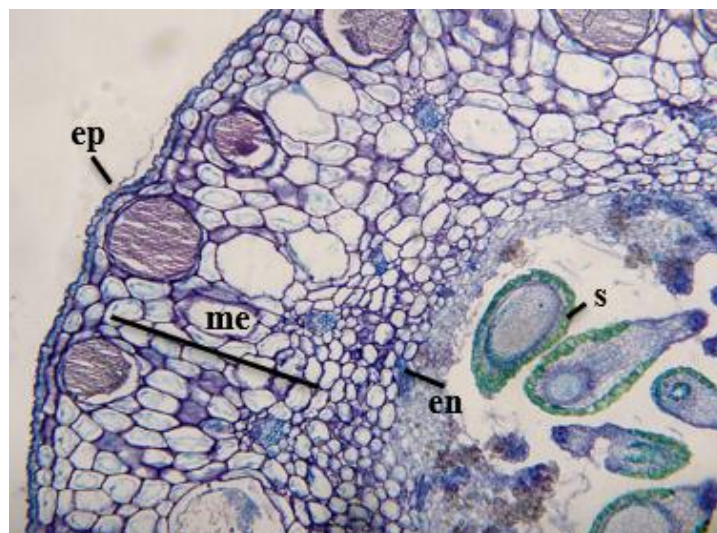


Figura 6 – Anatomia do fruto de *Lepismium warmingianum*. Epicarpo (ep), mesocarpo (me), endocarpo (en) e sementes (s).

- **Desenvolvimento do fruto**

Durante o desenvolvimento do fruto, as células aumentam de tamanho, inicialmente nas regiões externas da epiderme, e posteriormente na região mais interna nas camadas mais próximas das sementes. Esse crescimento é acompanhado por um crescimento da superfície externa por meio de divisões celulares na epiderme e na camada subepidérmica. Essas mudanças ajudam a igualar o crescimento celular entre as diferentes regiões do pericarpo e do ovário.

À medida que o fruto amadurece, as células se tornam significativamente maiores e as paredes celulares se tornam muito finas, conseqüentemente, algumas dessas células acabam colapsando e todo o espaço interno das células é substituído por mucilagem, substância viscosa e pegajosa produzida pela própria planta. As camadas internas do fruto têm suas células comprimidas devido ao crescimento das cavidades secretoras na região externa do pericarpo, assim como pelo crescimento e desenvolvimento das sementes.

O alargamento das cavidades secretoras de mucilagem resulta em uma alteração na forma do fruto em comparação com a forma inicial da epiderme. Inicialmente, o fruto de *L. warmingianum* apresenta quatro a cinco ângulos (costelas), no entanto, durante o desenvolvimento, essa forma é alterada para uma forma esférica, refletindo as mudanças que ocorrem durante o processo de maturação.

Além disso, as células do parênquima que circundam a semente acumulam uma grande quantidade de mucilagem. Esta mucilagem não só contribui para a consistência e textura do fruto maduro, mas também desempenha um papel importante na proteção das sementes em desenvolvimento e na facilitação da dispersão delas quando o fruto atinge a maturidade. O acúmulo de mucilagem e o conseqüente alargamento das cavidades secretoras são aspectos essenciais que caracterizam a fase final do desenvolvimento do fruto, resultando em um fruto com características físicas e funcionais específicas.

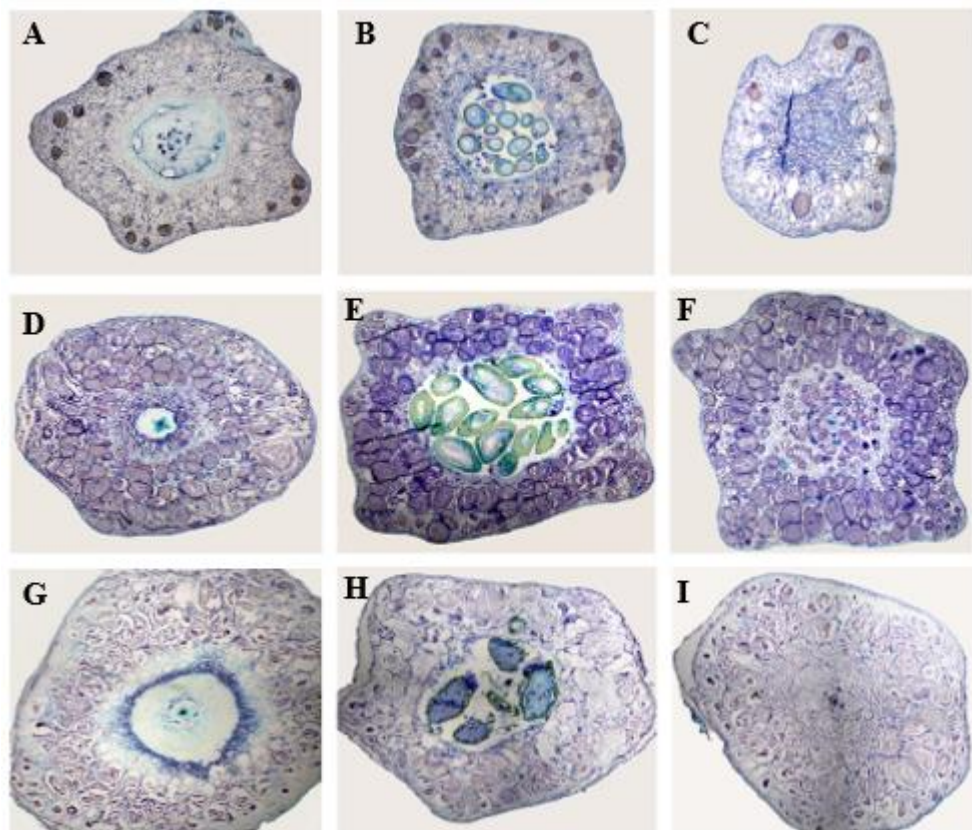


Figura 7 – Fruto de *Lepismium warmingianum* em diferentes estágios do amadurecimento. Fruto jovem (A, B e C), fruto em estágios intermediários (D, E e F) e o fruto maduro (G, H e I).

- **Descrição do fruto nos diferentes estágios do amadurecimento**

Os diferentes estágios do amadurecimento podem ser visualizados através das mudanças que ocorrem nos tecidos de revestimento, no mesófilo e no sistema vascular do fruto.

Assim como todo órgão vegetal, o fruto também é revestido por uma epiderme, que neste caso é simples, possuindo uma única camada ou fileira, composta por células epidérmicas de formato predominantemente cubóide, e recoberta com uma fina camada de cutícula, que recobre e protege a superfície das células. Logo abaixo da epiderme, é possível visualizar duas a três camadas de células parenquimáticas de formato quadrado ou retangular; seguidas por muitas camadas de células parenquimáticas com tamanhos e formatos variados. As inúmeras camadas de células parenquimáticas formam o tecido parenquimático que compõe o mesofilo.

Além disso, é notável a formação de grandes cavidades secretoras, contendo mucilagem, situadas na região inferior do fruto.

No fruto jovem as características descritas encontram-se no estágio inicial do desenvolvimento.

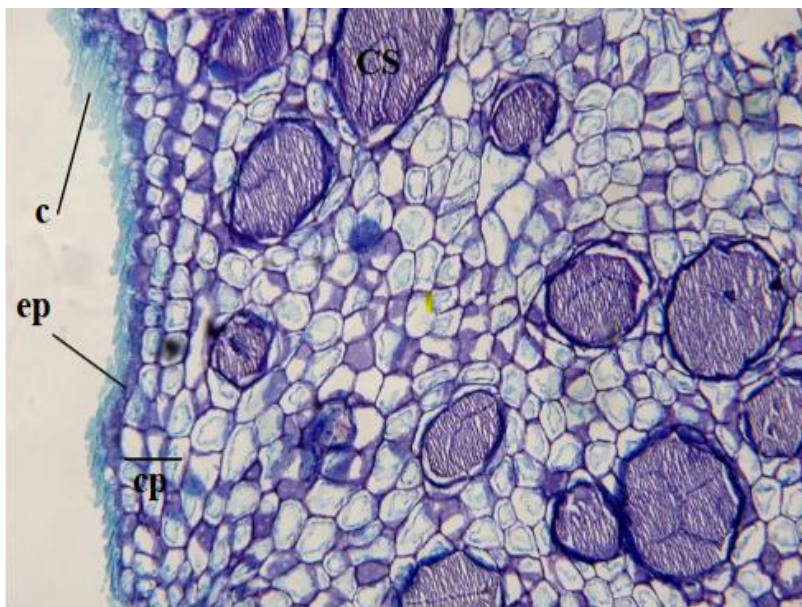


Figura 8 – Corte do fruto de *Lepismium warmingianum* evidenciando o tecido de revestimento e mesófilo. Células parenquimáticas (cp), epiderme (ep), cutícula (c).

Na região central do fruto está localizada a cavidade seminal, onde estão armazenadas as sementes imaturas, que estão começando a desenvolver sua camada mais externa. Ao redor da cavidade seminal, há uma pequena quantidade de cavidades secretoras, que produzem e armazenam substâncias como a mucilagem.



Figura 9 – Corte transversal da região central de *L. warmingianum*. Feixes vasculares (FV) e cavidades secretoras (CS), sementes (s) e cavidade seminal (C).

O sistema vascular é formado por grupos de feixes vasculares, semelhantes a tubos que transportam diferentes tipos de substâncias em direção ao topo da planta ou da fruta, responsáveis por transportar água e nutrientes para todos os tecidos do fruto, como a “casca” e as sementes em desenvolvimento.

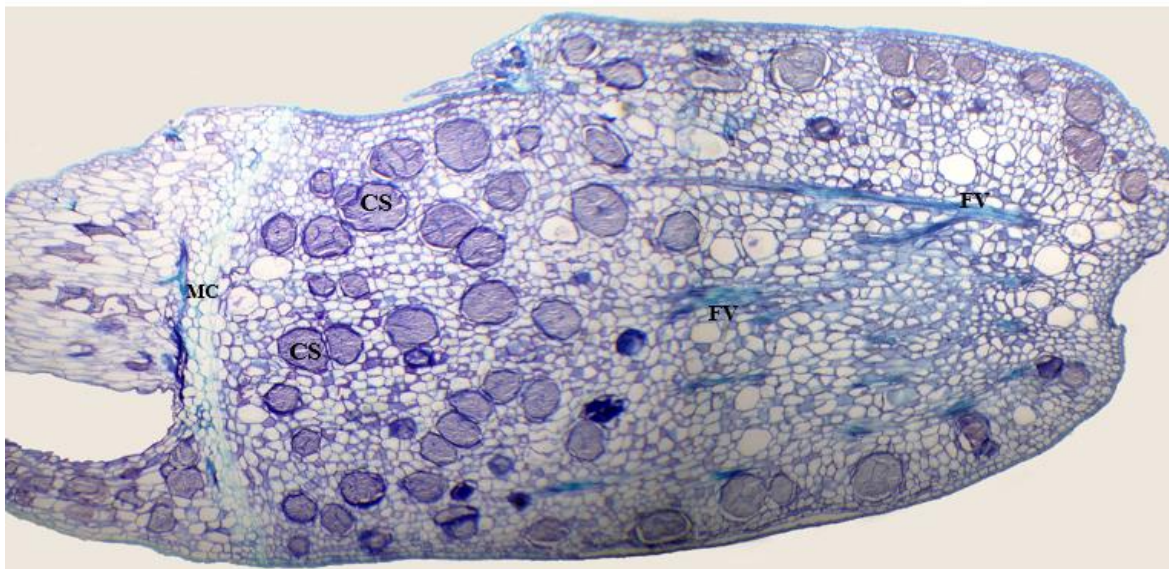


Figura 10 – Corte longitudinal do fruto de *Lepismium warmingianum*. Meristema de cicatrização (MC), feixes vasculares (FV) e cavidades secretoras (CS).



Figura 11 – Corte transversal do fruto de *Lepismium warmingianum*. Feixes vasculares (FV) e cavidades secretoras (CS).

Para descrição transversal será apresentada descrição do ápice, do meio e da base do fruto.

No **ápice** do fruto, em corte transversal, a organização das células é a mesma descrita para a seção longitudinal, ou seja, epiderme com células cubóides seguida internamente por várias camadas parenquimáticas de tamanho e formato variados, com algumas cavidades secretoras próximas as extremidades do fruto. É notável a presença de um anel de feixes vasculares próximo ao centro do fruto. Em adição, é possível verificar o meristema de cicatrização, tecido que se forma em resposta a danos ou ferimentos na planta, comumente provocados pela queda das partes florais como as tépalas, nome dado quando não há diferença na cor das sépalas, parte externa da flor geralmente verde, e pétalas, parte interna geralmente colorida; tubo floral, serve como um canal que conecta o exterior da flor às partes reprodutivas internas permitindo e facilitando o acesso dos polinizadores ao pólen; estames, são estruturas reprodutivas masculinas, compostas pela antera, estrutura localizada na parte terminal do estame e responsável pela produção e armazenamento do pólen, e pelo filete que sustenta a antera e a conecta com a flor; e o estilete, estrutura reprodutiva feminina da flor formada por um tubo que permite que o grão de pólen cresça em direção ao ovário, onde os ovócitos estão localizados, para que assim ocorra a fecundação. Outra característica visível é o formato aproximadamente pentagonal do fruto, com cinco arestas.

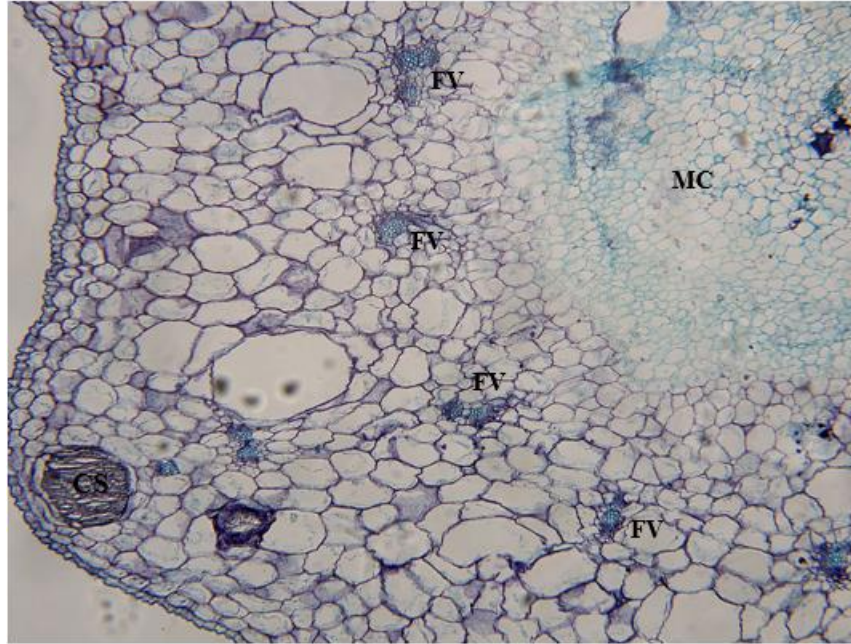


Figura 12 – Corte transversal do ápice do fruto de *L. warmingianum* em estágio inicial de desenvolvimento. Meristema de cicatrização (MC), feixes vasculares (FV) e cavidades secretoras (CS).

O **meio** do fruto se diferencia do ápice devido à presença da cavidade seminal, local onde estão armazenadas as sementes em desenvolvimento, e na maior quantidade de feixes vasculares junto às camadas mais internas do mesofilo parenquimático, tecido intermediário da epiderme. Em relação ao formato, a região mediana do fruto apresenta um formato predominantemente quadrangular.

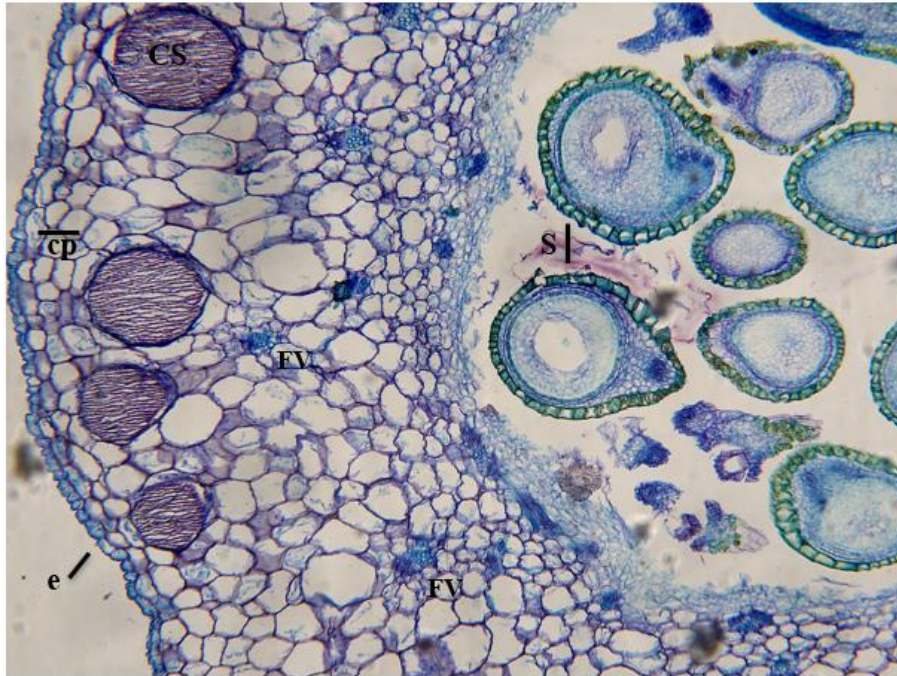


Figura 13 – Corte transversal do fruto de *L. warmingianum* em estágio inicial de desenvolvimento, com as camadas internas intactas e poucas cavidades secretoras. Células parenquimáticas (cp), epiderme (e), cavidades secretoras (CS), sementes (S) e feixes vasculares (FV).

Na região **basal**, são evidentes as diferenças na região central, abaixo da cavidade seminal, onde ocorrem várias camadas circulares de células parenquimáticas de tamanho reduzido, rodeadas por um grande anel de feixes vasculares. Tanto as camadas de células parenquimáticas mais externas, como a epiderme, são semelhantes à região do meio e do ápice. O formato nessa região é predominantemente circular.

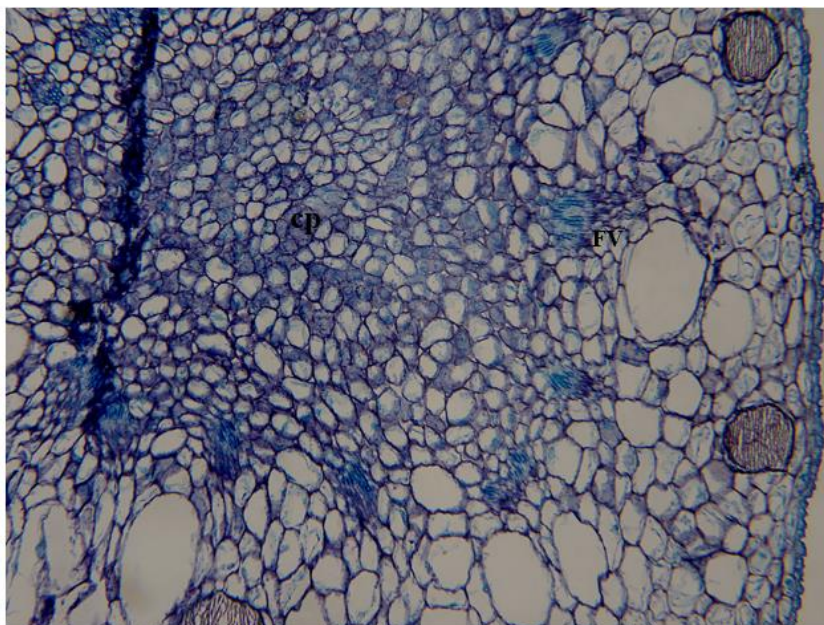


Figura 14 – Corte transversal da base do fruto de *L. warmingianum*. Células parenquimáticas (cp) e feixes vasculares (FV).

Durante as fases intermediárias do amadurecimento, diversas mudanças ocorrem nas suas estruturas externas e internas, sendo as principais o aumento do tamanho da cavidade seminal, aumento das cavidades secretoras, crescimento e espessamento do tegumento das sementes jovens, e a alteração no formato do fruto de pentagonal para esférico. Conforme as cavidades secretoras aumentam em quantidade e tamanho elas passam a ocupar praticamente toda a parede do fruto e a comprimir as células parenquimáticas externas e a epiderme, que antes de formato cuboide, passam a ser retangulares; internamente as sementes em desenvolvimento comprimem as camadas internas de parênquima. Nos estágios finais, as cavidades secretoras atingem o auge do seu crescimento, resultando no colapso de suas finas paredes, processo este que se inicia nas extremidades indo em direção a região central; e as sementes por sua vez, se encontram desenvolvidas e estruturalmente completas, contendo o embrião desenvolvido ocupando quase todo o interior da semente e a camada mais externa que reveste a semente se encontra completo.

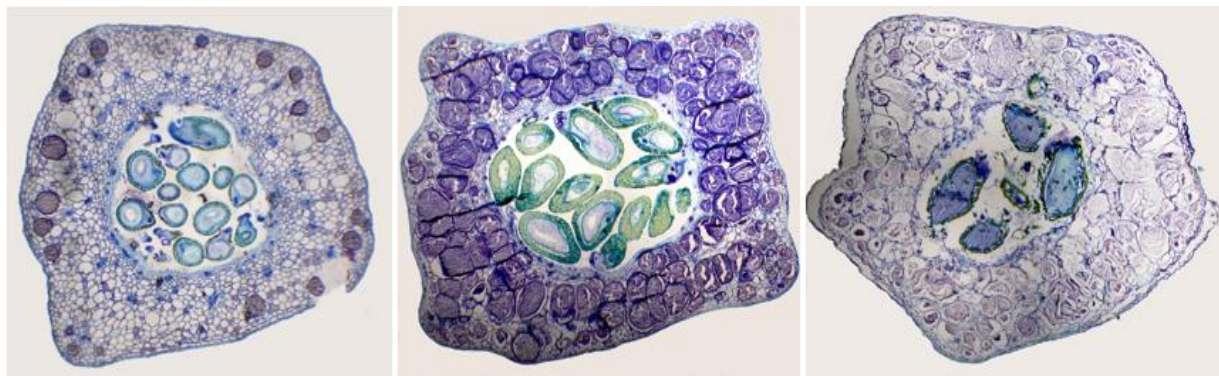


Figura 15 – Estágios intermediários do amadurecimento do fruto de *L. warmigianum*, evidenciando o crescimento e aumento da quantidade de cavidades secretoras e o desenvolvimento das sementes no interior da cavidade seminal.

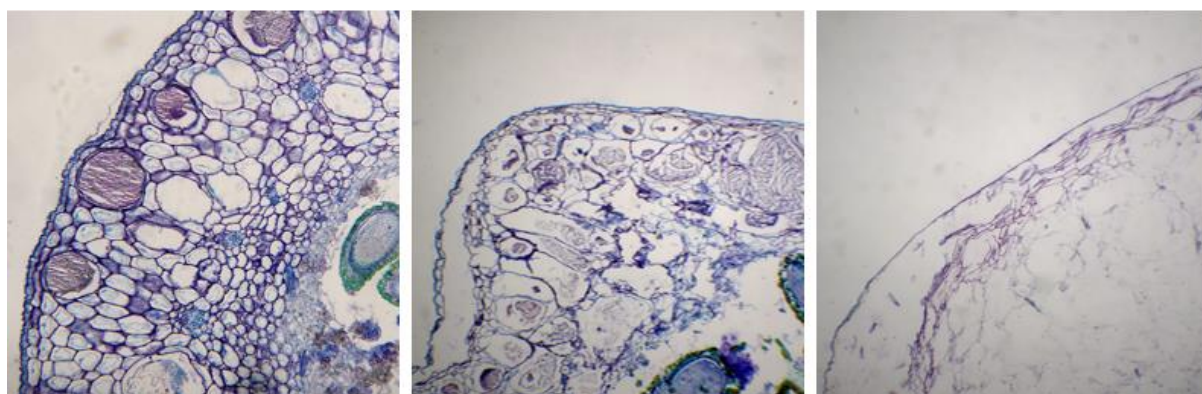


Figura 16 – Colapso das cavidades secretoras ao longo do amadurecimento.

Por fim, o fruto maduro apresenta inúmeras modificações, resultantes do processo de amadurecimento, sendo a mais evidente o colapso total das cavidades secretoras liberando a enorme quantidade de mucilagem armazenada em seu interior, que passa ocupar quase todo o espaço interno entre as células da parede do fruto. Consequentemente, permanecem intactas apenas as camadas mais externas da parede do fruto e a epiderme, já as camadas medianas e internas estão quase todas colapsadas, resultando em fragmentos celulares e bastante mucilagem, que preenchem a parede do fruto e envolvem as sementes maduras. Ao final do seu desenvolvimento o fruto apresenta forma esférica.

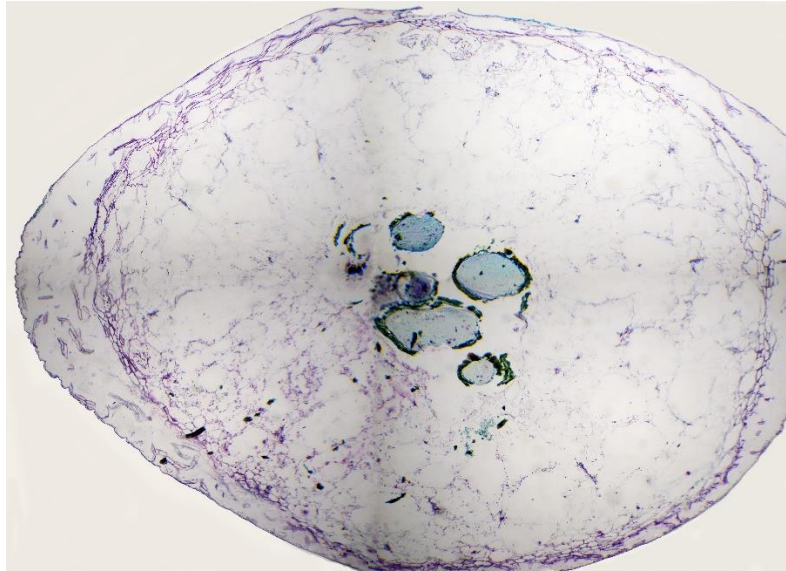


Figura 17 – Corte transversal do fruto maduro de *L. warmingianum*. A imagem evidencia o colapso das cavidades secretoras e a presença de fragmentos celulares e mucilagem no espaço interno da parede do fruto.

Glossário

- **Cutícula:** Camada de cutina, uma substância de natureza lipídica quase impermeável à água; presente nas paredes externas das células epidérmicas na forma de uma cobertura muito fina.
- **Estilete:** estrutura que liga o ovário ao estigma.
- **Meristema:** tecido composto por células indiferenciadas que originam os diferentes tecidos da planta; atua no crescimento, espessamento e cicatrização.
- **Tépalas:** Parte do perianto em flores que não possuem distinção entre pétalas e sépalas.
- **Pericarpo:** camada externa do fruto que se desenvolve a partir da parede do ovário.
- **Parênquima:** tecido vegetal composto por células vivas e localizado entre a epiderme e os tecidos condutores. Eles desempenham várias funções, como preenchimento, assimilação, reserva e secreção.

Referências

- ALMEIDA, D. S. DE. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. 3 Ed. Editus, 2016.
- ALVES, T. L. R. MEDEIROS, P. D. S. L.; VASCONCELOS, N. R. D.; OLIVEIRA, R. A.; ARAUJO, Z. M.; SILVA, J. L. J. ; LUCENA, B. K. P. 2023. A Cegueira Botânica: Qual a sua relação com o ensino da biologia vegetal? RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, 4(2). <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i2.2750>.
- BATISTA-FILHO, A.; GOMES, E.; KALHIL, J.; CARVALHO, L. CAVALHEIRO, J. 2012. Transposição didática no ensino de ciências: facetas de uma escola do campo de Parintins/AM. Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências, v. 5, n. 8, p. 71-82.
- CAMPANILI, Maura; SCHÄFFER, Wigold Bertolo. Mata Atlântica: manual de adequação ambiental. Brasília: MMA/SBF, 2010. 96 p.
- CARDOSO, J. T. A Mata Atlântica e sua conservação. Revista Encontros Teológicos, [S. l.], v. 31, n. 3, 2016.
- CAVALCANTE, A.; TELES, M.; MACHADO, M. 2013. Cactos do semiárido do Brasil: guia ilustrado. Campina Grande: INSA, 2013
- CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. 2018. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regimenta o disposto na Meta 12.7 da Lei nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação - PNE 2014-2024 e dá outras providências. Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018. https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECESN72018.pdf
- DOMINGUINI, L. A transposição didática como intermediadora entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar. Revista Eletrônica de Ciências da Educação, v. 7, n. 2, 2008.
- FILHO, A.P.J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 174–188, 2000.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2022. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2020/2021, relatório técnico – São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica.

KLUTH, V. S.; ALMOULOU, S. A. Transposição didática em Chevallard: conceitos e teorização primordiais para a teoria antropológica do didático. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 15, n. 1, p. 1–22, 14 maio 2020.

MACEDO, M.; URSI, S. 2016. Botânica na Escola: uma proposta para o ensino de histologia vegetal. *Revista da SBEnBio*, 9:2723-33.

MAZZURANA, R. E. 2016. Mata Atlântica: patrimônio natural, cultural e biológico do Brasil. *Encontros Teológicos*, 31(3):459-472. <https://doi.org/10.46525/ret.v31i3>

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2002. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 404 p.

PAULO, S. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica PERÍODO 2020-2021 RELATÓRIO TÉCNICO. 2022

SILVA; PRISCILA; NETO, S. A Transposição Didática do Conteúdo Equilíbrio Químico Molecular. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 6, 2017.

SILVEIRA, M. J. Tabela de atributos funcionais para escolha de espécies para restauração da Mata Atlântica. Ufsc.br, 2018.

SOS Mata Atlântica. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica>

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*.1(1):132-138.

URSI, S. BARBOSA, P. P.; SANO, P. T.; BERCHEZ, F. A. S. 2018. Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. *Estudos Avançados*, 32 (94): 7-24. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0002>.

Diretrizes para Autores

Todos os artigos são publicados com a licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional](#). Os autores mantêm os direitos autorais sobre suas produções, devendo ser contatados diretamente se houver interesse em uso comercial dos trabalhos. A publicação na IENCI não fornece compensação financeira de qualquer espécie aos autores.

O autor responsável pela submissão representa todos os autores do trabalho e, ao enviar o artigo para a revista, está garantindo que tem a permissão de todos para fazê-lo. Da mesma forma, assegura que o artigo não viola direitos autorais e que não há plágio no trabalho. A revista não se responsabiliza pelas opiniões emitidas.

São considerados para arbitragem artigos de qualquer orientação teórica e metodológica, enfocando qualquer aspecto do ensino/aprendizagem de ciências, com o entendimento de que são originais e que não estão sendo submetidos à publicação em outras revistas. São apreciados trabalhos em português, espanhol ou inglês. Pedimos aos autores especial atenção ao foco e escopo da IENCI detalhados neste [link: foco e escopo](#).

A submissão de artigos para publicação na IENCI deverá ser feita, exclusivamente, na página da revista na área *Submissões Online*. Toda correspondência relativa a submissões deverá ser feita também através da página da revista.

Não há limite máximo para o número de páginas das publicações, mas se os editores ou os árbitros considerarem o artigo excessivamente longo, poderá ser solicitado redução de sua extensão.

Os editores não recomendam publicações com mais de três autores. Caso isso ocorra, atingindo o limite máximo de cinco, deverá ser apresentado documento à parte com justificativa e esclarecimento sobre a contribuição de cada um dos autores no trabalho desenvolvido.

O número máximo de trabalhos publicados de um mesmo autor/co-autor não deve ultrapassar o máximo de: dois artigos em um mesmo número; e/ou três artigos em um volume da revista.

A submissão de artigos à IENCI deverá atender rigorosamente às seguintes condições:

- o artigo deve ser inédito e não ter sido submetido a outras revistas;
- são aceitos artigos em português, espanhol ou inglês;
- o artigo deverá conter um título, resumo e até cinco palavras-chaves na língua original. Se escrito em português ou espanhol deverá conter, também, uma tradução para o inglês do título, do resumo e das palavras-chaves. Se escrito em inglês, deverá conter uma versão em português do título, resumo e palavras chaves.

- o texto do artigo encaminhado deve ser anônimo e sem possibilidade de identificação do contexto em que a pesquisa foi desenvolvida. Isso implica suprimir o nome dos autores e todas as informações a eles referentes, como a instituição a que pertencem, endereços, citações bibliográficas, agradecimentos, referências (i.e., autocitações) e demais alusões que possam permitir a identificação dos autores. Se o artigo for aceito para publicação, será solicitada a versão completa do trabalho com todas as informações suprimidas.

Quanto à formatação:

Os autores devem utilizar um dos modelos eletrônicos disponíveis, que já estão configurados conforme as especificações de cada tipo de artigo. As orientações sobre conteúdo e formatação encontram-se nos próprios arquivos do modelo.

É necessário que os autores selecionem o modelo adequado ao tipo de artigo a ser submetido:

1. Pesquisa Empírica ([IENCI template PQEmp.docx](#))
2. Revisão da Literatura ([IENCI template RevLit.docx](#))
3. Artigo Teórico ([IENCI template ArtTeor.docx](#))
4. Contribuição Crítica ([IENCI template ContCrit.docx](#))

Na versão completa, a ser enviada após a aceitação do artigo para publicação, deverão constar os nomes dos autores, contato e afiliação institucional, além de todas as demais informações suprimidas na versão anônima. A apresentação dos elementos iniciais do artigo e sua formatação devem seguir o modelo correspondente apresentado anteriormente.

Condições para submissão

Todas as submissões devem atender aos seguintes requisitos.

- A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista.
- O arquivo da submissão está em formato .doc, .docx, ou .odt (*Open Document Text*).
- URLs para as referências foram informadas quando possível.
- O autor responsável pela submissão representa todos os autores do trabalho e, ao enviar o artigo para a revista, está garantindo que tem a permissão de todos para fazê-lo. Da mesma forma, assegura que o artigo não viola direitos autorais e que não há plágio no trabalho. A revista não se responsabiliza pelas opiniões emitidas.

- O texto segue os padrões de estilo, formatação e requisitos bibliográficos descritos na seção "Diretrizes para Autores".
- Foram retirados elementos que possam indicar a autoria do artigo: nome dos autores e todas informações a eles referentes, como a instituição a que pertencem, endereços, citações bibliográficas, agradecimentos, referências (i.e., autocitações) e demais alusões que possam permitir a identificação dos autores.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: GIOVANNA SPINOLA BUENO

Título: "Do laboratório à sala de aula: disseminação do conhecimento acadêmico-científico para outros níveis de ensino, através da produção de material digital voltado ao Ensino de Botânica"

Orientador: Prof. Dr. Odair José Garcia de Almeida

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Prof. Dr. Odair José Garcia de Almeida	Aprovado
Prof. Dr. Yoannis Domínguez Rodríguez	Aprovado

PARECER:

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Giovanna Spinola Bueno** obteve o seguinte conceito:

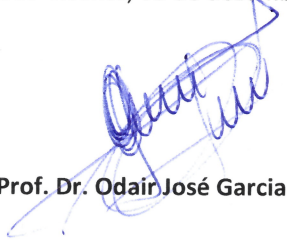


APROVADO



REPROVADO

São Vicente, 05 de dezembro de 2025.


Prof. Dr. Odair José Garcia de Almeida


Prof. Dr. Yoannis Domínguez Rodríguez