

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GUILHERME DO AMARAL REIS PINTO

**SISTEMAS DE ASSOCIAÇÃO ENTRE PLANTAS, FUNGOS E ABELHAS
PARA A PERCEPÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO ENSINO DE BIOLOGIA**

Araras - SP

2023

GUILHERME DO AMARAL REIS PINTO

**SISTEMAS DE ASSOCIAÇÃO ENTRE PLANTAS, FUNGOS E ABELHAS
PARA A PERCEPÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO ENSINO DE BIOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Renato Nallin Montagnolli
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta Cornélio
Ferreira Nocelli

Araras - SP

2023

Agradecimentos

Agradeço especialmente às pessoas que estiveram comigo de forma mais marcante ao longo do curso e participaram das experiências que culminaram neste trabalho:

Monica, minha mãe, por sempre me apoiar, aconselhar e incentivar em meus estudos e carreira.

Luiza, pela irmandade de tantos anos e em todos os momentos, e sua família, por também me apoiar e abraçar.

Ana Paula, pela amizade, apoio e parceria em nossos trabalhos com abelhas e fungos.

Giselle, pela amizade e companhia nos momentos bons e nos momentos difíceis da graduação e da vida.

Kacire, por estar comigo, compartilhar experiências e ser uma inspiração para este trabalho.

Prof. Dr. Renato Montagnolli e Profa. Dra. Roberta Nocelli, meus orientadores, com quem tive a honra de trabalhar e aos quais sou grato pelas aprendizagens, oportunidades e confiança.

E a todos que contribuíram e estiveram presentes em minha formação.

Resumo

A impercepção de determinados grupos de seres vivos, como as plantas, é um problema evidenciado pelo ensino de biologia e produto de abordagens pedagógicas conteudistas, descontextualizadas ou que simplesmente não representam esses organismos. Processos cognitivos e culturais estão envolvidos na percepção, sendo que cada espécie e seus atributos particulares são percebidos de diferentes maneiras, modulando o interesse pelo seu estudo e as políticas de conservação. Os fungos e as abelhas são intimamente associados às plantas, portanto, a forma como são representados em materiais curriculares pode influenciar também a percepção da biodiversidade desses grupos. A partir de uma pesquisa documental e com base na análise textual discursiva, verificou-se a representação de plantas, fungos, abelhas e seus sistemas de associação ecológicas no Currículo em Ação, material didático do Currículo Paulista. Os organismos de estudo e seus processos biológicos estão sub-representados e envolvidos em atividades com abordagens limitadas, erros conceituais e modelos biológicos obsoletos. Ainda assim, foi possível identificar potenciais para um ensino integrado, significativo, problematizador e interdisciplinar, incluindo a valorização de conhecimentos tradicionais e indígenas sobre plantas, fungos e abelhas. Contudo, isso requer a reestruturação da proposta do Novo Ensino Médio e dos materiais curriculares.

Palavras-chave: impercepção botânica; cegueira botânica; ensino de ciências; currículo paulista

Abstract

The lack of awareness regarding certain groups, such as plants, represents a significant challenge in Biology education. This issue is underscored by pedagogical approaches that are overly focused on content-based activities, often leading to decontextualized or inadequate presentations that fail to effectively showcase their diversity in a broader scope. The perception of species and their unique attributes is intricately linked to cognitive and cultural processes, influencing interest in studying and implementing conservation policies for these organisms. Given the close association of fungi and bees with plants, their portrayal in educational materials can significantly impact botanical and biodiversity awareness. Through documentary research and discursive textual analysis, this investigation revealed that plants, fungi, bees, and their ecological association systems are underrepresented in the Currículo em Ação textbooks, which are part of the Currículo Paulista pedagogic materials. Activities within these materials often employ limited approaches, exhibit conceptual errors, and rely on obsolete biological models. Despite these shortcomings, we identified certain activities with the potential for integrated, meaningful, problematizing, and interdisciplinary teaching. These activities involve the incorporation of traditional and indigenous knowledge about plants, fungi, and bees. However, realizing this potential necessitates a comprehensive restructuring of the Novo Ensino Médio education system and the associated curricular materials.

Keywords: plant awareness disparity; plant blindness; science education; natural sciences; school curriculum

Sumário

- 1. Introdução**
 - 1.1. Impercepção botânica**
 - 1.2. Percepção, natureza e cultura**
 - 1.3. Percepção de fungos e abelhas**
 - 1.4. Associações entre plantas, fungos e abelhas**
 - 1.5. Ensino de Biologia e o Currículo Paulista**
- 2. Objetivos**
- 3. Abordagem metodológica**
 - 3.1. Detalhamento de busca e categorização**
- 4. Percepção de plantas, fungos e abelhas no Currículo em Ação**
 - 4.1. Representação de plantas, fungos, abelhas e suas associações**
 - 4.2. Comparações entre seres vivos e com a fauna carismática**
 - 4.3. Plantas em atividades práticas e experimentos**
 - 4.4. Quantidade de termos técnicos da botânica**
 - 4.5. Diferenciação entre fungos e plantas**
 - 4.6. Percepção patológica dos fungos**
 - 4.7. Potencial dos fungos para a interdisciplinaridade**
 - 4.8. Abelhas, sua importância e sua representação**
 - 4.9. Representação das abelhas nativas**
 - 4.10. Representações com enfoques especiais**
 - 4.11. Evolução e conteúdos essenciais ausentes**
 - 4.12. Atividades para avaliação das percepções**
 - 4.13. Atividades de divulgação para a comunidade**
- 5. Considerações finais**
- 6. Referências bibliográficas**

Abreviações

CA: Currículo em Ação

PFA: planta, fungo e abelha

SA: Situação de Aprendizagem

1. Introdução

1.1. Impercepção botânica

O desinteresse por determinados grupos de seres vivos é um problema que segue prejudicando o ensino de biologia. Há mais de um século é reconhecida a preferência por tópicos relacionados aos animais, sendo empregado, por Hershey (1993), o termo “zoochauvinismo”. Esse fenômeno é diretamente ligado à “cegueira botânica”, definida, a princípio, por Wandersee e Schussler (1999) como a incapacidade de perceber a existência das plantas, seus atributos característicos e sua importância em paisagens e no cotidiano, além da propensão preconceituosa de classificá-las como inferiores aos animais.

Ursi e Salatino (2022) propõem que o termo “cegueira” seja substituído por “impercepção” nesse caso, uma vez que o primeiro possui conotação capacitista e não é tão preciso ou informativo quanto a alternativa proposta. Sendo assim, o conceito será referenciado como “impercepção botânica” a partir daqui.

São descritos fatores cognitivos e culturais que causam a impercepção botânica, como por exemplo: a prioridade de percepção, pelo sistema nervoso humano, de predadores que se movem e podem apresentar ameaça; e a concepção equivocada de que plantas não se alimentam, comunicam, movimentam e reagem a estímulos gerados, por exemplo, por microrganismos e insetos (Nantawanit, Panijpan e Ruenwongsa, 2011; Ursi *et al.*, 2018). Por consequência, a importância das plantas não é reconhecida, comprometendo a compreensão sobre esses seres e desfavorecendo iniciativas para a sua conservação (Balding e Williams, 2016).

Essas questões perpassam o ensino de biologia e ciências. Algumas problemáticas, como o ensino conteudista — que seleciona conteúdos arbitrariamente e sem atenção às relações entre quantidade e qualidade — e descontextualizado — que utiliza modelos limitados e prejudica a criação de sentido e o domínio dos conteúdos — (Carvalho, Nunes-Neto e El-Hani, 2011; Fourez, 2016) são evidentes em aulas de botânica (Alves, Dias e Gil, 2021). Além disso, atividades práticas e experimentos envolvendo plantas estão raramente presentes nos materiais curriculares (Santos e Junior, 2023). Os animais são mais frequentemente utilizados para explicar conceitos e princípios biológicos, mesmo em situações em que exemplos botânicos seriam mais adequados, evidenciando-se o zoocentrismo (Marques *et al.*, 2020). Essas circunstâncias prejudicam o domínio dos conteúdos, a articulação de conhecimentos com as demais disciplinas e a formação de

estudantes no geral. Em comparação com outras áreas de ensino da Biologia, há um número reduzido de pesquisas sobre ensino da botânica, cuja qualidade também é comprometida, havendo trabalhos pouco abrangentes e contextualizados (Ursi *et al.*, 2018).

A impercepção botânica possui caráter retroalimentar: a falta de afinidade de estudantes com as plantas resulta em mais desinteresse por esses seres; logo, as pessoas seguem se afastando das plantas por não se sentirem motivadas a estudá-las (Santos & Junior, 2023). Similarmente, o denominado ciclo vicioso do ensino de botânica ocorre em torno de professores que, tendo experienciado essa defasagem na área em sua educação básica, apresentam dificuldade em trabalhar conteúdos de botânica e despertar o interesse de estudantes sobre o assunto (Salatino e Buckeridge, 2016). Dessa forma, os ambientes de aprendizagem, inclusive de formação de professores, fazem parte dos esforços para romper esse ciclo e promover a percepção botânica (Bozzini, Calzolari e Sebastiani, 2018; Sebastiani, 2023).

1.2. Percepção, natureza e cultura

Compreende-se que existe um tratamento hierárquico que transpassa diferentes categorias de seres vivos, sendo alguns mais percebidos, considerados mais interessantes e, conseqüentemente, mais valorizados. Dando sentido oposto à definição de “impercepção” apresentada até então, a “percepção” de um ser — ou grupo de seres, como as plantas — significa a possibilidade de identificar e conhecer sua existência, suas qualidades e os papéis ecológicos desempenhados no ambiente em que é observado.

Marques *et al.* (2020) propõe que a percepção ambiental é o conjunto de processos pelos quais se reconhece, organiza e faz sentido das sensações recebidas por estímulos ambientais. Nessa dinâmica, estão envolvidos processos cognitivos e afetivos, e relações individuais e comunitárias — trata-se de um conceito complexo, cuja definição ainda não é consensual entre autores (Marques *et al.*, 2020). A percepção, portanto, depende não apenas dos atributos da coisa que é percebida, mas também da perspectiva, interpretação e enfoque do sujeito que a percebe.

Cada organismo ou grupo de organismos tem suas particularidades de percepção. Em comparação aos animais, as plantas são menos percebidas, mas a percepção varia dentro do próprio Reino Vegetal: as pessoas são mais atraídas por plantas que possuem tropismos evidentes (ex.: o movimento de resposta dos girassóis em direção à luminosidade), respondem

rapidamente a estímulos (ex.: a captura de insetos pelas folhas modificadas de certas plantas carnívoras), entre outros fatores pertinentes à percepção botânica (Ursi *et al.*, 2018).

O mesmo ocorre dentro do Reino Animal: grandes vertebrados, como baleias e ursos-pandas, fazem parte da “fauna carismática”, ou seja, são ampla e positivamente percebidos pela sociedade, e servem como espécies-modelo para a conscientização e a conservação ambiental; o potencial atrativo entre diferentes espécies de pássaros, por exemplo, pode ser determinado a partir de suas características, como coloração, comportamento e endemismo (Veríssimo *et al.*, 2009). Entretanto, a utilização e divulgação da fauna carismática para promover a conservação da biodiversidade tem efeito contrário ao esperado, uma vez que os animais considerados menos atrativos, como os artrópodes, são desvalorizados como consequência (Tisdell e Nantha, 2007; Chowdhury *et al.*, 2022). Com base nisso, há diferenças de percepção entre a fauna carismática e as plantas; e entre a fauna carismática e o restante da fauna.

É importante compreender que as percepções envolvem a dimensão humana e questões antropológicas (Hall e Martins, 2020). Segundo Latour (2020), “natureza” e “cultura” são domínios distintos, mas indissociáveis, partes integrantes de um único conceito. A relação entre os humanos e o mundo — a forma como a natureza é definida, percebida, e as reflexões sobre o pertencimento do humano à natureza — é intermediada, inclusive, por noções culturais (Latour, 2020). As onças, por exemplo, são consideradas animais fascinantes e imponentes, têm cores belas e fazem parte da mitologia de certos povos — ao mesmo tempo, são alvo da caça predatória e causam medo devido à possibilidade de ataques aos humanos e animais domésticos (Macedo, Branquinho e Bergallo, 2015).

Dessa forma, a percepção está ligada a determinados atributos que tornam os seres vivos mais atrativos para os humanos — atributos não necessariamente positivos, uma vez que a percepção também ocorre a partir de relações negativas e conflituosas. Pode-se dizer que cada ser vivo também possui um conjunto de artifícios de carisma, ou seja, potenciais para a apreciação de seus atributos para a sua percepção e valorização (como por exemplo, a beleza, o porte e os significados mitológicos da onça, os quais a tornam carismática).

Os artifícios de carisma abrangem saberes regionais e humanistas, os quais são globalmente relevantes para converter percepções utilitárias da natureza em reconhecimento do valor de sua preservação — sendo assim, as Ciências da Natureza e o meio ambiente estão relacionados às identidades culturais e aos embates políticos e éticos (Melo e Martins, 2022;

Carvalho e Bergamo, 2023). Por meio de caminhos que pretendem refrear a exploração insustentável de recursos e propostas de conceituações alternativas para as relações entre os humanos e a natureza, povos indígenas e comunidades locais contribuem para a produção de conhecimento sobre os seres vivos e a atenção sobre a urgência das crises ambientais (Brondízio *et al.*, 2021; Fabiano, Schulz e Brañas, 2021).

1.3. Percepção de fungos e abelhas

Considerando as dinâmicas de percepção entre diferentes grupos de seres vivos e os aspectos naturais/culturais envolvidos, podem ser abordadas, como exemplos, as percepções dos fungos e das abelhas.

A taxonomia e a sistemática são ramos da biologia que estão sob constante debate. Por muito tempo, fungos foram agrupados juntamente às plantas. Porém, com o avanço de estudos moleculares e filogenéticos, foram descobertas maiores semelhanças entre fungos e animais (Hedges *et al.*, 2004). Ainda assim, fungos e plantas formam sistemas de interação complexos e adaptativos, mas relativamente pouco percebidos e estudados (Sheldrake, 2020).

Há percepções positivas e negativas dos fungos. Os fungos são decompositores essenciais envolvidos na ciclagem de nutrientes, também sendo reconhecidos pelo seu potencial medicinal, alimentício, agrícola, ecológico e cosmético (Hyde *et al.*, 2019). Entretanto, são lembrados pelas pessoas quando se trata de alimentos embolorados, cogumelos venenosos e doenças infecciosas (Hyde *et al.*, 2018). Essa percepção patológica tem origem histórica na descoberta dos “germes”, assim denominados os microrganismos na época em que ainda eram considerados exclusivamente patológicos pelo público (Halsall, 1998).

Sheldrake (2020) sugere a impercepção de fungos no contexto das redes de interações rizosféricas: os fungos micorrízicos são mais evasivos, invisíveis, percebidos meramente como “cabos” que conectam as raízes, enquanto as plantas, por outro lado, se desenvolvem acima do solo e são mais fáceis de perceber e investigar. Existe uma vasta diversidade genética entre fungos a ser descoberta, incluindo espécies raras, ameaçadas de extinção e ocultas em associações microscópicas com outros organismos — contudo, as publicações sobre a conservação de outros grupos como plantas e insetos, por exemplo, são mais frequentes (Blackwell e Vega, 2018).

Os artificios de carisma das abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila), por sua vez, está fortemente ligada aos seus serviços ecossistêmicos, uma vez que são polinizadoras essenciais de culturas agrícolas e estão relacionadas à segurança alimentar e à sobrevivência dos humanos (IPBES, 2016). No Brasil, as abelhas nativas participam de forma representativa desses serviços, inclusive em cultivos altamente dependentes de sua polinização e com significativo valor econômico (Giannini *et al.*, 2015; BPBES/REBIPP, 2019).

A apicultura e a meliponicultura — a última se refere à criação de abelhas sem ferrão (Meliponini) — são atividades realizadas por produtores e povos tradicionais, uma vez que, além de sua importância para a polinização, as abelhas oferecem produtos como o mel, a própolis, a cera e o cerume (Barbiéri e Franco, 2020). O cultivo de abelhas ocorre também em jardins urbanos, favorecendo os setores econômicos e de turismo, e contribuindo para a conservação ambiental (Gonçalves, Estolano e Antunes, 2023). Os aborígenes Yolngu, por exemplo, mantêm uma relação de cuidado com as abelhas sem ferrão com base em um conceito de meliponicultura diferente da domesticação, mas sim, que associa a ecologia e o ecossistema ao seu lar (*domus*), fortalecendo a perspectiva de pertencimento do humano à natureza (Fijn e Baynes-Rock, 2018).

Ainda assim, as abelhas não têm sua importância reconhecida durante a elaboração de políticas públicas para a proteção da fauna nativa e estão em declínio populacional devido às mudanças climáticas, perda de habitat, ao impacto do uso de agrotóxicos, entre outros motivos (Gemmill-Herren *et al.*, 2021). Outro aspecto negativo de sua percepção envolve o medo de ataques e ferroadas, o qual pode comprometer as percepções e relações entre as pessoas, as abelhas e demais artrópodes (Schönfelder e Bogner, 2017; Carvalho *et al.*, 2018).

Enquanto a biologia da abelha *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Apini), conhecida como abelha-europeia, é mais estabelecida, os entendimentos e percepções acerca dos demais grupos, como as abelhas sem ferrão, vêm sendo recentemente explorados pela comunidade científica (Kleinert *et al.*, 2009). A partir do conceito de impercepção botânica, Christ e Dreesmann (2022) propõem o conceito de “Species Awareness Disparity”, ou seja, a impercepção da biodiversidade entre todos os organismos, incluindo as abelhas: apesar de haver grande diversidade entre elas, as pessoas associam a palavra “abelha” apenas à *A. mellifera* e subespécies. As diferentes percepções de abelhas estão ligadas, dentre outros fatores, ao contato com áreas verdes e ao grau de educação escolar (Sussi, Loiola e Nocelli, 2018).

É possível perceber que fungos e abelhas são exemplos de grupos que incitam questões acerca do conceito de impercepção botânica: enquanto as evidências da preferência pelos animais em detrimento às plantas estão bem estabelecidas, quais são as percepções acerca dos fungos? E, apesar de fazerem parte da fauna, as abelhas são menos valorizadas do que a fauna carismática, assim como as plantas?

1.4. Associações entre plantas, fungos e abelhas

Plantas e fungos compartilham nichos em ecossistemas de solo e formam redes de interação vastas e complexas. As interações rizosféricas podem ser prejudiciais, em que fungos parasitas colonizam tecidos vegetais e sequestram nutrientes, ou benéficas, em que saprotroficos degradam material orgânico de forma a disponibilizar nutrientes para as plantas (Bonfante e Venice, 2020). Esses fenômenos são multifatoriais, ou seja, organismos podem exibir comportamentos positivos em certos ambientes e condições, e negativos em outros, indicando a complexidade desses sistemas de associação (Binyamin *et al.*, 2019).

As micorrizas, presentes em cerca de 90% das famílias de plantas (Delavaux *et al.*, 2019), correspondem à principal associação endofítica, a mérito da série de benefícios concedidos pela simbiose. A heterotrofia absorptiva e a fotoautotrofia se complementam: os fungos oferecem suplementação de nutrientes, metabolização de substâncias, aumento da superfície de absorção de água das raízes, proteção contra patógenos, detenção de herbívoros, aumento da tolerância a estresse e participam de processos de sinalização química; em retorno, apanham minerais e açúcares, produtos da fotossíntese (Péret, Svistoonoff e Laplaze, 2009; Lutzoni *et al.*, 2018; Khaliq *et al.*, 2022; Jansson, McClure e Egbert, 2023).

Há evidências filogenéticas de que, ao longo da história evolutiva, micorrizas promoveram a diversificação de diferentes clados de plantas hospedeiras e de fungos associados — ao proporcionarem um mecanismo de obtenção de nutrientes em condições ambientais desfavoráveis, as associações micorrízicas facilitaram a colonização terrestre pelas embriófitas (Lutzoni *et al.*, 2018; Bahram e Netherway, 2022). Além disso, o microbioma rizosférico determina a distribuição de nutrientes no solo, participando de processos como a ciclagem do nitrogênio (Pande *et al.*, 2021; Adomako, Roiloa e Yu, 2022).

Da mesma forma que mantêm estreitas relações simbióticas com as plantas, os fungos também são fundamentais para as abelhas. Grande parte dos estudos sobre os papéis desenvolvidos pelos microrganismos isolados de colmeias focam na microbiota intestinal ou

em fungos entomopatogênicos, uma vez que certas linhagens fúngicas estão ligadas a doenças e ao colapso de colmeias (Stefanini, 2017). Entretanto, há reconhecimento crescente de seus benefícios: eles contribuem para a alimentação das abelhas, provindo nutrientes, desintoxicando ou digerindo alimentos, e conferem proteção contra patógenos e predadores (Khan *et al.*, 2020; Schmidt e Engel, 2021; Cui *et al.*, 2022).

As abelhas sem ferrão e suas associações ecológicas, em especial com os fungos, vêm sendo recentemente exploradas. A microbiota associada aos meliponíneos é especialmente diversa e bem-estabilizada devido a construção das colmeias com cerume (material composto por resinas vegetais e cera secretada), transferência desses materiais para colmeias-filha em enxameamentos, armazenamento de néctar e pólen por longos períodos de tempo e alta umidade e temperatura nos ambientes tropicais em que vivem (Melo, 2020; De Paula *et al.*, 2021). Destaca-se uma interação obrigatória, recentemente explorada, presente nos ninhos de *Scaptotrigona depilis* (Moure 1942), em que *Zygosaccharomyces* sp. é cultivado juntamente ao alimento larval (Paludo *et al.*, 2019; De Paula *et al.*, 2023). A interação com o fungo também foi verificada por Rosa-Fontana *et al.* (2020), nesse caso, em ensaios de desenvolvimento larval *in vitro* de *Scaptotrigona postica* (Latreille 1807). A descoberta de tais associações obrigatórias nas colmeias demonstra a proximidade entre fungos e abelhas sem ferrão.

As abelhas também estão intimamente relacionadas às plantas, uma vez que seu serviço de polinização é essencial para a reprodução vegetal (IPBES, 2016). A polinização por abelhas nativas promove melhoria na qualidade de frutos, agregando valor a esses produtos. De acordo com Silva e Santos (2023), elas são visitantes de 106 espécies de plantas medicinais; há registros na literatura da participação do gênero *Scaptotrigona*, por exemplo, na polinização de diversas famílias de angiospermas (Souza *et al.*, 2015; Rodrigues, Fidalgo e Barbedo, 2017; Luz, 2019).

Dentre essas associações, há sistemas que envolvem os três grupos: plantas, fungos e abelhas (PFA). Os microrganismos presentes nas colmeias são transmitidos entre gerações e socialmente, mas a sua obtenção ocorre principalmente a partir de recursos florais (Nguyen e Rehan, 2023). Madden *et al.* (2018) propõem a teoria de “*dispersal-encounter*” com base na atração de fungos e abelhas por fontes de açúcares, como o néctar; a partir disso, os compostos voláteis produzidos pelos fungos interferem nas preferências de forrageamento de mamangavas (Bombini), por exemplo (Rutkowski, Weston e Vannette, 2023). Essa integração

entre PFA ocorre também pela modulação do microbioma intestinal de *A. mellifera* a partir da ingestão de fitoquímicos, como a cafeína, presentes em sua dieta (Geldert *et al.*, 2020; Motta, Arnott e Moran, 2023).

Fungos e abelhas são, portanto, fundamentais para a sobrevivência das plantas; elas, por sua vez, constituem a base da cadeia trófica em ambientes terrestres, condicionando a manutenção e subsistência dos ecossistemas e a vida animal, incluindo os seres humanos. Todos esses grupos estão submetidos a diferentes percepções pela sociedade. Dessa forma, a impercepção botânica está diretamente associada aos fungos e abelhas: se a percepção de fungos e abelhas é comprometida, as plantas e o ambiente em sua totalidade também serão afetados.

1.5. Ensino de biologia e o Currículo Paulista

As percepções da biodiversidade e de associações ecológicas estão relacionadas às áreas de conhecimento das Ciências da Natureza e à fundamentação curricular adotada para o ensino de biologia. No estado de São Paulo, Brasil, O Currículo em Ação (CA) constitui parte do material de apoio referente ao Currículo Paulista, o qual contempla aprendizagens essenciais discriminadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O Currículo Paulista

define e explicita, a todos os profissionais da educação que atuam no Estado, as competências e as habilidades essenciais para o desenvolvimento cognitivo, social e emocional dos estudantes paulistas e considera sempre sua formação integral na perspectiva do desenvolvimento humano (Currículo Paulista, 2019).

A partir da organização do conhecimento escolar proposta pela BNCC para os anos finais do Ensino Fundamental e o Ensino Médio, os objetos de conhecimento e aprendizagens essenciais, denominadas “Competências” e “Habilidades” estão organizados em “Unidades Temáticas”, específicas para cada área de conhecimento. No CA, os conteúdos referentes a cada Unidade Temática estão inseridos em blocos de aulas denominados “Situações de Aprendizagem” (SA); dentro delas, estão organizados em diferentes “Atividades” (referidas, no Ensino Médio, como “Momentos”) (Brasil, 2018).

As Unidades Temáticas da área de Ciências da Natureza referentes aos anos finais do Ensino Fundamental são: "Matéria e energia", "Vida e evolução" e "Terra e Universo". Em Vida e Evolução,

(...) são organizadas habilidades associadas ao estudo dos seres vivos - incluindo os seres humanos -, dos ecossistemas, das interações entre seres vivos e entre estes e o ambiente e da interferência dos seres humanos nessas relações (Currículo Paulista, 2019).

Por sua vez, as Unidades Temáticas referentes ao Ensino Médio são: "Matéria e Energia", "Vida, Terra e Cosmos" e "Tecnologia e Linguagem Científica". No componente curricular da Biologia,

(...) a seleção dos conteúdos foi feita visando ao contexto e à pretensão de que, por meio dos estudos biológicos, o estudante possa: se apropriar dos conceitos de célula, evolução da vida e dos mecanismos de hereditariedade; dialogar sobre biotecnologia abordando e contrapondo riscos e benefícios; compreender o funcionamento do corpo humano; participar de discussões sobre tópicos relacionados à saúde individual e coletiva (importância das vacinas, por exemplo) e à qualidade de vida; compreender os diversos aspectos relacionados à biodiversidade, as características dos diferentes grupos de seres vivos, seu valor intrínseco, sua preservação e soluções possíveis e necessárias para a manutenção da vida (Currículo Paulista, 2019).

A partir da implementação do Novo Ensino Médio, o Currículo Paulista foi dividido em duas partes: a "parte comum", a qual contemplará todas as pessoas cursando o Ensino Médio, composta pelas áreas de conhecimento de Linguagens, Matemática, Ciências Humanas e Ciências da Natureza; e a "parte de itinerários formativos", conjunto de disciplinas compostas por áreas de conhecimento dentre as quais pode-se escolher: Linguagens, Matemática, Formação Técnica e Profissional, Ciências Humanas e Ciências da Natureza. Há outros componentes curriculares, como as “eletivas”, disciplinas temáticas planejadas por professores com base nos interesses de estudantes e materiais de apoio disponibilizados em acréscimo ao CA (Currículo Paulista, 2019).

À vista disso, para o presente trabalho, optou-se por utilizar os cadernos do CA como base para investigação do ensino de PFA e suas associações, uma vez que constituem o material didático proposto para a ministração de aulas da parte comum do Currículo Paulista. As análises de materiais didáticos e revisões da literatura na área do Ensino possibilitam avaliar e discutir as lacunas e potenciais presentes em abordagens pedagógicas (Faria, Torres e Coltri, 2023; Reinaldo e Caldeira, 2023).

O conhecimento sobre PFA está diretamente relacionado à percepção desses organismos — conhecimento e percepção, em decorrência, influenciam a comunicação e a

alfabetização científica, e podem modular os esforços para a proteção do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Sendo assim, o estudo de PFA e seus sistemas de associação contribuem para o ensino de ciências e biologia e a percepção da biodiversidade.

2. Objetivos

O presente trabalho propôs avaliar as abordagens de ensino de plantas, fungos e abelhas envolvendo seus sistemas de associação e suas percepções. A representação desses organismos foi verificada nos cadernos didáticos da rede pública de educação básica do estado de São Paulo. As abordagens e propostas pedagógicas em contextos que envolvem as suas associações ecológicas foram discutidas, visando ao conhecimento e à percepção da biodiversidade.

3. Abordagem metodológica

Essa pesquisa foi realizada nos níveis descritivo e exploratório, de forma a identificar as características dos grupos de estudo a partir de técnicas padronizadas de coleta de dados e, além disso, esclarecer e delimitar os conceitos e ideias a fim de formular e operacionalizar hipóteses (Gil, 2019). Os procedimentos analíticos foram baseados na análise textual discursiva, conforme proposto por Moraes e Galiuzzi (2011), em que os textos são separados em unidades de significado e, a partir da interpretação e produção de argumentos, são geradas categorias de análise. O processo se inicia com um momento desconstrutivo de "tempestade de ideias", em que se mergulha nos temas a serem explorados, e então parte para a reconstrução dos conhecimentos existentes. A unitarização envolve a transformação e atualização de significados com base nas leituras, criando-se condições para a categorização, da qual emergem novos entendimentos e sentidos. Essa modalidade de análise busca prestigiar o processo da pesquisa e o diálogo teórico-empírico envolvido na construção de teorias, reconhecendo também que as realidades investigadas, sua descrição e interpretação estão em constante movimento (Moraes e Galiuzzi, 2011).

Foi realizada uma revisão documental a fim de verificar a presença e as abordagens para ensino de fungos, abelhas e plantas propostas no material pedagógico. De acordo com Gil (2019), a pesquisa documental tem como fontes documentos no sentido amplo, que ainda não receberam nenhum tratamento analítico ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos do estudo. Os cadernos do CA, utilizados como fonte documental para essa pesquisa, foram disponibilizados publicamente na plataforma online da Escola de Formação e

Aperfeiçoamento dos Profissionais da Educação (EFAPE), disponível no site <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/>. O acesso foi realizado em dezembro de 2023.

Foram examinados os cadernos referentes aos anos finais do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano) e ao Ensino Médio (1ª e 2ª séries), para as disciplinas de Ciências e Biologia, respectivamente. A parte comum do Currículo Paulista para a 3ª série não contempla a área de Ciências da Natureza, portanto, a 3ª série não foi incluída. Tanto os “Cadernos do Professor” quanto os “Cadernos do Estudante” foram incluídos, possibilitando a análise das abordagens dos conteúdos a partir da perspectiva de ambos. Diferentemente dos Cadernos do Estudante, os Cadernos do Professor contêm textos adicionais sobre associações dos conteúdos às Habilidades, sugestões de abordagens dos conteúdos, resoluções de questões, entre outros.

Ao final, a partir da interpretação do conteúdo do material e unitarização de seus significados, foram produzidas categorias de análise envolvendo problemáticas do ensino de PFA. Para cada categoria de análise produzida, as propostas pedagógicas ancoradas nos sistemas de associação PFA foram analisadas e discutidas.

3.1. Detalhamento de busca e categorização

A triagem do CA envolveu uma busca contextual com leitura minuciosa de todo o seu conteúdo de forma a encontrar os elementos de estudo nos contextos relevantes. Os conhecimentos, temas e discussões relacionadas às PFA presentes nas SA foram organizados em categorias: organismos de estudo (PFA); e processos biológicos, sendo eles específicos (particulares a algum organismo de estudo, ex.: fermentação) ou não específicos (ex.: reprodução), os quais foram divididos nas subcategorias individual (envolvendo apenas um organismo, ex.: fotossíntese) e interação (ex.: controle biológico). Foram realizadas análises quantitativas, contabilizando quantas vezes e em que momentos as PFA e conceitos relacionados apareciam nos textos e atividades, e qualitativas, avaliando de que forma foram abordados dentro dos respectivos assuntos.

A busca e aninhamento (aqui definido como agrupamento em subcategorias por semelhança e níveis contextuais) dos termos referentes aos organismos de estudo, processos biológicos e tipos de atividade foi realizada conforme as condições descritas a seguir:

- Termos considerados pertencentes à mesma categoria de significado, dependendo do contexto, foram aninhados (ex.: mesmo que a palavra “planta” não tenha sido

mencionada, a menção da palavra “raiz” no sentido de órgão vegetal foi considerada uma menção à planta);

- Termos compartilhados por organismos de estudo, ou que podem se referir a dois ou mais processos biológicos diferentes, foram aninhados conforme o organismo ou processo ao qual se referiram (ex.: “esporos” de plantas ou fungos; “cultivo” pode se referir ao desenvolvimento de plantas ou a uma interação entre formigas e fungos);
- Flexões de palavras foram incluídas na busca de termos (ex.: para o termo "produtor", foram incluídos também "produção", "produtora", "produtores", etc.);
- Todos os tipos de representação (texto, imagem, vídeo, entre outros) foram considerados (ex.: a partir de uma imagem de uma maçã embolorada, foram consideradas menções às plantas, fungos e decomposição).

O objetivo dessa etapa não foi quantificar quantas vezes os termos foram escritos no texto do material, e sim, em quantas ocasiões fizeram parte das atividades propostas. Sendo assim:

- Dois ou mais termos mencionados no mesmo Momento que se referem à mesma categoria de organismo de estudo ou processo biológico foram incluídos apenas uma vez (ex.: "raízes", "caule" e "folhas" das "plantas"; "*Mucor*", "*Penicillium*" e "*Aspergillus*" são gêneros de "fungos"; plantas "produzem" energia por meio da "fotossíntese");
- Termos foram incluídos como apenas uma menção quando se referiram a outro termo já mencionado anteriormente dentro do mesmo Momento (ex.: um texto que descreve um fungo e, em seguida, a utilização de seu cogumelo para a produção de um bioplástico), entre diferentes Momentos relacionados (ex.: leitura de um texto mencionando abelhas e resolução de questão, sobre o texto, mencionando abelhas novamente) ou entre diferentes cadernos relacionados (ex.: uma atividade proposta no Caderno do Estudante que menciona uma flor e, na resolução da questão presente no Caderno do Professor, menciona a mesma flor).

Em relação aos organismos de estudo:

- Foram incluídas como menções à PFA termos referentes à vegetação, hábitos vegetais (ex.: árvore), órgãos de plantas ou abelhas, estruturas de PFA (ex.: sementes, cogumelos), alimentos (de origem vegetal, fúngica ou produzidos por abelhas), entre outros elementos relevantes e suas variações;

- Menções a nomes populares ou científicos de espécies foram considerados como menções aos respectivos organismos de estudo;
- Termos que podem não necessariamente se referir aos organismos de estudo, mas que se referem no contexto em que foram inseridos, foram analisados conforme o contexto (ex.: “alimento” foi incluído como menção à planta quando se trata de frutas);
- Termos e atividades que não se referem diretamente a PFA no texto do material, mas que envolvem ou podem envolver PFA, foram incluídos e discutidos com base na possibilidade de PFA serem abordados (ex.: pesquisa sobre Candidíase; observação de seres em um jardim);
- Processos biológicos referentes a determinado organismo de estudo foram incluídos também como menção a esse organismo de estudo, mesmo que o organismo em si não tenha sido mencionado (ex.: uma atividade sobre fotossíntese, no contexto de fotossíntese realizada por plantas, em que não houve menção do termo “planta” ou suas variações, foi incluído também como menção à planta; a menção de “micorriza” em um texto, mas sem menção a “planta”, “fungo” e seus respectivos termos similares, foi incluído também como menções de planta e fungo).

Em relação aos processos biológicos:

- Termos referentes a processos biológicos foram incluídos apenas quando tiveram relação com PFA (ex.: "teia alimentar" em que plantas foram mencionados como participantes; utilização de fungos na "produção" de alimentos; "declínio" da população de abelhas);
- Se o mesmo processo biológico foi mencionado em ambos os Cadernos do Estudante e do Professor, mas se referiu a PFA em apenas um deles, o processo biológico foi incluído (ex.: resolução de questão sobre cadeia alimentar em que fungos não são mencionados no Caderno do Estudante, mas sim na resolução presente no Caderno do Professor);
- Processos biológicos que podem ocorrer individualmente ou por intermédio de uma interação envolvendo os organismos de estudo foram incluídos em ambas categorias caso mencionados nesses contextos (ex.: dispersão de sementes pode ocorrer por, dentre outras maneiras, autocoria ou zoocoria);
- Processos biológicos que não ocorreram em certa categoria não foram incluídos na mesma (ex.: “declínio” de populações, o qual pode ocorrer individualmente ou por intermédio de uma interação, foi incluído apenas na categoria de “interação” caso

tenha sido mencionado exclusivamente em contextos de predação, parasitismo, ação antrópica, entre outros, não sendo incluído em “individual” nesse caso);

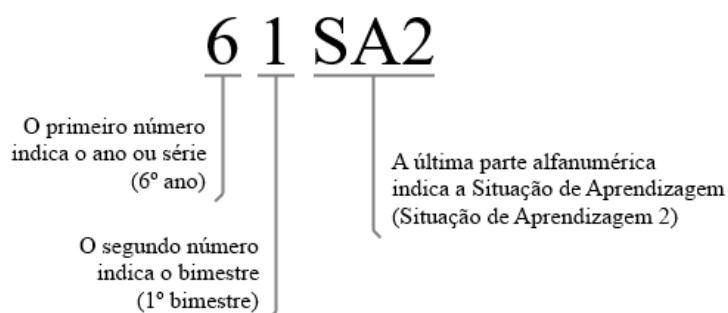
- Termos iguais, mas que podem possuir significados diferentes, foram analisados e aninhados dependendo dos contextos (ex.: degradação de áreas verdes ou degradação da matéria por fungos);
- Nomes de doenças foram incluídos na categoria doença e, quando causadas por fungos, por exemplo, foram consideradas como interações específicas.

Foram analisados os tipos de atividade em que PFA foram trabalhados, como por exemplo, análises e elaborações de texto, imagem e vídeos; resolução de questões; atividades práticas e experimentos; materiais de apoio; atividades e aulas de tipo não definido; entre outras.

- Apenas menções em textos presentes no material foram incluídas em "leitura de texto";
- Menções em textos componentes das questões foram incluídas somente em "resolução de questões" e não em "leitura de texto" (ex.: "Questão 1: Porque as abelhas são importantes?");
- "Elaboração de imagem" incluiu elaboração de mapas mentais, quadrinhos, etc.;
- Menções em duas ou mais questões presentes no mesmo Momento foram incluídas apenas uma vez (ex.: Momento de resolução de questão com cinco questões sobre determinado fungo foram incluídas apenas como uma menção ao fungo);
- "Elaboração de glossário" foi considerado em SA que mencionaram PFA (ex.: elaboração de glossário sobre termos genéticos em SA que mencionou reprodução de ervilhas; elaboração de glossário a partir de um texto no qual foram mencionados termos botânicos);
- "Divulgação" não incluiu apresentações de atividades apenas para estudantes da mesma sala de aula em que foi realizada, e sim, qualquer atividade apresentada para o restante da escola ou a comunidade (ex.: uma feira científica desenvolvida a partir de uma atividade proposta em uma SA);
- "Material de apoio" incluiu materiais sugeridos nos Cadernos do Estudante e do Professor para utilização direta nas atividades ou sugestão de conteúdos complementares (ex.: a leitura de um material especificamente para a resolução de questões; um vídeo proposto apenas para que estudantes possam conhecer mais sobre o assunto).

De forma a facilitar as análises e discussões, foram utilizados códigos alfanuméricos para se referir às SA. Um modelo mostrando o significado do código está representado na Figura 1.

Figura 1: Código utilizado para se referir às diferentes Situações de Aprendizagem presentes no Currículo em Ação, em cada bimestre de cada ano ou série.



Fonte: autoria própria

4. Percepção de plantas, fungos e abelhas no Currículo em Ação

A partir da revisão dos cadernos do CA correspondentes ao ensino de ciências e biologia nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, foram verificados os momentos e a forma que os organismos de estudo — PFA — foram representados, os processos biológicos aos quais foram associados e em quais tipos de atividade estiveram presentes.

Foram encontrados, no total, 27 termos referentes aos organismos de estudo (além de nomes científicos, populares e processos biológicos), havendo maior diversidade de termos similares aninhados na categoria das plantas e menor diversidade na categoria das abelhas (Tabela 1).

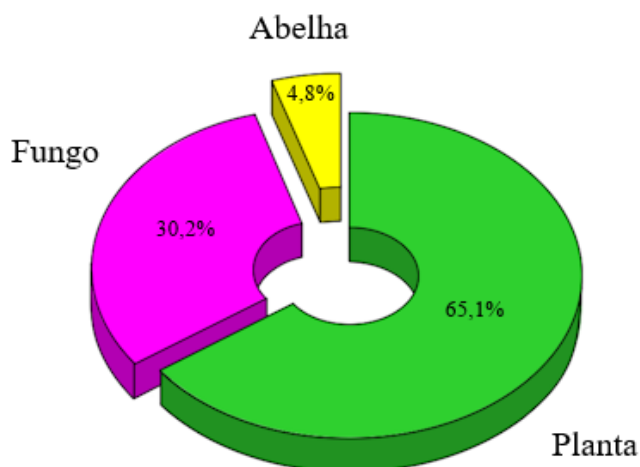
Tabela 1: Aninhamento dos termos referentes aos organismos de estudo. Dentro de cada subcategoria, os termos em negrito correspondem aos termos principais (que dão nome a sua categoria); os demais são os termos similares (aninhados na mesma categoria). (Nome) representa os nomes científicos ou nomes populares considerados como menções aos organismos de estudo e (processo) representa os processos biológicos considerados como menções aos organismos de estudo nos casos em que não foram diretamente mencionados.

Organismos de estudo		
planta , vegetal, vegetação, mata, plantação, área verde, raiz, tronco, folha, flor, fruto, esporo, semente, madeira, alimento, árvore, gramínea, flora, angiosperma, botânica, (nome), (processo)	fungo , bolor, mofo, levedura, cogumelo, esporo, hifa, (nome), (processo)	abelha , (nome), (processo)

Fonte: autoria própria

Os organismos de estudo ocorreram em um total de 126 vezes no material, sendo que a categoria planta ocorreu 82 (65,1%); fungo ocorreu 38 (30,2%); e abelha ocorreu 6 vezes (4,8%) (Figura 2).

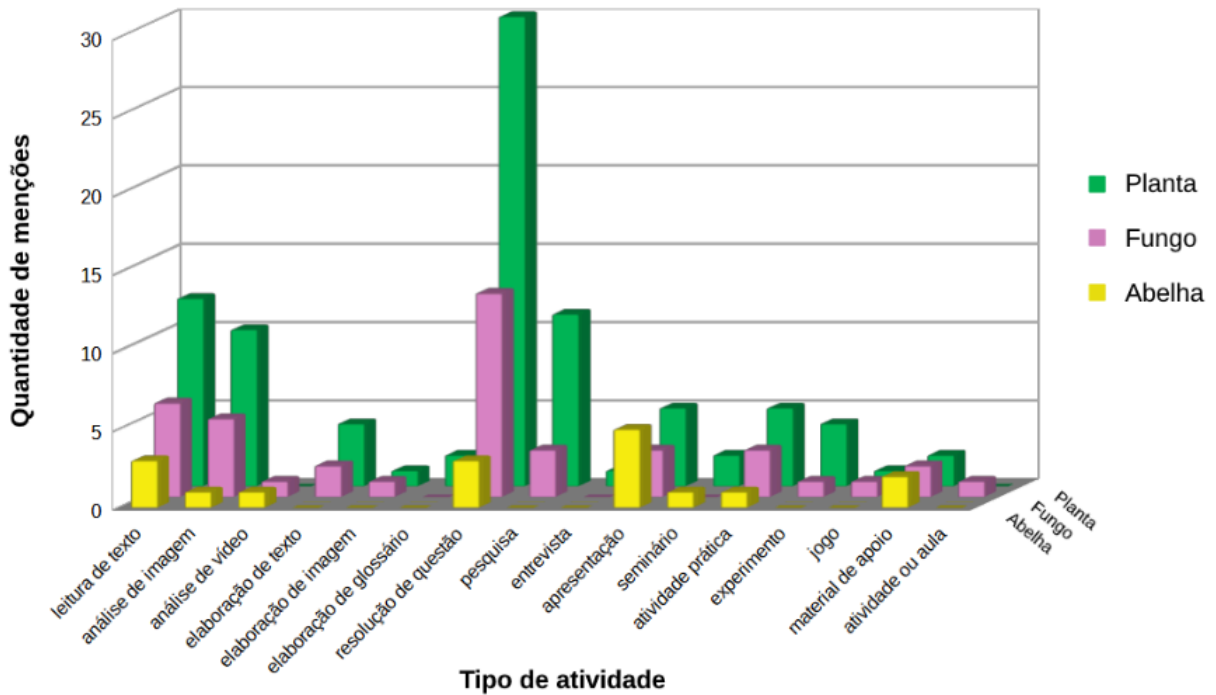
Figura 2: Ocorrência das categorias de termos relacionadas a cada organismo de estudo.



Fonte: autoria própria

A análise da ocorrência de PFA em cada tipo de atividade (Figura 3) mostrou que plantas e fungos foram mencionados mais vezes em resolução de questões (30 e 13, respectivamente), sendo esse o tipo de atividade mais frequente no geral. Plantas não ocorreram em atividades de análise de vídeos e fungos não ocorreram em elaboração de glossários, entrevistas e seminários. Abelhas ocorreram principalmente em apresentações (5), leitura de textos (3), resolução de questões (2) e materiais de apoio (2).

Figura 3: Ocorrência dos organismos de estudo em cada tipo de atividade: leitura de texto (LT); análise de imagem (AI); análise de vídeo (AV); elaboração de texto (ET); elaboração de imagem (EI); elaboração de glossário (EG); resolução de questão (RQ); pesquisa (Pe); entrevista (En); apresentação (Ap); seminário (Se); atividade prática (AP); experimento (Ex); jogo (Jo); material de apoio (MA); e atividade ou aula de tipo não definido (Aa).



Fonte: autoria própria

Dentre os processos biológicos envolvendo PFA encontrados (Tabela 2), foi possível estabelecer subcategorias, a nível de indivíduo, não específicas — como desenvolvimento, crescimento, reprodução e nutrição — e específicas aos organismos de estudo — como fotossíntese e fermentação. Além disso, foram encontrados processos que envolvem interações — relações ecológicas que causam impactos em populações, dinâmicas como cadeias alimentares e fenômenos como a decomposição e a polinização — organizados em subcategorias e também divididos, conforme o contexto, entre não específicos ou específicos.

Tabela 2: Aninhamento dos termos referentes aos processos biológicos. Dentro de cada subcategoria, os termos em negrito correspondem aos termos principais (que dão nome à sua categoria); os demais são os termos similares (aninhados na mesma categoria).

Processos biológicos			
Não específico		Específico	
Individual	Interação	Individual	Interação
desenvolvimento	interação , sistema, atuação, papel	fotossíntese , síntese, produção	decomposição , degradação, biodegradação
crescimento , fortalecimento, engrossamento	impacto , declínio, desaparecimento, extinção, morte	dispersão	desmatamento , degradação, fragmentação, extração, modificação, redução
reprodução , propagação	predação , parasitismo, combate, controle biológico	fermentação	polinização , dispersão, visita, agente polinizador
alimentação , síntese, fonte, obtenção, consumo, absorção	cadeia alimentar , teia alimentar		agricultura , cultivo, monocultura
reserva	transformação		doença , alimento estragado
respiração			
sobrevivência			
celular			

Fonte: autoria própria

Dentre as categorias de processos biológicos não específicos aos organismos de estudo, alimentação foi o processo individual mais frequente (13), enquanto impacto e interação, classificados como interações, ocorreram mais vezes (15 e 10, respectivamente). Fotossíntese foi o processo biológico individual e específico aos organismos de estudo encontrado mais vezes no material (12), enquanto agricultura e decomposição foram as interações que ocorreram com mais frequência (13 e 11, respectivamente) (Figura 4).

Figura 4: Ocorrência de cada categoria de processo biológico não específico aos organismos de estudo (grupo à esquerda), específico (grupo à direita), individual (em azul) e envolvendo uma interação (em vermelho). O tamanho da fonte é diretamente proporcional à frequência das menções aos processos.



Fonte: autoria própria

PFA não estiveram presentes em todas as SA dos anos finais do Ensino Fundamental (Tabela 3) e do Ensino Médio (Tabela 4), sendo mais recorrentes naquelas que tratam de seres vivos e do ambiente. Em SA que tratam de assuntos químicos e físicos da área de Ciências da Natureza, por exemplo, PFA ocorreram apenas ocasionalmente. Os termos de busca foram encontrados em contextos como biologia celular, genética e reprodução, saúde, surgimento da vida, evolução, classificação dos seres vivos, problemas ambientais e transformações de matéria e energia. Na 1ª e 2ª séries do Ensino Médio, PFA estiveram presentes em todos os bimestres, mas não ocorreram em todos os bimestres dos anos finais no Ensino Fundamental, devido ao fato da disciplina de Ciências incluir conhecimentos de Química e Física, sendo esperada, portanto, um enfoque em seres vivos proporcionalmente menor.

Tabela 3: Listagem das Situações de Aprendizagem (SA) que envolveram plantas, fungos e abelhas nos anos finais do Ensino Fundamental. O material não atribuiu título à certas SA; nesses casos, o tema foi descrito pelo autor, entre parênteses.

SA	Título (ou tema)
61SA2	Transformações químicas
61SA4	Materiais sintéticos
62SA1	Célula como unidade dos seres vivos
62SA2	Níveis de organização dos seres vivos
71SA3	Equilíbrio termodinâmico e a vida na terra
72SA4	Sem Título (Ecossistemas e interações)
72SA5	Sem Título (Unidades de conservação)
73SA3	Vírus e bactérias
82SA2	Processos reprodutivos dos seres vivos
83SA2	Saúde e prevenção: as infecções sexualmente transmissíveis
92SA4	Genética
93SA1	Evolução das espécies
93SA2	Conservação da natureza

Fonte: autoria própria

Tabela 4: Listagem das Situações de Aprendizagem (SA) que envolveram plantas, fungos e abelhas no Ensino Médio.

SA	Título
11SA1	Em todo lugar tem ciência?
11SA2	Energia em movimento
11SA3	Combustíveis que movem o mundo
11SA4	Recursos para a manutenção e preservação da vida
12SA1	O planeta está aquecendo?
12SA3	Ciência segura no cotidiano
12SA4	A ciência dos materiais

13SA1	Fenômenos naturais, ações humanas e a busca pelo equilíbrio
13SA2	Fenômenos naturais, ações humanas e a busca pelo equilíbrio
13SA3	Vida, terra e cosmos: a construção do conhecimento
13SA4	Vida, terra e cosmos: a construção do conhecimento
14SA1	Condições favoráveis à vida - parte 1
14SA2	Condições favoráveis à vida - parte 2
14SA3	Interações, moléculas e evolução
14SA4	Comunicação e divulgação científica
21SA3	Efeito das intervenções humanas no ambiente - parte 1
21SA4	Efeito das intervenções humanas no ambiente - parte 2
22SA1	Preservação e conservação ambiental - parte 1
22SA2	Preservação e conservação ambiental - parte 2
23SA2	Aplicações de conhecimentos da área de ciências da natureza - parte 2
23SA3	Aplicações de conhecimentos da área de ciências da natureza - parte 3
24SA2	Prevenção e promoção da saúde e do bem-estar - parte 2
24SA3	Prevenção e promoção da saúde e do bem-estar - parte 3

Fonte: autoria própria

Ao final da pesquisa e da interpretação do conteúdo analisado, as problemáticas e os temas para discussão relacionados à percepção e ensino de PFA encontrados foram unitarizados e aninhados em categorias de significado (Moraes e Galiazzi, 2011). Com base no referencial teórico acerca dos temas, cada uma das categorias foi discutida nos itens a seguir.

4.1. Representação de plantas, fungos, abelhas e suas associações

Plantas, suas interações ecológicas e sua importância para os ecossistemas e os humanos foram representadas em 29 SA, inclusive em contextos agrícolas (13SA1, 13SA2, 22SA1 e 22SA2), sociopolíticos (23SA3) e de saúde (24SA2). Houve aspectos positivos da representação das plantas, como por exemplo, em uma atividade sobre sua participação em

processos como o fluxo de energia no ambiente (71SA3). Todavia, elas foram mal representadas em certas ocasiões, como em atividades práticas com pouca instrução e contextualização (82SA2), conforme abordado no item 4.3.

Fungos foram representados em 13 SA (16 a menos do que as plantas), mas suas associações e importância, como por exemplo, em cadeias alimentares (11SA1 e 11SA2) foram abordados; os fungos tiveram um Momento dedicado exclusivamente a eles (14SA1). Entretanto, na maioria dos Momentos em que fungos estiveram presentes, sua representação foi muito breve, sendo propostas poucas ou nenhuma instrução para sua abordagem no Caderno do Professor (11SA2 e 13SA1), inclusive havendo erros conceituais sobre eles (61SA4, 11SA2 e 13SA1) (discutidos no item 4.5). SA sobre doenças causadas por vírus e bactérias (73SA3) e agentes transmissores de infecções sexualmente transmissíveis (ISTs) (83SA2) abriram possibilidades para estudo dos fungos (ex.: envolvendo uma pesquisa sobre Candidíase e incentivando estudantes a discutir, por exemplo, doenças causadas por outros microrganismos além de vírus e bactérias) — porém, sequer mencionaram fungos no material ou apresentaram sugestões ou referências sobre como abordá-los nessas atividades.

As abelhas foram representadas em apenas quatro SA: nos contextos de reprodução dos seres vivos (82SA2), extinção de espécies (93SA2), biomimética (12SA4) e impacto dos agrotóxicos no ambiente (22SA1). Em três casos (82SA2, 93SA2 e 22SA1), elas tiveram destaque devido à sua importância para a polinização, conforme discutido no item 4.8. A menor frequência de menções às abelhas (em 4 SA) em relação às plantas (29) e aos fungos (16) pode estar relacionada ao fato de que esses organismos ocupam diferentes níveis de classificação de seres vivos, mas também envolve as suas relações com as aprendizagens e conteúdos das áreas de ciências e biologia. Dessa forma, é necessário integrar as análises quantitativas e qualitativas para comparar e discutir as representações de PFA no material.

Interações envolvendo PFA estiveram presentes no material em contextos como: ecossistemas, em que o Caderno do Professor menciona interações entre “plantas, animais e micróbios” (São Paulo, 2023) (72SA4); os papéis de plantas, fungos e suas associações nas cadeias alimentares e ciclagem de nutrientes (11SA1, 11SA2, 13SA1 e 14SA1); e de plantas em processos de respiração, fotossíntese e fonte de energia para outros seres (11SA3). Em uma atividade envolvendo a construção de um terrário (13SA1), o material não menciona fungos e suas associações; entretanto, há potencial para trabalhar as interações planta–fungo, por exemplo, como o enriquecimento do solo pelas micorrizas (Khaliq *et al.*, 2022).

Além disso, houveram cinco SA (93SA1, 12SA3, 13SA4, 14SA3 e 23SA2) em que animais, inclusive a fauna carismática, foram utilizados como exemplo em detrimento de PFA, conforme abordado em mais detalhes, para o caso das abelhas, no item 4.8. Nessas ocasiões, houve potenciais para utilização de PFA como exemplos, mas isso não ocorreu. Em uma atividade sobre evidências evolutivas (13SA4), foram utilizados apenas exemplos animais clássicos para analogia e homologia; entretanto, há exemplos botânicos que poderiam ser utilizados, como: os espinhos de Euphorbiaceae, Cactaceae e Asclepiadaceae, adaptações relacionadas à proteção e tolerância em situações de baixa umidade, são estruturas que evoluíram de forma convergente entre essas famílias (Evert e Eichhorn, 2014).

4.2. Comparações com a fauna carismática

Três SA propõem a comparação entre PFA e outros seres vivos para caracterizar suas semelhanças e diferenças: em resolução de questão sobre diferenciação de quatro exemplos de seres vivos (protozoários, bactérias, fungos e animais) representados em imagens (62SA2); em resolução de questões que comparam sistemas do corpo humano e sistemas vegetais para introduzir a SA “Combustíveis que movem o mundo” (11SA3) (Figura 5); no contexto de diversidade fisiológica e reprodutiva, em que sugere uma comparação entre os sistemas circulatórios de insetos e mamíferos, e em uma reportagem em um material de apoio, no Caderno do Professor, em que sugere a correlação da biodiversidade de plantas e serpentes (14SA2):

Professor(a), na reportagem “O que é Biodiversidade” da Revista Amazônia 9 (2011), estão disponíveis uma série de informações para embasar a discussão, além de um mapa indicando a biodiversidade global de plantas vasculares por número de espécies. Sugerimos que faça correlação entre biodiversidade animal e vegetal no caso das serpentes (São Paulo, 2023).

Figura 5: Trecho do Momento que introduz a “Situação de Aprendizagem 3 – Combustíveis que movem o mundo”, retirado do Caderno do Professor do Currículo em Ação. As questões propõem a comparação entre os processos bioquímicos de respiração entre humanos e vegetais.

Sabe-se que, para uma máquina funcionar, ela precisa de combustível. Observando a imagem 1 podemos perceber o quão complexa é a “máquina” humana. Para que todo o conjunto funcione em harmonia são necessários alguns “combustíveis”.

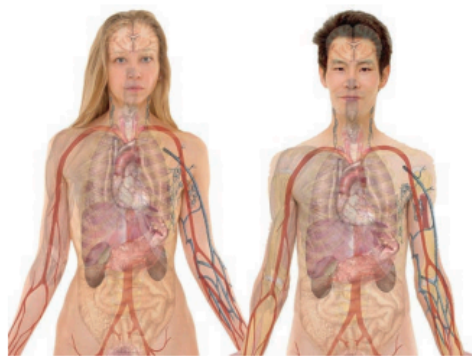


Imagem 1 – O corpo humano. Pixabay

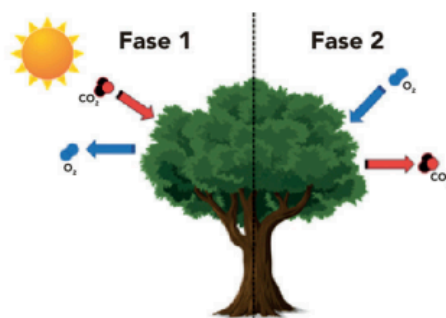


Imagem 2 – Processos bioquímicos importantes realizados pelos vegetais. Elaborada para o material

1.1 **Questão disparadora:** Qual(is) o(s) possível(is) combustível(is) que move(m) a “máquina” humana?

1.2 Observe a imagem 2.

O que tem em comum com a imagem 1? Estabeleça uma relação entre as trocas gasosas que ocorrem na “máquina” humana e nos vegetais. Faça suas anotações em seu caderno.

Professor(a), o objetivo dessa segunda atividade é fazer com que os (as) estudantes percebam que o processo de respiração dos seres vivos não se restringe apenas aos organismos que possuem pulmões. A respiração pode ser entendida como sendo o ato em que os organismos realizam absorção de gás oxigênio e liberação de gás carbônico. Todo esse processo bioquímico pode ocorrer em diferentes estruturas corporais dependendo do organismo.

Fonte: São Paulo (2023)

Sob a perspectiva das percepções, as comparações entre diferentes organismos ou grupos de organismos, especialmente envolvendo a fauna carismática, devem ser realizadas com cautela. A fauna carismática pode ser utilizada com intenção de facilitar o ensino, entretanto, isso pode ser desvantajoso, uma vez que espécies mais carismáticas tendem a ser mais valorizadas, prejudicando o conhecimento e a conscientização sobre as demais (Tisdell e Nantha, 2007).

Uma vez que cada ser vivo possui atributos característicos e particularidades de percepção, os seus artifícios de carisma também são específicos. Os artifícios de carisma não precisam se limitar às comparações com organismos mais carismáticos, sob risco de os atributos do organismo menos carismático não serem reconhecidos de fato. A saída, nesses casos, pode ser explorar outros artifícios, como por exemplo: os saberes tradicionais e a importância cultural das plantas medicinais no contexto do Ensino de Jovens e Adultos (EJA)

(Cavaglier e Messeder, 2014); a coloração chamativa de cogumelos, como ilustrado no próprio CA (62SA2), para despertar interesse sobre o estudo da reprodução de fungos; e a importância das abelhas nativas para a segurança alimentar no Brasil (BPBES/REBIPP, 2019), conforme abordado também em material de apoio sugerido pelo CA.

4.3. Plantas em atividades práticas e experimentos

No material analisado, há quatro atividades práticas ou experimentos envolvendo a botânica: experimento sobre propagação vegetativa no contexto de reprodução dos seres vivos (82SA2); experimento de simulação da fotossíntese utilizando a planta aquática *Elodea* sp. (11SA2); construção de um protótipo de estufa para simular o funcionamento do efeito estufa, com plantas ilustradas nos modelos de estufa (12SA1); e experimento demonstrando o processo osmótico em batatas-inglesas no contexto de transportes celulares (14SA2).

As atividades práticas e experimentos propostos no material podem conter explicações dos processos e sua contextualização com os conteúdos da SA, instruções contendo listas de materiais e procedimentos, imagens ilustrativas, resoluções de questões e materiais de apoio relacionados. Entretanto, no caso da atividade sobre propagação vegetativa (82SA2), há apenas uma breve descrição do experimento (Figura 6).

Figura 6: Sugestão de atividade prática envolvendo propagação vegetativa, retirada do Caderno do Professor do Currículo em Ação, referente à “Situação de Aprendizagem 2 – Processos reprodutivos dos seres vivos”. Dentro do quadro, a Atividade foi reproduzida pelo material da forma que ela aparece no Caderno do Estudante.

ATIVIDADE 3 – FORMAS DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA ARTIFICIAIS

Para a **Atividade 3** sugerimos a realização de atividades investigativas, que podem ser propostas por você, professor(a), ou trazidas pelos(as) estudantes mediante uma explanação inicial do tema e pesquisa orientada.

ATIVIDADE 3 – FORMAS DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA ARTIFICIAIS

Seu(sua) professor(a) irá orientá-los para uma atividade investigativa e experimental, na qual vocês deverão acompanhar técnicas de propagação vegetativa artificial, tais como estaquia, enxertia e alporquia. O registro do processo de cada reprodução deverá ser realizado por meio de relatórios, podendo incluir imagens, desenhos, esquemas, etc.

Fonte: São Paulo (2023)

Nesse exemplo, foi possível reconhecer duas problemáticas que envolvem o ensino de botânica: apesar do grande potencial da utilização de plantas em atividades práticas e

experimentos, elas estão presentes de forma reduzida nos materiais didáticos; e o seu ensino é desvinculado de outros assuntos da biologia, de outras disciplinas ou das realidades de estudantes e professores. De acordo com o CA:

O intuito deste documento é servir de apoio às suas práticas pedagógicas. Para tal, é essencial a leitura atenta e crítica para a construção de uma boa aula a partir de adaptações e ampliações voltadas às realidades de cada localidade, ano e turma. Ressaltamos a importância de um olhar voltado à inclusão e equidade no ensino, buscando atender a heterogeneidade dos(as) estudantes (São Paulo, 2023).

Os eventos evolutivos e a problematização dos conteúdos são elementos que atribuem significado às características e conceitos referentes aos grupos vegetais. Portanto, a contextualização e percepção da botânica podem ser alcançadas por meio de uma abordagem filogenética e um ensino crítico e transformador, vinculado aos conhecimentos de evolução e ecologia (Ursi *et al.*, 2018; Sebastiani, 2023).

4.4. Quantidade de termos técnicos da botânica

Houve duas ocasiões que envolveram plantas em que o material sugeriu a elaboração de glossários: sobre termos científicos específicos da biologia (11SA3) e termos presentes em um texto sobre a história da genética (14SA4).

Em determinadas situações, os glossários podem contribuir para uma aprendizagem significativa da terminologia científica. Eles podem ser aproveitados por meio de uma abordagem etimológica, ou seja, de apropriação do vocabulário a partir da lógica da formação dos termos e da relação entre vocábulos com prefixos e sufixos compartilhados (como por exemplo, em citologia, citocromo, eritrócito e assim por diante) (Nunes e Votto, 2021).

Entretanto, há questionamentos sobre a elaboração de glossários como uma proposta de atividade para o ensino de biologia. O mero registro de termos e seus respectivos significados pode fazer com que certos fatores sejam desconsiderados, como por exemplo: as variações de sentidos conforme diferentes possíveis situações; o estudo e discussões científicas por trás dessas definições; e o fato de que os conhecimentos biológicos estão sob constante atualização. As próprias teorias de evolução estão sob constante debate, incrementação e aplicação em novos contextos, como por exemplo, a proposição e desenvolvimento dos conceitos de homologia e monofiletismo (Santos e Klassa, 2012).

É importante considerar que a problemática da memorização de termos botânicos está frequentemente ligada à preocupação de estudantes com os vestibulares para ingresso na Educação Superior — essas provas, por sua vez, influenciam a elaboração de currículos escolares, favorecendo, portanto, a fragmentação dos conteúdos em materiais didáticos (Andrade e Souza, 2018). Esse é mais um contexto em que a utilização de glossários apenas para memorização contribui para a perspectiva reducionista dos conhecimentos de Biologia.

A botânica está presente na sociedade em suas dimensões ambiental, filosófica, cultural, histórica, médica, ética e estética — portanto, o ensino de botânica deve contemplar os conceitos e conhecimentos biológicos de forma inserida e aplicada a esses cenários, para além de sua simples memorização (Ursi *et al.*, 2018).

4.5. Diferenciação entre fungos e plantas

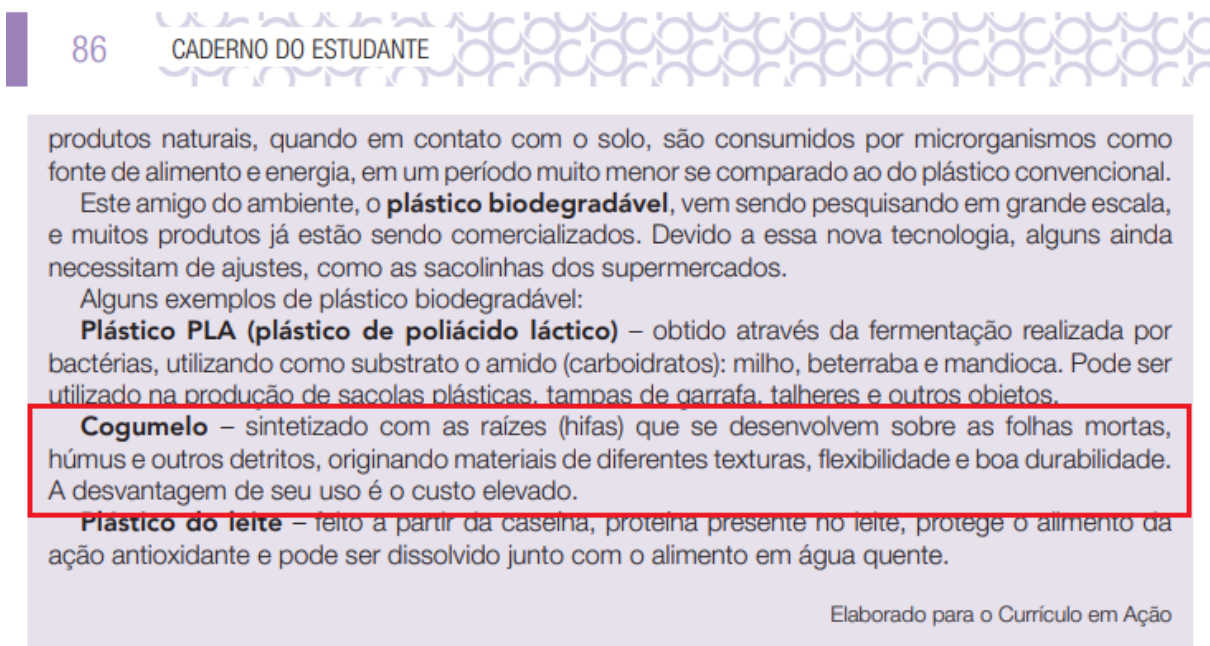
Dentro da problemática da aproximação indevida entre os reinos Plantae e Fungi, as atividades presentes em quatro SA puderam ser utilizadas como base para discussão: leitura do texto "Plástico: vilão ou prodígio" que traz o plástico de cogumelo como exemplo de plástico biodegradável (61SA4); sequência de Atividades que propõe, a partir da observação de um ambiente e de imagens de exemplo, o estabelecimento de semelhanças e diferenças entre plantas e fungos, dentre outros seres vivos (62SA1); sequência de Momentos envolvendo os papéis de plantas (produtores) e fungos (decompositores) em cadeias alimentares e o impacto de agrotóxicos sobre as associações planta–fungo (13SA1); e sequência de Momentos com enfoque em fungos que, dentre outros elementos, descreve certas características que diferem fungos e plantas (14SA1):

Comumente, algumas pessoas se confundem e classificam fungos como sendo plantas ou pertencendo ao reino vegetal, mas isso não é verdade. Os fungos apresentam um conjunto de características próprias, permitindo que tenham seu próprio reino, o Reino Fungi. Diferentemente dos vegetais, eles não realizam fotossíntese - mesmo alguns sendo verdes – são heterótrofos por absorção, não apresentam tecidos verdadeiros, nem sistema digestório. A absorção se dá por estruturas denominadas hifas (São Paulo, 2023).

Embora traga atenção específica para essa problemática em uma SA (14SA1), esclarecendo concepções referentes a diferenciação entre plantas e fungos, o material apresenta equívocos conceituais sobre as estruturas e associações desses grupos em outras ocasiões. Em um texto sobre plásticos biodegradáveis (61SA4), o material estabelece relação

entre raízes e hifas (Figura 7), estruturas que, apesar de estarem envolvidas em associações micorrízicas, possuem morfologias, funções e origens distintas (Freschet *et al.*, 2021).

Figura 7: Trecho do texto “Plástico: vilão ou prodígio?”, da “Situação de Aprendizagem 4 – Materiais Sintéticos”, retirado do Caderno do Estudante do Currículo em Ação. O retângulo vermelho destaca o parágrafo em que raízes são associadas à hifas.



Fonte: São Paulo (2023)

Nas instruções presentes no Caderno do Professor para a resolução de uma questão (13SA1), o material menciona que os agrotóxicos podem “desencadear a morte de micorrizas”; entretanto, essa expressão pode causar confusão, uma vez que o termo “micorriza” não se refere a um organismo, e sim, a uma associação ecológica entre seres vivos.

Professor(a), promova uma roda de conversa e destaque que essa atividade tem a intencionalidade de permitir ao(à) estudante uma reflexão sobre os impactos causados pelo uso do agrotóxico. Apesar de trazer benefícios também provoca danos ao ambiente. Espera-se que consigam perceber e relatar que os agrotóxicos fragilizam o solo e reduzem a sua fertilidade. Eles também podem desencadear a morte de micorrizas, diminuir a biodiversidade do solo, ocasionar acidez, entre outros problemas (São Paulo, 2023).

O modo de nutrição dos fungos é uma das características que os distanciam dos grupos de plantas (Hedges *et al.*, 2004). Apesar disso, no Caderno do Professor, dentro do tema

“Energia e Movimento” (11SA2), são citados exemplos de organismos autótrofos e heterótrofos; todavia, apenas os animais são citados como exemplo de organismos heterótrofos, e os modos de obtenção de energia utilizados pelos fungos não são mencionados:

Como exemplo de organismos autótrofos podemos citar as algas, plantas, cianobactérias e alguns protistas (Euglena). Quando um organismo depende de materiais orgânicos pré-formados de outros seres vivos para obtenção de energia e síntese das biomoléculas de que necessita, como todos os animais, é denominado heterótrofo (São Paulo, 2023).

Sendo assim, houve três momentos no material em que plantas e fungos, correspondentes a grupos distintos com base em sua filogenia e análises moleculares, foram aproximados por meio de sistemas e conceitos científicos limitados e desatualizados.

4.6. Percepção patológica dos fungos

Os contextos que relacionaram fungos e saúde, possibilitando avaliar possíveis percepções estritamente patológicas dos fungos, foram: decomposição de alimentos e a importância dessa transformação química (61SA2); referências à participação dos fungos na descoberta da penicilina (14SA1 e 14SA3); aumento de doenças causadas por vírus, protozoários e fungos como consequência do desmatamento (21SA4); e consumo de alimentos em decomposição ou mofados no contexto de saúde e higiene dos alimentos (24SA3).

O material apresentou uma razão de três SA contendo perspectivas não patológicas dos fungos a duas contendo perspectivas estritamente patológicas. Apesar de ter tratado, devidamente, sobre os riscos à saúde do consumo de alimentos estragados em textos e imagens (61SA2 e 24SA3), destacou também a importância do processo de decomposição realizado por fungos para os ecossistemas e a compostagem (61SA2), e a importância histórica dos fungos e o seu estudo para a saúde (14SA1 e 14SA3), por exemplo.

Embora estejam envolvidos com a contaminação de alimentos e transmissão de certas doenças, os fungos possuem potenciais benéficos para os humanos e o ambiente (como por exemplo, a fermentação e a ciclagem de matéria orgânica), e estão presentes de forma marcante, desde os primórdios da humanidade, nas culturas e no cotidiano das pessoas (Hyde *et al.*, 2019). Dessa forma, abordagens completas e integradas de questões relacionadas aos fungos, de forma a superar perspectivas estritamente patológicas, promovem o conhecimento

sobre suas formas de vida e, conseqüentemente, a percepção e conservação desses organismos.

4.7. Potencial dos fungos para a interdisciplinaridade

O material abre duas possibilidades para atividades interdisciplinares envolvendo fungos: aborda a decomposição de alimentos por fungos no contexto de transformações químicas (61SA2) e propõe, no Caderno do Professor, no Momento intitulado "Fungos e pão: da fermentação à decomposição" (14SA1): "converse com o(a) professor(a) de Química, outro componente da área de CNT, sobre a possibilidade de uma aula/atividade conjunta, abordando os objetos de transformações químicas (...) e a rapidez dessas transformações" (São Paulo, 2023).

O ensino de bioquímica e microbiologia pode ser realizado por meio de práticas interdisciplinares envolvendo processos como a fermentação, contribuindo também para a percepção dos fungos por estudantes (Lacerda, Pereira e Cavalcante, 2020). Uma vez que o Currículo Paulista está organizado de forma disciplinar, as oportunidades para integração entre áreas costumam envolver projetos escolares ou adaptações do material curricular — entretanto, práticas interdisciplinares realizadas por um único professor, em uma única disciplina, não deixam de ser possíveis (Silva, Araújo e Ferreira, 2020). O ensino interdisciplinar envolve reflexão contínua, trabalho coletivo dentre a comunidade escolar e contribui para o conhecimento e percepções mais amplas da biodiversidade, inclusive com base em metodologias que utilizam a problematização como elemento norteador de sequências didáticas (Locatelli, Crestani e Rosa, 2020).

4.8. Abelhas, sua importância e sua representação

As abelhas são mencionadas no material em quatro SA, nos seguintes contextos: de reprodução de seres vivos, sobre a importância das abelhas e o impacto do seu declínio para a reprodução vegetal, o equilíbrio dos ecossistemas e a segurança alimentar humana, com direcionamento para materiais de apoio sobre o assunto (82SA2); de extinção de espécies, sobre os impactos da possível extinção de abelhas para a humanidade, com sugestão de vídeo como material de apoio sobre o tema (93SA2); de ciência dos materiais e biomimética, em exemplo, no Caderno do Professor, sobre a "lenda grega de Ícaro, que construiu asas artificiais a partir de cera do mel de abelhas e penas de gaivota" (São Paulo, 2023) (12SA4); e

no contexto de preservação e conservação ambiental, com sugestão, no Caderno do Professor de material de apoio sobre o impacto de agrotóxicos (22SA1):

Se houver condições e tempo, faça uma leitura (ou escuta do podcast) compartilhada com os estudantes do material sugerido abaixo para ilustrar ainda mais a discussão sobre os impactos que os defensivos causam no ambiente, relacionando seus efeitos nas cadeias alimentares, uma vez que interferem nos processos de polinização pelas abelhas, responsáveis por 75% da polinização das angiospermas, o que interfere diretamente nas cadeias alimentares na natureza (São Paulo, 2023).

As abelhas não foram utilizadas como exemplo ou modelo biológico em nenhuma ocasião no CA. A utilização exclusiva de animais e da fauna carismática como exemplos foi observada em SA que abordaram evolução e árvores filogenéticas (93SA1, 12SA3, 13SA4 e 14SA3). Houve contextos em que apenas animais foram utilizados como exemplos ou em que a maioria dos exemplos envolveu a fauna carismática, mas não envolveu as abelhas (93SA1, 12SA3, 13SA4, 14SA3 e 23SA2). Houve contextos em que a fauna não-carismática, como os artrópodes, serviram como exemplos (93SA1, 12SA3 e 13SA4), inclusive em um Momento que abordou especificamente o sistema circulatório de artrópodes, com enfoque nos insetos (14SA2) — ainda assim, em nenhum desses casos as abelhas foram representadas.

O conhecimento acerca dos atributos biológicos característicos e únicos das abelhas, como sua classificação, morfologia, fisiologia, ciclo de vida e interações ecológicas, é um fator crucial para reconhecer a necessidade de sua conservação — essa relação pode ser alcançada por meio da educação escolar (Christ e Dreesmann, 2022). Com base nisso, o modo como as abelhas são representadas no CA é contraditório: as atividades insistem que as abelhas são importantes e que seu declínio resulta em impactos negativos na polinização, na segurança alimentar e na estabilidade dos ecossistemas; contudo, elas não são utilizadas como exemplos em outros contextos e os conhecimentos sobre sua biologia não são aprofundados no próprio material, estando presentes majoritariamente (3 SA) em materiais de apoio externos ao CA.

Há possibilidade de utilização das abelhas, por exemplo, no contexto dos órgãos de sentido de animais (12SA3), com possibilidade de abordar como os polinizadores enxergam as flores durante o forrageamento. Além disso, no contexto de associações PFA, o mel das abelhas envolve interações com microrganismos como os fungos, portanto, também é possível trabalhar as abelhas no contexto da fermentação (14SA1). Bem como discutido por Christ e

Dreesmann (2022), há potencial para o ensino e percepção de abelhas em assuntos e conteúdos diversos.

4.9. Representação das abelhas nativas

A representação de abelhas nativas do Brasil foi analisada no material: são mencionados, de forma breve e em material de apoio complementar presente apenas no Caderno do Professor, o declínio populacional de abelhas nativas e as possibilidades de conservação (82SA2); no contexto de extinção de espécies, o CA traz uma imagem de *Apis* sp. visitando uma flor (93SA2); a diversidade de abelhas nativas, sociais e solitárias, e a percepção de abelhas sem ferrão são mencionadas em um material de apoio presente apenas no Caderno do Professor (22SA1):

A EACH está desenvolvendo um trabalho de conscientização sobre abelhas nativas sem ferrão, chamadas de jataia, que são sociais e também produzem mel. “A vantagem é que, por não terem ferrão, você consegue criar essas abelhas no fundo de casa. Então, estamos começando agora uma série de cursos que nós vamos ministrar na USP Leste, justamente para ensinar a população em geral a criar essas abelhas. Obviamente nosso intuito é de preservação, mas também demonstrar à população a parte da importância e também deles poderem explorar numa espécie de agricultura familiar e tirar até uma renda do mel produzido dessas abelhas (Aragaki, 2019).

As abelhas nativas não são mencionadas no próprio CA, sendo que, apesar da grande biodiversidade de abelhas encontrada no Brasil (BPBES/REBIPP, 2019), apenas *Apis* sp., uma abelha exótica, foi representada. Além da importância da representação de espécies nativas para trazer atenção à problemática do declínio das abelhas, elas apresentam grande potencial para a percepção e o ensino de PFA, por estarem associadas aos fungos (Paludo *et al.*, 2019; De Paula *et al.*, 2023) e às plantas (Madden *et al.* 2018; Luz, 2019) de modos tão específicos e essenciais. Dessa forma, podem ser apreciadas para a atualização dos modelos biológicos que abrangem somente a fauna carismática.

A sub-representação de diferentes grupos de abelhas na educação escolar, tal como a ausência das mamangavas como exemplos em materiais didáticos, causa a impercepção da diversidade morfológica e fisiológica desses seres e a confusão com outros grupos de artrópodes, como os dípteros e coleópteros, por exemplo (Christ e Dreesmann, 2022). Em determinadas situações, os meliponíneos são mais carismáticos por não apresentarem ferrão, o que os torna importante para a percepção de abelhas; além disso, os conhecimentos sobre a

organização das abelhas sociais podem ser tratados e servir como exemplos de cooperativismo e a empatia na formação de cidadãos (Medeiros *et al.*, 2023).

4.10. Representações com enfoques especiais

Houve 21 SA em que PFA foram utilizados como exemplos em temas não necessariamente sobre o ensino de botânica, de fungos ou de abelhas. Ou seja, nessas ocasiões, não houve aprofundamento no estudo ou descrição de conhecimentos específicos de PFA no material, mas eles foram mencionados em contextos com enfoque em outros temas.

Plantas foram utilizadas como exemplos em contextos de: história da genética e hereditariedade (presentes em experimentos como o de Mendel, nos quais foram utilizados ervilhas) (92SA4, 23SA2); organismos geneticamente modificados (14SA4, 22SA2); teorias de evolução (girafas se alimentando de folhas de uma árvore como exemplo sobre a teoria de Lamarck) (93SA1); analogia entre árvores filogenéticas e estruturas de árvores (13SA4); agricultura e produção (utilização da cana de açúcar como fonte de energia) (11SA3 e 11SA4), impactos ambientais causados por monoculturas (21SA3); utilização de herbicidas (22SA1); e eugenia e racismo científico (exemplo botânico de Francis Galton) (23SA4) (Figura 8).

Figura 8: Trecho do Caderno do Estudante, dentro da “Situação de Aprendizagem 4 – Investigar e discutir o uso indevido dos conhecimentos das Ciências da Natureza”, em que plantas foram mencionadas no contexto de eugenia.

1.2 Como a interpretação da Ciência pode endossar ações questionáveis.

A palavra **eugenia** (do grego *eu-*, 'bem', 'bom', e *-genéia*, 'evolução', 'origem', 'raça') significa "boa linhagem". A ciência da eugenia, conhecida como "ciência da boa geração", foi desenvolvida por Francis Galton (1822-1911), na Inglaterra, sob influência da leitura do livro "A origem das espécies" (1859) de autoria de seu primo, Charles Darwin. Acreditando serem as capacidades humanas resultantes muito mais da hereditariedade do que da educação, Galton propôs a procriação consciente através da união entre indivíduos "bem-dotados biologicamente" como forma de aperfeiçoamento social. A ideia de que a família e a sociedade podiam ser cultivadas como um jardim, do qual "ervas daninhas" deviam ser eliminadas em benefício de "plantas úteis", era uma metáfora de suas proposições. A eugenia pretendia oferecer uma seleção eficiente e rápida: o que a natureza levava gerações para realizar, a ciência poderia obter criteriosamente através do planejamento.

Fonte: "Eugenia: um projeto biológico para o homem".
Disponível em: <https://cutt.ly/XDvEVLl>. Acesso em: 28 mar. 2022.



- Após a leitura do texto, pesquise sobre a Eugenia e o Darwinismo Social. Com os resultados da pesquisa, elabore um texto destacando as problemáticas dessas teorias, e os impactos sociais da discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos.
- A partir da pesquisa e elaboração que você realizou, há situações em que a compreensão errônea dos genes foi usada para situações discriminatórias? Comente.

Fungos foram mencionados em contextos de: teorias do surgimento da vida (em resolução de questão que, no Caderno do Professor, menciona fungos dentre exemplos de seres vivos) (13SA3); agricultura e produção (impactos ambientais causados pela utilização de fungicidas) (22SA1); e, conforme abordado em mais detalhes no item 4.6, saúde (descoberta da Penicilina) (14SA1 e 14SA3), doenças (21SA4) e higiene de alimentos (24SA3). Conhecimentos sobre as abelhas estiveram presentes exclusivamente nos contextos de impactos ambientais de seu declínio populacional (82SA2, 93SA2 e 22SA1) e, brevemente, no Caderno do Professor, no contexto de biomimética (12SA4) — essas representações foram discutidas no item 4.8.

Nessas ocasiões, há possibilidade de exploração e aprofundamento de conhecimentos sobre PFA para abordar as temáticas trazidas pelo material curricular. As motivações para que professores e estudantes aproveitem esses potenciais podem envolver: a intradisciplinaridade, ou seja, a relação entre saberes da disciplina de Biologia (ex.: conhecimentos da botânica e da genética); a interdisciplinaridade, integrando conhecimentos das Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Sociais, Linguagens e Matemática; os contextos locais, como questões específicas de cada sala de aula, comunidade escolar, bairro, etc.; os contextos temporais, como a análise de notícias e postagens da internet sobre temas contemporâneos; entre outros.

A partir da analogia botânica apresentada no contexto da ciência da eugenia, por exemplo, é possível abordar e desenvolver debates, de forma problematizadora e interdisciplinar (Locatelli, Crestani e Rosa, 2020), sobre questões como: “o que é uma erva daninha?”, “em que situações e por quais grupos de pessoas uma planta pode ser considerada útil?” e “podemos associar o conceito de erva daninha a certos grupos sociais marginalizados em nossa sociedade?”.

4.11. Evolução e conteúdos essenciais ausentes

Dentre as SA analisadas, certos conteúdos relacionados à PFA não foram abordados no material, como por exemplo: a classificação dos grupos de plantas e as relações evolutivas entre briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas; as posições ocupadas por microrganismos, inclusive fungos, em sistemas de classificação; o fato de que os fungos não formam um grupo monofilético; e exemplos de plantas e fungos em SA que trataram sobre árvores filogenéticas e linhagens de seres vivos (nesses casos, todos os exemplos foram animais). O ensino de biologia sob a perspectiva evolutiva, tendo a evolução como eixo estruturante e processo essencial que integra todos os seres vivos e suas associações, contribui

para o conhecimento e favorece a desfragmentação de conteúdos (Santos e Klassa, 2012). A evolução é, de fato, abordada no CA — no entanto, muitos conteúdos sobre evolução de PFA estavam ausentes.

A presença de PFA no contexto de classificação de seres vivos foi reduzida a sua eventual abordagem em atividades baseadas em análise de imagens e observações em campo, em SA sobre introdução à biologia celular (62SA1) e reprodução (82SA2), por exemplo. Esse tipo de atividade pode levar a uma concepção de que os seres vivos devem ser classificados a partir de análises puramente morfológicas, ou ainda, pode ser justificada pelo fato de que a genética e evolução de espécies são abordadas no CA apenas a partir do 9º ano e, sendo assim, análises moleculares e relações de filogenia e ancestralidade são muito complexas para serem ensinadas nos anos anteriores. De acordo com Prinou, Halkia e Skordoulis (2011), percepções da evolução essencialistas (referentes à imutabilidade das espécies) e teleológicas (direcionamento por propósito) expressadas por crianças a partir do ensino primário podem ser modificadas ao longo do ensino de ciências e biologia, influenciando, por consequência, o ensino e a aprendizagem nas séries superiores. Esse processo depende do modo como os assuntos são apresentados nos materiais curriculares e das interpretações de professores; portanto, se as abordagens são simplistas e há conteúdos ausentes, isso indica a necessidade de uma reforma curricular (Prinou, Halkia e Skordoulis, 2011). Sendo assim, há possíveis propostas, como por exemplo: ao ensinar o conceito de célula para o 6º ano, pode-se destacar que os seres vivos possuem certos caracteres invisíveis a olho nu, mas que fazem diferença em sua classificação.

Segundo o Currículo Paulista (2019), o CA “deve ser utilizado concomitantemente com outros recursos didáticos, como outras ferramentas e tecnologias adotadas por você (professor) para enriquecimento de sua prática” (São Paulo, 2023). No entanto, se há conteúdos ausentes na parte comum do material curricular, não há garantia de que esses conteúdos serão tratados nos itinerários formativos, nas disciplinas eletivas e em outras ocasiões optativas, prejudicando, dessa forma, a formação de estudantes. Em situações de redução da quantidade de conteúdos no ensino de biologia, Carvalho, Nunes-Neto e El-Hani (2011) discutem a complexidade dessa problemática e propõem a divisão dos conceitos estruturantes entre as categorias “biologia evolutiva” e “biologia funcional”, pretendendo uma visão integrada das Ciências Biológicas e a capacitação de todas as pessoas cursando o Ensino Básico para a compreensão das teorias da biologia e seus princípios fundamentais.

Os processos de seleção de conteúdo ocorrem concomitantemente às reformas e reestruturações curriculares. Os resultados do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2023, divulgados pelo Ministério da Educação, mostraram que, dentre as áreas de conhecimento que compõem a prova, "Ciências da Natureza e suas tecnologias" apresentou a menor média geral (497,4) entre os participantes (INEP, 2024). Esse é um possível reflexo da reestruturação sofrida pelo currículo da educação básica pública com a proposta do Novo Ensino Médio que, dentre outras alterações, dispensou as Ciências da Natureza do material comum para a 3ª série do Ensino Médio, contemplando apenas as áreas de Linguagens e suas Tecnologias e Matemática (São Paulo, 2023).

4.12. Atividades para avaliação das percepções

Houve 13 SA que envolveram atividades de observação de um ambiente, como um jardim na escola ou no bairro em que estudantes da turma residem, para levantamento de seres vivos (62SA1, 72SA4, 11SA2, 14SA1, 14SA2 e 21SA4) e análise de representações, como imagens, para a identificação de diferentes seres vivos em um ambiente (62SA1, 62SA2, 71SA3, 72SA5, 11SA2, 13SA1 e 14SA1). Em uma ocasião (14SA1), no Caderno do Professor, houve preocupação direta com a percepção botânica no contexto de níveis de organização dos seres vivos:

Chegando em órgão, é possível citar exemplos, lembrando que estamos falando dos níveis de organização dos seres vivos, por isso é muito importante não trazer exemplos somente do ser humano. Vale citar órgãos vegetais (raiz, caule e folha – lembrando que não são todos que apresentam) (São Paulo, 2023).

Essas atividades são possibilidades para avaliar diretamente a percepção de estudantes (a turma reconhecerá a diversidade de espécies vegetais no ambiente? Saberá diferenciar vespas, moscas e besouros de diversas espécies de abelhas? Os fungos liquenizados e os cogumelos passarão despercebidos?) e professores (haverá orientação para que a turma se atente à biodiversidade de PFA?).

O Currículo em Ação prevê a construção de aulas a partir de adaptações do material e da escolha de ferramentas e tecnologias complementares, e o desenvolvimento das habilidades por meio de metodologias diversas e a mediação por professores (São Paulo, 2023). Dessa forma, a percepção dos seres vivos no ensino não depende unicamente dos materiais didáticos e suas atividades sugeridas, mas também das abordagens pedagógicas escolhidas.

4.13. Atividades de divulgação para a comunidade

O material sugeriu atividades de apresentação, exposição ou divulgação para a comunidade de atividades realizadas em sala de aula em quatro SA: entrevistas com vizinhos de estudantes sobre plantas e animais locais (72SA4); realização de campanha, na escola, sobre o impacto do desaparecimento das abelhas na polinização e na produção de alimentos (82SA2); apresentação, para a escola e a comunidade, de trabalho sobre genética (92SA4); e exposição, em blog ou mural, de uma atividade prática de observação, levantamento e caracterização dos seres vivos presentes no ambiente escolar (14SA2).

O ensino pode promover as percepções para além da sala de aula, como por exemplo: em atividades de extensão em universidades (Medeiros *et al.*, 2023), envolvendo propostas como a Ciência Cidadã, que compreende o engajamento de diversos públicos com as ciências (Martins e Cabral, 2021), e pela transformação de escolas em Comunidades de Aprendizagem, abrangendo familiares e a comunidade com base nos conceitos da aprendizagem dialógica (Braga e Mello, 2014).

5. Considerações finais

A partir das atividades sugeridas pelo CA, é possível identificar potenciais para abordagens pedagógicas interdisciplinares e contextualizadas envolvendo PFA e suas associações ecológicas, de forma a promover a sua percepção. Entretanto, em determinadas SA, o material sugere atividades baseadas em sistemas biológicos e métodos de ensino ultrapassados, com erros conceituais e representação insuficiente desses organismos. O material abre possibilidades para o aprofundamento nos conhecimentos sobre a diversidade de PFA, contudo, uma vez que se trata do material comum do Currículo Paulista, necessitaria abranger os conteúdos essenciais da biologia sem depender da complementaridade de outros materiais ou disciplinas optativas.

O ensino das Ciências da Natureza e os conhecimentos sobre PFA e suas associações ecológicas envolvem dimensões humanas, as quais, por sua vez, determinam a percepção da biodiversidade. Por meio de metodologias de ensino problematizadoras é possível utilizar artifícios de percepção relacionados a conhecimentos tradicionais e regionais para despertar o interesse de estudantes pelos atributos dos seres vivos e, seguidamente, trabalhar os conteúdos científicos e escolares da biologia. A educação tem papel fundamental no desenvolvimento da

percepção e, uma vez que a biodiversidade é mais percebida e conhecida, a interação dos humanos com o ambiente será mais responsável e sustentável.

A partir dos seguintes pontos, um panorama mais completo do ensino sobre PFA e as repercussões para a percepção da biodiversidade pode ser traçado em estudos futuros:

- I. Pesquisas adicionais envolvendo outros materiais didáticos, da rede particular e dos demais estados além de São Paulo, por exemplo, podem contribuir para a investigação do modo que PFA e suas associações são representadas e ensinadas na educação básica brasileira;
- II. Comparações entre o CA e os demais materiais curriculares do estado de São Paulo, no contexto do Novo Ensino Médio, como os materiais anteriores à reforma e aqueles elaborados para os itinerários formativos e as disciplinas eletivas, permitem avaliar possíveis decorrências (ex.: a fragmentação dos conhecimentos da biologia);
- III. São necessários mais estudos sobre a percepção de fungos, abelhas e demais grupos, considerando a caracterização de seus atributos e seus possíveis artifícios de carisma, de forma a contribuir para o conhecimento e a percepção da diversidade de todos os organismos.

6. Referências bibliográficas

ADOMAKO, M. O.; ROILLOA, S.; YU, F.-H. Potential Roles of Soil Microorganisms in Regulating the Effect of Soil Nutrient Heterogeneity on Plant Performance. *Microorganisms*, v. 10, p. 1–17, dez. 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2607/10/12/2399>>.

ALVES, R. M.; DIAS, A. C. A. A.; GIL, A. S. B. Botânica no Ensino Superior: o que pensam os discentes do Amapá (Amazônia, Brasil). *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, p. 13, mai. 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15250>>.

ANDRADE, J. A.; SOUZA, R. D. Análise das Questões de Biologia Celular nos Vestibulares da UEPG entre 2010 a 2016: Implicações para a Educação em Ciências e Biologia. *Revista Insignare Scientia*, v. 1, n. 3, p. 1–14, 2018.

ARAGAKI, C. Morte de meio bilhão de abelhas é consequência de agrotóxicos. *Jornal da USP*, São Paulo, abr. 2019. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/?p=232992>>. Acesso em: dez. 2023.

BAHRAM, M.; NETHERWAY, T. Fungi as mediators linking organisms and ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 46, n. 2, p. 1–16, mar. 2022. Disponível em: <<https://academic.oup.com/femsre/article/doi/10.1093/femsre/fuab058/6468741>>.

BALDING, M.; WILLIAMS, K. J. H. Plant blindness and the implications for plant conservation. *Conservation Biology*, v. 30, n. 6, p. 1192–1199, dez. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300007&lng=pt&tlng=pt>.

BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. Theoretical model for interdisciplinary analysis of human activities: Meliponiculture as an activity that promotes sustainability. *Ambiente & Sociedade*, v. 23, n. 23, p. 1–21, 2020. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2020000100322&tlng=en>.

BARBOSA, R. N.; LEONG, S. L.; VINNERE-PETTERSSON, O.; CHEN, A. J.; SOUZA-MOTTA, C. M.; FRISVAD, J. C.; SAMSON, R. A.; OLIVEIRA, N. T.; HOUBRAKEN, J. Phylogenetic analysis of *Monascus* and new species from honey, pollen and nests of stingless bees. *Studies in Mycology*, v. 86, n. 1, p. 29–51, mar. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.simyco.2017.04.001>>.

BINYAMIN, R.; NADEEM, S. M.; AKHTAR, S.; KHAN, M. Y.; ANJUM, R. Beneficial and pathogenic plant-microbe interactions: A review. *Soil & Environment*, v. 38, n. 2, p. 127–150, dez. 2019. Disponível em: <<http://se.org.pk/File-Download.aspx?archivedpaperid=866>>.

BLACKWELL, M.; VEGA, F. E. Lives within lives: Hidden fungal biodiversity and the importance of conservation. *Fungal Ecology*, v. 35, p. 127–134, out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.05.011>>.

BONFANTE, P.; VENICE, F. Mucoromycota: going to the roots of plant-interacting fungi. *Fungal Biology Reviews*, v. 34, n. 2, p. 100–113, jun. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbr.2019.12.003>>.

BOZZINI, I. C. T.; CALZOLARI, A. J.; SEBASTIANI, R. O papel dos conhecimentos específicos de botânica na proposta de reformulação curricular de um curso de licenciatura em ciências biológicas. *Anais do VII ENEBIO*, p. 2384–2392, 2018.

BRONDÍZIO, E. S.; AUMEERUDDY-THOMAS, Y.; BATES, P.; CARINO, J.; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á.; FERRARI, M. F.; GALVIN, K.; REYES-GARCÍA, V.; MCELWEE, P.; MOLNÁR, Z.; SAMAKOV, A.; SHRESTHA, U. B. Locally Based, Regionally Manifested, and Globally Relevant: Indigenous and Local Knowledge, Values, and Practices for Nature. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 46, n. 1, p. 481–509, out. 2021. Disponível em:
<<https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-environ-012220-012127>>.

BPBES/REBIPP. Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. WOLOWKSI, M. *et al.* (Org.). 1. Ed. São Carlos, SP: Editora Cubo. 184 p. 2019.

BRAGA, F. M.; MELLO, R. R. Comunidades de Aprendizagem e a participação educativa de familiares e da comunidade: elemento-chave para uma educação de êxito para todos. *Educação Unisinos*, v. 18, n. 2, p. 165–175, set. 2014. Disponível em:
<<http://www.revistas.unisinos.br/index.php/educacao/article/view/2480>>.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

CARVALHO, F. A.; BERGAMO, L. A. S. Educação Ambiental Menor, Decolonialidade e Ativismo Artístico. *Educação & Realidade*, v. 48, p. 1–24, 2023. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-62362023000100404&tlng=pt>.

CARVALHO, Í. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como Selecionar Conteúdos De Biologia Para O Ensino Médio? *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 1, n. 1, p. 67–100, ago. 2011.

CARVALHO, R. M. A.; MARTINS, C. F.; NÓBREGA ALVES, R. R.; ALVES, Â. G. C. Do emotions influence the motivations and preferences of keepers of stingless bees? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 14, n. 1, p. 47, dez. 2018. Disponível em:
<<https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-018-0246-3>>.

CAVAGLIER, M. C. dos S.; MESSEDER, J. C. Plantas Medicinais no Ensino de Química e Biologia: Propostas Interdisciplinares na Educação de Jovens e Adultos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 14, n. 1, p. 1–17, 2014.

CHOWDHURY, A.; SAMRAT, A.; PANDIAN, R.; DEVY, S. Native tree species richness enhances matrix functionality for soil arthropods in tropical plantation landscapes: A case study from the Himalayas. *Insect Conservation and Diversity*, v. 15, n. 5, p. 621–633, set. 2022. Disponível em: <<https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/icad.12581>>.

CHRIST, L.; DREESMANN, D. C. SAD but True: Species Awareness Disparity in Bees Is a Result of Bee-Less Biology Lessons in Germany. *Sustainability*, v. 14, n. 5, p. 1–15, fev. 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2604>>.

CUI, P.; KONG, K.; YAO, Y.; HUANG, Z.; SHI, S.; LIU, P.; HUANG, Y.; ABBAS, N.; YU, L.; ZHANG, Y. Community composition, bacterial symbionts, antibacterial and antioxidant activities of honeybee-associated fungi. *BMC Microbiology*, v. 22, n. 168, p. 1–15, jun. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12866-022-02580-4>>.

CURRÍCULO PAULISTA. São Paulo: SEE- SP/UNDIME-SP, 2019. Disponível em: <<https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/sites/7/2019/09/curriculo-paulista-26-07>>. Acesso em: dez. 2023.

DELAVAUX, C. S.; WEIGELT, P.; DAWSON, W.; DUCHICELA, J.; ESSL, F.; VAN KLEUNEN, M.; KÖNIG, C.; PERGL, J.; PYŠEK, P.; STEIN, A.; WINTER, M.; SCHULTZ, P.; KREFT, H.; BEVER, J. D. Mycorrhizal fungi influence global plant biogeography. *Nature Ecology & Evolution*, v. 3, n. 3, p. 424–429, fev. 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41559-019-0823-4>>.

DE PAULA, G. T.; MELO, W. G. da P.; CASTRO, I. de; MENEZES, C.; PALUDO, C. R.; ROSA, C. A.; PUPO, M. T. Further evidences of an emerging stingless bee-yeast symbiosis. *Frontiers in Microbiology*, v. 14, n. 3, p. 1–10, ago. 2023. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2023.1221724/full>>.

DE PAULA, G. T.; MENEZES, C.; PUPO, M. T.; ROSA, C. A. Stingless bees and microbial interactions. *Current Opinion in Insect Science*, v. 44, n. 1, p. 41–47, abr. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214574520301504>>.

EVERT R. F.; EICHHORN, S. E. Raven. *Biologia Vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 1637 p.

FABIANO, E.; SCHULZ, C.; MARTÍN BRAÑAS, M. Wetland spirits and indigenous knowledge: Implications for the conservation of wetlands in the Peruvian Amazon. *Current*

Research in Environmental Sustainability, v. 3, p. 1–15, 2021. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666049021000839>>.

FARIA, D. R.; TORRES, G. A. L.; COLTRI, P. P. O Currículo Paulista como instrumento e recurso para o planejamento docente na educação em mudanças climáticas. Revista Brasileira de Climatologia, v. 33, p. 1–21, 2023.

FIJN, N.; BAYNES-ROCK, M. A Social Ecology of Stingless Bees. Human Ecology, v. 46, n. 2, p. 207–216, abr. 2018. Disponível em:

<<http://link.springer.com/10.1007/s10745-018-9983-0>>.

FOUREZ, G. Crise no ensino de Ciências. Investigações em Ensino de Ciências, v. 8, n. 2, p. 109–123, 2003.

GELDERT, C.; ABDO, Z.; STEWART, J. E.; H.S., A. Dietary supplementation with phytochemicals improves diversity and abundance of honey bee gut microbiota. Journal of Applied Microbiology, v. 130, p. 1705–1720, maio 2021. Disponível em:

<<https://academic.oup.com/jambio/article/130/5/1705/6715578>>.

GEMMILL-HERREN, B.; GARIBALDI, L. A.; KREMEN, C.; NGO, H. T. Building effective policies to conserve pollinators: translating knowledge into policy. Current Opinion in Insect Science, v. 46, p. 64–71, ago. 2021. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.02.012>>.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. Apidologie, v. 46, n. 2, p. 209–223, mar. 2015. Disponível em:

<<http://link.springer.com/10.1007/s13592-014-0316-z>>.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 220 p.

GONÇALVES, J. F. da S.; ESTOLANO, L. C. C.; ANTUNES, L. F. de S. A Importância da Meliponicultura nos Centros Urbanos como Ferramenta para a Educação Ambiental. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 12, n. 2, p. 191–201, ago. 2023. Disponível em:

<<http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/6839>>.

HALL, D. M.; MARTINS, D. J. Human dimensions of insect pollinator conservation. *Current Opinion in Insect Science*, v. 38, p. 107–114, abr. 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.04.001>>.

HALSALL, P. (Ed.). *Louis Pasteur (1822-1894): Extension of The Germ Theory, 1880*. Base de dados referencial: *Internet Modern History Sourcebook*, 1998. Disponível em:

<<https://sourcebooks.fordham.edu/mod/1880pasteur-germ.asp>>. Acesso em: dez. 2023.

HEDGES, S. B.; BLAIR, J. E.; VENTURI, M. L.; SHOE, J. L. A molecular timescale of eukaryote evolution and the rise of complex multicellular life. *BMC Evolutionary Biology*, v. 4, p. 1–9, 2004.

HERSHEY, D. R. Plant neglect in biology education. *BioScience*, v. 43, n. 7, p. 418–418, ago. 1993. Disponível em:

<<http://academic.oup.com/bioscience/article/43/7/418/248915/Plant-neglect-in-biology-education>>.

HYDE, K. D. *et al.* The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. *Fungal Diversity*, v. 97, n. 1, p. 1–136, 3 jul. 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1007/s13225-019-00430-9>>.

HYDE, K. D. *et al.* The world's ten most feared fungi. *Fungal Diversity*, v. 93, n. 1, p. 161–194, nov. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13225-018-0413-9>>.

IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. POTTS, S. G. *et al.* (Org.). 1. Ed. Bonn, Alemanha: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 26 p. abr. 2016.

INEP. Enem 2023, Resultados. 2024. Apresentação em slides. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/enem/resultados/2023/apresentacao_resultados.pdf>. Acesso em: jan. 2024.

JANSSON, J. K.; MCCLURE, R.; EGBERT, R. G. Soil microbiome engineering for sustainability in a changing environment. *Nature Biotechnology*, v. 41, p. 1716–1728, dez. 2023. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41587-023-01932-3>>.

KHALIQ, A.; PERVEEN, S.; ALAMER, K. H.; ZIA UL HAQ, M.; RAFIQUE, Z.; ALSUDAYS, I. M.; ALTHOBAITI, A. T.; SALEH, M. A.; HUSSAIN, S.; ATTIA, H. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Symbiosis to Enhance Plant–Soil Interaction. *Sustainability*, v. 14, p. 1–16, jun. 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/14/13/7840>>.

KHAN, K. A.; AL-GHAMDI, A. A.; GHRAMH, H. A.; ANSARI, M. J.; ALI, H.; ALAMRI, S. A.; AL- KAHTANI, S. N.; ADGABA, N.; QASIM, M.; HAFEEZ, M. Structural diversity and functional variability of gut microbial communities associated with honey bees. *Microbial Pathogenesis*, v. 138, n. 1, p. 1–12, jan. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103793>>.

KLEINERT, A. M. P.; RAMALHO, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; RIBEIRO, M. F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 371–424.

LACERDA, M. D. M.; PEREIRA, Á. J.; CALCANTE, J. F. M. The teaching of biochemistry and microbiology through practical classes in an interdisciplinary approach. *Journal of Biochemistry Education*, v. 20, n. 1, p. 1–26, 2020.

LATOURE, B. Sobre a instabilidade da (noção de) natureza. In: MEYER, M.; MAGNELLI, A. *Diante de Gaia*. [s.l.] Ubu Editora, 2020. p. 15–50.

LOCATELLI, A.; CRESTANI, E. R. M. F.; ROSA, C. T. W. Os Três Momentos Pedagógicos e a interdisciplinaridade no Ensino de Ciências da Natureza: Análise de um curso de formação continuada. *Revista Insignare Scientia*, v. 3, n. 1, p. 1–24, 2020.

LÓPEZ-URIBE, M. M. Wild Bees: Diversity, Ecology and Stressors of Non-Apis Bees. In: *Honey Bee Medicine for the Veterinary Practitioner*. Hoboken, Nova Jersey: Wiley-Blackwell. p. 81-91.

LUTZONI, F.; NOWAK, M. D.; ALFARO, M. E.; REEB, V.; MIADLIKOWSKA, J.; KRUG, M.; ARNOLD, A. E.; LEWIS, L. A.; SWOFFORD, D. L.; HIBBETT, D.; HILU, K.; JAMES, T. Y.; QUANDT, D.; MAGALLÓN, S. Contemporaneous radiations of fungi and plants linked to symbiosis. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, p. 1–11, 21 dez. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-07849-9>>.

LUZ, C. F. P.; FIDALGO, A. O.; SILVA, S. A. Y.; RODRIGUES, S. S.; NOCELLI, R. C. F. Comparative floral preferences in nectar and pollen foraging by *Scaptotrigona postica* (Latreille 1807) in two different biomes in São Paulo (Brazil). *Grana*, v. 58, n. 3, p. 200–226, mai. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00173134.2019.1579257>>.

MACEDO, J. S.; BRANQUINHO, F. T. B.; BERGALLO, H. D. G. A rede sociotécnica na relação entre ribeirinhos e onças (*Panthera onca* e *Puma concolor*) nas Reservas de Desenvolvimento Sustentável Amanã e Mamirauá no Amazonas. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 35, p. 287–303, dez. 2015. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/made/article/view/40537>>.

MADDEN, A. A.; EPPS, M. J.; FUKAMI, T.; IRWIN, R. E.; SHEPPARD, J.; SORGER, D. M.; DUNN, R. R. The ecology of insect–yeast relationships and its relevance to human industry. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 285, n. 1, p. 1–8, mar. 2018. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2017.2733>>.

MARQUES, V.; URSI, S.; SILVA, E. L.; KATON, G. Environmental Perception: Notes on Transdisciplinary Approach. *Scientific Journal of Biology & Life Sciences*, v. 1, n. 3, p. 1–9, mar. 2020. Disponível em: <<https://irispublishers.com/sjbls/fulltext/environmental-perception-notes-on-transdisciplinary-approach.ID.000511.php>>.

MARTINS, D. G. M.; CABRAL, E. H. S. Panorama dos principais estudos sobre ciência cidadã. *ForScience*, v. 9, n. 2, p. 1–20, 2021

MEDEIROS, A. M.; CARVALHO, J. M. H.; ALVES, Y. R. A.; FERNANDES, E. M.; MEDEIROS, A. V. S.; GUEDES, R. S. Educação ambiental por meio das abelhas sem ferrão. *Caderno Impacto em Extensão, Campina Grande*, v. 3, n. 1, 2023. Disponível em: <<https://revistas.editora.ufcg.edu.br/index.php/cite/article/view/664>>.

MEIRELES, S. F.; DOS SANTOS, S. F.; RAFAEL, M. S.; DA MOTA, A. J.; DA SILVA, C. G. N. Yeasts from the nests of two Amazonian stingless bees: screening and PCR-RFLP molecular analysis. *Symbiosis*, v. 87, n. 2, p. 153–163, 13 jun. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13199-022-00865-w>>.

MELO, G. A. R. Stingless Bees (Meliponini). In: STARR, C. K. *Encyclopedia of Social Insects*. Cham, Suíça: Springer International Publishing, 2020. p. 1–18.

MELO, R. A. V.; MARTINS, R. V. A Relação Horizontal entre Direitos Humanos, o Meio Ambiente e a Sustentabilidade. Uma Necessária Sintonia com a Cultura Indígena (Humanista e Ambiental). *Revista do Instituto Brasileiro de Direitos Humanos*, v. 21, p. 221–230, 2022. Disponível em: <<https://www.revista.ibdh.org.br/index.php/ibdh/article/view/460>>.

MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A.; FELIPE, A. F. L. C.; CRISTINO VENTURIERI, G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The Role of Useful Microorganisms to Stingless Bees and Stingless Beekeeping. *In*: VIT, P.; ROUBIK, D. W.; PEDRO, S. R. M. *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. 1. ed. New York: Springer, 2013. p. 153–171.

MENEGATTI, C.; DA PAIXÃO MELO, W. G.; CARRÃO, D. B.; DE OLIVEIRA, A. R. M.; DO NASCIMENTO, F. S.; LOPES, N. P.; PUPO, M. T. *Paenibacillus polymyxa* Associated with the Stingless Bee *Melipona scutellaris* Produces Antimicrobial Compounds against Entomopathogens. *Journal of Chemical Ecology*, v. 44, n. 12, p. 1158–1169, dez. 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10886-018-1028-z>>.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 1, p. 117–128, abr. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132006000100009&lng=pt&tlng=pt>.

MOTTA, E. V. S.; ARNOTT, R. L. W.; MORAN, N. A. Caffeine Consumption Helps Honey Bees Fight a Bacterial Pathogen. *Microbiology Spectrum*, v. 11, n. 3, p. 1–11, jun. 2023. Disponível em: <<https://journals.asm.org/doi/10.1128/spectrum.00520-23>>.

NANTAWANIT, N.; PANIJPAN, B.; RUENWONGSA, P. Studying how plants defend themselves: a chemical weapon produced by chilli fruit. *Journal of Biological Education*, v. 45, n. 4, p. 244–250, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2011.553685>>.

NGUYEN, P. N.; REHAN, S. M. Environmental Effects on Bee Microbiota. *Microbial Ecology*, v. 86, n. 3, p. 1487–1498, out. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00248-023-02226-6>>.

NOGUEIRA-FERREIRA, F. H.; AUGUSTO, S. C. Amplitude De Nicho E Similaridade No Uso De Recursos Niche Width and Similarity in the Use of Floral Resources for. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 1, p. 45–51, nov. 2007.

NUNES, M. da R.; VOTTO, A. P. de S. A Etimologia como possibilidade de aprendizagem significativa de Biologia. Revista Thema, v. 15, n. 2, p. 592–602, maio 2018. Disponível em: <<http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/824>>.

OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. Flora, v. 195, n. 4, p. 311–329, dez. 2000. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0367253017309908>>.

PALUDO, C. R.; PISHCHANY, G.; ANDRADE-DOMINGUEZ, A.; SILVA-JUNIOR, E. A.; MENEZES, C.; NASCIMENTO, F. S.; CURRIE, C. R.; KOLTER, R.; CLARDY, J.; PUPO, M. T. Microbial community modulates growth of symbiotic fungus required for stingless bee metamorphosis. PLOS ONE, v. 14, n. 7, p. e0219696, 25 jul. 2019. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0219696>>.

PANDE, A.; MUN, B.-G.; LEE, D.-S.; KHAN, M.; LEE, G.-M.; HUSSAIN, A.; YUN, B.-W. NO Network for Plant–Microbe Communication Underground: A Review. Frontiers in Plant Science, v. 12, p. 1–10, mar. 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.658679/full>>.

PÉRET, B.; SVISTOONOFF, S.; LAPLAZE, L. When Plants Socialize: Symbioses and Root Development. In: Root Development. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009. p. 209–238.

PRINOU, L.; HALKIA, L.; SKORDOULIS, C. The Inability of Primary School to Introduce Children to the Theory of Biological Evolution. Evolution: Education and Outreach, v. 4, p. 275–285, jun. 2011. Disponível em: <<https://evolution-outreach.biomedcentral.com/articles/10.1007/s12052-011-0323-8>>.

PROENÇA, C. E. B.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of eight sympatric Myrtaceae from Central Brazil. New Phytologist, v. 126, n. 2, p. 343–354, fev. 1994. Disponível em: <<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1994.tb03954.x>>.

RAMALHO, M. Foraging by Stingless Bees of the Genus, *Scaptotrigona* (Apidae, Meliponinae). Journal of Apicultural Research, v. 29, n. 2, p. 61–67, jan. 1990. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.1990.11101198>>.

REINALDO, T. A. S.; CALDEIRA, A. M. de A. O ensino de Ciências nos Anos Finais do Ensino Fundamental: uma análise curricular com enfoque nos conhecimentos químicos.

Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 14, n. 1, p. 1–24, jan. 2023. Disponível em: <<https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/3636>>.

RODRIGUES, S. S.; FIDALGO, A. O.; BARBEDO, C. J. Reproductive biology and production of seeds and seedlings of *Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg. Journal of Seed Science, v. 39, n. 3, p. 272–279, set. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372017000300272&lng=en&tlng=en>.

ROSA-FONTANA, A.; DORIGO, A. S.; GALASCHI-TEIXEIRA, J. S.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O. What is the most suitable native bee species from the Neotropical region to be proposed as model-organism for toxicity tests during the larval phase? Environmental Pollution, v. 265, p. 1–9, out. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114849>>.

RUTKOWSKI, D.; WESTON, M.; VANNETTE, R. L. Bees just wanna have fungi: a review of bee associations with nonpathogenic fungi. FEMS Microbiology Ecology, v. 99, n. 8, p. 1–16, jul. 2023. Disponível em: <<https://academic.oup.com/femsec/article/doi/10.1093/femsec/fiad077/7221646>>.

SALATINO, A.; BUCKERIDGE, M. “Mas de que te serve saber botânica?” Estudos Avançados, v. 30, n. 87, p. 177–196, ago. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000200177&lng=pt&tlng=pt>.

SANTOS, C. M. D.; KLASSA, B. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. Educação: Teoria e Prática, v. 22, n. 40, p. 62–81, 2012.

SANTOS, M. I.; JUNIOR, A. S. M. A Botânica no ensino médio: análise da percepção ambiental e cegueira botânica em alunos de uma escola pública da Amazônia paraense. Scientia Plena, v. 19, n. 3, p. 1–10, 15 abr. 2023. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/6803>>.

SÃO PAULO. Currículo em Ação: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 2023. Disponível em: <<https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/>>.

SCHMIDT, K.; ENGEL, P. Mechanisms underlying gut microbiota–host interactions in insects. *Journal of Experimental Biology*, v. 224, n. 2, p. 1–16, jan. 2021. Disponível em:

<<https://journals.biologists.com/jeb/article/224/2/jeb207696/237137/Mechanisms-underlying-gut-microbiota-host>>.

SCHÖNFELDER, M. L.; BOGNER, F. X. Individual perception of bees: Between perceived danger and willingness to protect. *PLOS ONE*, v. 12, n. 6, p. 1–16, jun. 2017. Disponível em:

<<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0180168>>.

SEBASTIANI, R. Possibilidade de abordagem do ensino de botânica na formação inicial docente. *In*: LOPES, N. C.; NETO, A. J. C. (org.) *Pronúncias na educação em ciências e matemática*. São Carlos: EdUFSCar, 2023. (Coleção Pronunciando o Mundo)

SEVERINO, A. J. *Metodologia do Trabalho Científico*. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2013. 348 p.

SHELDRAKE, M. *Wood Wide Webs*. *In*: SHELDRAKE, M. *Entangled Life*. Nova York: Random House, 2020.

SILVA, D. M.; ARAÚJO, F. O.; FERREIRA, R. G. Interdisciplinaridade: reflexões sobre práticas pedagógicas no Ensino Médio integrado. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*, v. 1, p. 1–20, 2020.

SILVA, L. E.; SANTOS, M. L. Tecendo Saberes na Meliponicultura. *Guaju*, v. 9, p. 1–16, set. 2023. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/guaju/article/view/90346>>.

SOUZA, H. R.; CORRÊA, A. M. S.; CRUZ-BARROS, M. A. V.; ALBUQUERQUE, P. M. C. Espectro polínico da própolis de *Scaptotrigona aff. postica* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) em Barra do Corda, MA, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 3, p. 307–316, set. 2015. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672015000300307&lng=pt&tlng=pt>.

STEFANINI, I. Yeast-insect associations: It takes guts. *Yeast*, v. 35, n. 4, p. 315–330, abr. 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/yea.3309>>.

SUSSI, J. S.; LOIOLA, P. de P.; NOCELLI, R. C. F. Frequent access to ecosystem services leads to increased understanding of pollination. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, v.

9, n. 1, p. 1–9, 2019. Disponível em:

<<http://www.revistacta.ufscar.br/index.php/revistacta/article/view/117>>.

TISDELL, C.; NANTHA, H. S. Comparison of funding and demand for the conservation of the charismatic koala with those for the critically endangered wombat *Lasiorhinus krefftii*. *Biodiversity and Conservation*, v. 16, n. 4, p. 1261–1281, abr. 2007. Disponível em:

<<http://link.springer.com/10.1007/s10531-006-6735-z>>.

URSI, S.; BARBOSA, P. P.; SANO, P. T.; BERCHEZ, F. A. D. S. Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. *Estudos Avançados*, v. 32, n. 94, p. 7–24, dez. 2018. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300007&lng=pt&tlng=pt>.

URSI, S.; SALATINO, A. É Tempo De Superar Termos Capacitistas No Ensino De Biologia: “Impercepção Botânica” Como Alternativa Para “Cegueira Botânica”. *Bol. Bot. Univ. São Paulo*, v. 39, n. 1, p. 1–4, 2022. Disponível em: <<http://doi.org/10.1080/>>.

VERÍSSIMO, D.; FRASER, I.; GROOMBRIDGE, J.; BRISTOL, R.; MACMILLAN, D. C. Birds as tourism flagship species: a case study of tropical islands. *Animal Conservation*, v. 12, n. 6, p. 549–558, dez. 2009. Disponível em:

<<https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-1795.2009.00282.x>>.

WANDERSEE, J. H.; SCHUSSLER, E. E. Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, v. 61, n. 2, p. 82–86, fev. 1999. Disponível em:

<<https://online.ucpress.edu/abt/article/61/2/82/15933/Preventing-Plant-Blindness>>.

ZERBO, A. C.; MORAES, R. L. M. S.; BROCHETTO-BRAGA, M. R. Protein requirements in larvae and adults of *Scaptotrigona postica* (Hymenoptera, Apidia, Meliponinae): midgut proteolytic activity and pollen digestion. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 129, n. 1, p. 139–147, mai. 2001. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1096495901003244>>.