



REPRESENTATIVIDADE DA MICOLOGIA NA FORMAÇÃO INICIAL EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: UMA ANÁLISE DOCUMENTAL DE EMENTAS E MATERIAIS DIDÁTICOS

Gabriel Prado Barcelos¹

<https://orcid.org/0009-0001-6595-1769>

Veridiana de Lara Weiser²

<https://orcid.org/0000-0003-1836-7540>

Matheus Ganiko-Dutra³

<https://orcid.org/0000-0002-8292-9109>

RESUMO:

Historicamente, a Micologia ou Biologia dos Fungos se construiu com base na Botânica e com forte influência de outras áreas, como a Microbiologia. Tal construção está refletida na estrutura de cursos de formação inicial em Ciências Biológicas. Nesta perspectiva, esta pesquisa buscou investigar a representatividade do conteúdo relacionado à Micologia no conhecimento biológico na formação inicial em Ciências Biológicas. Realizamos análise documental de ementas de disciplinas da área e de materiais utilizados como referências bibliográficas em universidades estaduais de São Paulo. Os resultados evidenciaram ausência de disciplinas específicas para os fungos, bem como, inespecificidade dos materiais indicados na bibliografia. Concluímos que, para superar essas lacunas, há a necessidade de incluir disciplinas específicas de Micologia em cursos de formação inicial e fomentar a integração de conhecimentos com disciplinas como Ecologia e Evolução. Ainda, faz-se necessário o estímulo à produção de materiais didáticos com enfoque nas especificidades do grupo dos fungos.

Palavras-chave:
Ensino de Biologia;
Fungos; Capacitação
Profissional.

REPRESENTIVIDAD DE LA MICOLOGÍA EN LA FORMACIÓN INICIAL EN CIENCIAS BIOLÓGICAS: ANÁLISIS DOCUMENTAL DE PROGRAMAS Y MATERIALES DIDÁCTICOS

RESUMEN:

Históricamente, la Micología se ha desarrollado a partir de la Botánica, con influencia de otras áreas como la Microbiología. Este marco histórico se refleja en la estructura de los cursos de pregrado en Ciencias Biológicas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo investigar la representatividad del contenido de Micología en los cursos de Ciencias Biológicas. Se realizó un análisis de los programas de los cursos y materiales bibliográficos utilizados en universidades estatales de São Paulo. Los resultados revelaron la falta de cursos específicos sobre hongos, así como la naturaleza genérica de los materiales de referencia. Se concluyó que, para abordar estas deficiencias, es esencial introducir cursos dedicados de Micología en los programas de pregrado y promover la integración de conocimientos con disciplinas como Ecología y Evolución. Además, es necesario fomentar la producción de materiales didácticos centrados en las especificidades del grupo fúngico.

Palabras-clave:
Enseñanza de
Biología; Hongos;
Formación
profesional.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas, Florianópolis, SC, Brasil.

² Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências (FC), Bauru, SP, Brasil.

³ Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Centro de Ciências Humanas e da Educação (CCHE), Cornélio Procopio, PR, Brasil.

REPRESENTATIVENESS OF MYCOLOGY IN INITIAL TRAINING IN BIOLOGICAL SCIENCES: A DOCUMENTARY ANALYSIS OF SYLLABI AND TEACHING MATERIALS

ABSTRACT:

Historically, Mycology or Fungal Biology has been developed based on Botany, with significant influence from other fields such as Microbiology. This historical framework is reflected in the structure of undergraduate courses in Biological Sciences. In this context, this study aimed to investigate the representativeness of Mycology content within biological knowledge in the undergraduate courses of Biological Sciences. We conducted a document analysis of disciplines syllabi and bibliographic materials used in state universities in São Paulo. The results revealed a lack of specific disciplines on fungi, as well as the generic nature of the recommended reference materials. We concluded that to address these gaps, it is essential to introduce dedicated Mycology courses in undergraduate programs and promote the integration of knowledge with disciplines like Ecology and Evolution. Additionally, there is a need to encourage the production of teaching materials focused on the specificities of the fungal group.

Key words:
Biological Education;
Fungi; Professional
Training.

INTRODUÇÃO

Os fungos são organismos abundantemente presentes ao redor do planeta, com ampla distribuição geográfica e ecológica (Alexopoulos et al., 1996). Além disso, a fisiologia dos fungos é essencial para a sobrevivência da vida como conhecemos. Eles estão envolvidos na fermentação de alimentos; na culinária; e nos princípios ativos de diversos medicamentos (Alexopoulos et al., 1996). Ainda, estão presentes em numerosos processos ecológicos e evolutivos do planeta Terra: a decomposição da matéria orgânica e a associação mutualística com as plantas por meio das micorrizas são fundamentais para a manutenção de toda a vida terrestre (Schünemann et al., 2021). Nesse sentido, é importante conhecer os fungos para elaborar medidas de conservação ambiental e garantir a sobrevivência dos organismos, bem como de suas interações (Schünemann et al., 2021).

Estima-se que existam cerca de 2,5 milhões de espécies de fungos no planeta, mas, desse total, cerca de 150 mil foram devidamente identificados e catalogados, o que indica uma disparidade entre o conhecido pela humanidade e a biodiversidade dos fungos que se estima existir (Niskanen et al., 2023). Apesar da elevada riqueza, os estudos dedicados a esse grupo são extremamente reduzidos se comparados aos estudos concentrados nos animais e plantas.

A baixa representatividade da área da Micologia (ciência que estuda os fungos) no ensino e na pesquisa está fortemente relacionada com a negligência histórica enfrentada no desenvolvimento e estabelecimento dessa ciência como uma área do conhecimento independente (Estrela et al., 2023; Persijn, 2017). Por muito tempo, os fungos foram caracterizados como vegetais, em virtude de seu hábito de vida sésil (Whittaker, 1959, 1969). No entanto, após um acúmulo de evidências e novas abordagens para a taxonomia do grupo, foram elaboradas propostas de incluir os fungos em um reino taxonômico próprio.

Muitos termos utilizados na descrição dos fungos como “corpos de frutificação” e “basidiocarpo” fundamentam sua etimologia na Botânica, o que dificulta ainda mais a separação conceitual entre os dois grupos (Kirk et al., 2008). Por conseguinte, uma das propostas que destaca a independência dos fungos e contribui para o seu reconhecimento em trabalhos de conservação é a adoção do termo “Funga”, que descreve todos os fungos presentes em determinado ambiente, semelhantemente aos termos Flora, para as plantas, e Fauna, para os animais (Kuhar et al., 2018).

No que diz respeito à sistematização do conhecimento científico da Micologia na formação profissional, é comum que o conteúdo de fungos esteja organizado nos currículos de ensino superior em Ciências Biológicas de maneira a dividir espaço com outros grupos da diversidade biológica (Persijn, 2017), em muitos casos, em

disciplinas de Microbiologia, por exemplo. A ausência de uma disciplina específica, bem como de professores especialistas em Micologia pode ser um impeditivo para o aprofundamento dessa temática nos cursos de formação inicial.

Nesse contexto, é possível observar que a sistematização do conhecimento micológico ainda está impregnada da influência de outras áreas do conhecimento, como, por exemplo, a Botânica e a Microbiologia. Ademais, compreender as lacunas materiais e epistemológicas no estudo da Micologia durante a formação inicial em Ciências Biológicas é essencial para estabelecer propostas didáticas, curriculares e de conservação ambiental. Nessa perspectiva, essa pesquisa teve como objetivo geral investigar a representatividade do conteúdo relacionado à Micologia no conhecimento biológico na formação inicial em Ciências Biológicas. Para cumprir com este objetivo, apresentam-se os seguintes objetivos específicos: (I) catalogar as referências bibliográficas de disciplinas de Micologia das universidades estaduais de São Paulo dos cursos de Ciências Biológicas; e (II) analisar os conteúdos de Micologia nesses materiais no que diz respeito à linguagem, à organização dos capítulos e principais tópicos, às figuras e à representação da diversidade do grupo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para fundamentar a compreensão da organização do ensino do conteúdo de Micologia no Ensino Superior, organizamos esta seção em quatro eixos principais. Primeiramente, apresentamos a Didática como uma área que organiza as relações entre os conteúdos científicos, os professores e os alunos. Posteriormente, descrevemos a Transposição Didática, processo responsável pela didatização dos conhecimentos científicos em saberes ensinados. Em seguida, abordamos os preceitos que estruturaram a Micologia como uma disciplina científica. Finalmente, contextualizamos de que forma esse conteúdo está presente em materiais didáticos e em disciplinas relacionadas à formação inicial em Ciências Biológicas.

A Didática das Ciências Naturais, em especial da Biologia, se consolidou como uma área de pesquisa recente no escopo dos estudos acerca da educação e suas práticas de ensino. A Didática como uma área do conhecimento, para autores como Caldeira e Bastos (2009), Chevallard (1998), Gatti (2017) e Libâneo (2010, 2013) tem como objeto de investigação a importante relação entre a atuação em sala de aula, os conhecimentos científicos específicos de determinada área e os conhecimentos pedagógicos, a ser mediada pelo professor. Chevallard (1998) denomina essa articulação como Sistema Didático (Figura 1).

Figura 1. Representação do Sistema Didático de Chevallard.



Fonte: Adaptado de Chevallard (1998).

Sob essa óptica, a Didática estabelece-se como uma área do conhecimento que apresenta uma relação articuladora complexa no Ensino de Ciências Naturais. Essa complexidade pode ser identificada pela desafiadora tarefa de relacionar os conhecimentos pedagógicos e conhecimentos científicos de determinada área.

No caso da disciplina de Micologia na formação profissional, por exemplo, há uma grande dificuldade em articular os eixos do Sistema Didático por diversos fatores: o estabelecimento tardio dessa ciência, o baixo

número de professores especialistas em fungos, poucas disciplinas que contemplam esse grupo na formação inicial de biólogos e rápidas e constantes modificações no conhecimento científico acerca do grupo dos fungos (Estrela et al., 2023; Persijn, 2017). Sendo assim, o estudo dos fungos se torna sub-representado na formação inicial em Ciências Biológicas.

Ademais, os processos de ensino e aprendizagem são mediados pela linguagem, tanto em sua forma escrita em materiais didáticos quanto de maneira oral em sala de aula. Assim, os fenômenos biológicos são representados em palavras. No caso de fenômenos que ocorrem no tempo evolutivo e em nível molecular, que exigem elevado grau de abstração, o papel da linguagem mediado por palavras é fundamental, tendo em vista a dificuldade em acessá-los de forma direta.

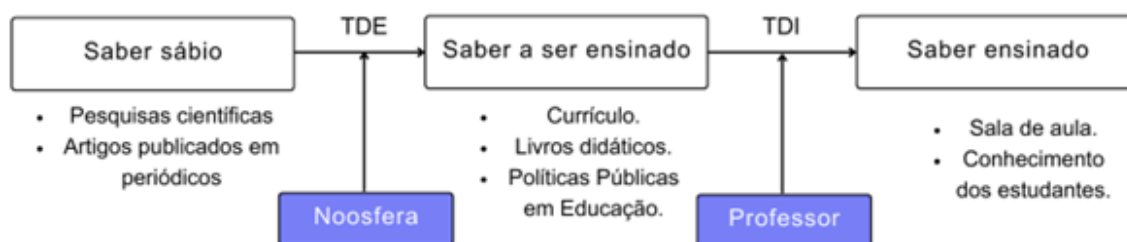
Por outro lado, a linguagem mediada por palavras apresenta como limitação a possibilidade de incorrer em distorções conceituais (Ceschim et al., 2020). Os autores estabeleceram critérios para qualificar as distorções conceituais no Ensino de Biologia (Ceschim et al., 2020). Os critérios foram agrupados em três categorias: (1) relação pensamento-linguagem, (2) natureza do pensamento humano e (3) aplicação do conhecimento biológico. Para atingir os objetivos deste trabalho, destacam-se as figuras de linguagem e a polissemia que podem gerar ou reforçar distorções conceituais, portanto, a categoria 1. Além da polissemia, as figuras de linguagem indicadas por Ceschim et al. (2020) com potencial de gerar ou reforçar distorções conceituais são: metáfora, metonímia, antítese e personificação. As distorções conceituais podem estar presentes em uma série de recursos didáticos. A seguir, destacamos os Livros Didáticos como um importante recurso que decorre de um processo de Transposição Didática e que pode apresentar distorções conceituais.

Diversos recursos didáticos são utilizados na mediação dos processos de ensino e aprendizagem ao longo da formação básica e superior: os Materiais Didáticos (MD). De acordo com Bandeira (2009, p. 14), “o material didático pode ser definido amplamente como produtos pedagógicos utilizados na educação e, especificamente, como o material instrucional que se elabora com finalidade didática”. Alguns exemplos são: Livros Didáticos (LD), guias ilustrativos, jogos e manuais de laboratórios (Bandeira, 2009; Krasilchik, 2019).

Um dos principais materiais didáticos utilizados ao longo de toda a formação discente é o livro didático. O papel desse recurso é de grande importância visto que ele é o responsável pela mediação da comunicação escrita entre o conteúdo científico, os alunos e os professores (Krasilchik, 2019). Os livros didáticos em muitos cursos de formação, e até mesmo na educação básica, se configuram como um dos definidores do conteúdo programático a ser trabalhado em determinada disciplina (Krasilchik, 2019). Os conteúdos organizados e já selecionados (visto que já sofreram a Transposição Didática Externa) facilitam a elaboração de sequências didáticas, por exemplo.

Tendo em vista que o conhecimento científico é produzido em um contexto de investigação, para que ele possa ser ensinado em sala de aula, é preciso que já esteja transformado e adequado para essa finalidade. Durante a transposição didática, ocorrem modificações no conhecimento científico (o saber sábio) (Figura 2). Inicialmente ocorre a Transposição Didática Externa (TDE) que adapta o conhecimento científico em “saber a ser ensinado”, esse último encontrado em apostilas e livros didáticos, por exemplo. O grupo de responsáveis pela TDE são denominados, em conjunto, como “Noosfera”, dimensão intelectual que pode ser representada por pesquisadores de determinada área, autores de livro didático, pessoas envolvidas na elaboração de políticas públicas, professores e editoras de livros didáticos, por exemplo. A Noosfera seleciona os conteúdos a serem trabalhados e de que forma devem ser apresentados (Chevallard, 1998; Senna et al., 2020). Nessa etapa da TD, ocorrem a descontextualização e a despersonificação do conhecimento científico, ou seja, o conhecimento é deslocado do contexto e dos objetivos que o embasaram e os responsáveis pelo trabalho comumente não são apresentados (Chevallard, 1998; Senna et al., 2020).

Figura 2. Diagrama representativo da Transposição Didática (TD). TDE = Transposição didática externa. TDI = transposição didática interna.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Chevallard (1998).

O saber a ser ensinado é aquele trabalhado em sala de aula pelo professor, sendo, portanto, o que sofre a Transposição Didática Interna (TDI). O professor é responsável por selecionar o que será ensinado, desta forma, elaborando quais objetivos de aprendizagem os alunos devem atingir (Senna et al., 2020). A TDI modifica o saber a ser ensinado em saber ensinado, sendo este último aquele presente na subjetividade dos alunos após o aprendizado (Ceschim et al., 2020; Senna et al., 2020).

Contudo, é importante destacar que o LD não deve ser entendido como o único recurso disponível nos processos de ensino e aprendizagem e que ele apresenta limitações. Uma das principais limitações do LD, principalmente no que concerne os cursos de ensino superior, é o que denominamos como Demora no Processo de Transposição Didática (DTD) (Carvalho, 2009).

Conforme destacado, a Transposição Didática apresenta etapas distintas praticadas por agentes diversos. A Demora na Transposição Didática (DTD) implica em alguns problemas que podem retardar este processo (Carvalho, 2009). O tempo entre a produção de determinado saber científico e a sua chegada aos materiais didáticos é dependente de escolhas axiológicas da Noosfera (Krasilchik, 2019). Em casos em que a DTD é um fator determinante, o saber a ser ensinado pode se tornar obsoleto.

Considerando que o conhecimento científico é o ponto de partida para a transposição didática, a seguir, exploramos a construção da Micologia como disciplina científica para fundamentar a compreensão de seus aspectos no ensino.

As Ciências representam um campo do conhecimento humano que é estabelecido como uma tecnologia ou um sistema intelectual (Fourez, 1995). Uma Ciência apresenta duas dimensões: a primeira delas é a dimensão material, que corresponde ao meio físico que dá suporte ao desenvolvimento desse conhecimento, como por exemplo: bibliotecas que abriguem livros sobre determinado assunto, laboratórios que efetuem pesquisas acerca do objeto de estudo e revistas científicas (Fourez, 1995, pp. 94-95). A segunda, a dimensão intelectual, se refere ao estabelecimento dessa Ciência como uma disciplina científica independente de outras (Fourez, 1995, p. 105).

As disciplinas científicas são determinadas com base em organizações mentais que são elaboradas em matrizes disciplinares. Estas matrizes (ou paradigmas), por sua vez, são utilizadas para classificar o mundo e encontrar formas de abordá-lo com representações (Fourez, 1995). Sendo assim, as disciplinas são fundadas em torno de um objeto de pesquisa que apresenta características próprias e distintas de outros objetos de disciplinas diferentes (Fourez, 1995).

A partir de perguntas de pesquisa e formação de paradigmas, a Micologia se estabeleceu como a área que tem como objeto de estudo o Reino Fungi. Contudo, de maneira institucional, a Micologia ainda está organizada com base na Botânica e Microbiologia: em institutos de pesquisa, em departamentos de ensino nas universidades, em disciplinas científicas, nos currículos e até mesmo na linguagem científica utilizada para se referir ao grupo. Um exemplo marcante dessa organização se refere à nomenclatura dos nomes científicos que

é regulado pelo Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Plantas e Fungos. Até o ano de 2011, esse Código era denominado apenas como Código Internacional de Nomenclatura para Plantas. Mesmo já incluindo os fungos, eles só obtiveram reconhecimento no título do Código Internacional de Nomenclatura no século XXI (Kuhar et al., 2018; Turland et al., 2018).

Conforme descrito anteriormente, existem grandes dificuldades no estabelecimento da Micologia como uma ciência autônoma e em sua representatividade nos cursos de formação inicial em Ciências Biológicas. Um trabalho realizado por Persijn (2017), no estado de Goiás, evidenciou que, de um total de 32 cursos analisados em 22 Instituições de Ensino Superior com cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, apenas três possuíam disciplinas específicas dedicadas ao estudo dos fungos. A maior parte dos professores entrevistados na pesquisa eram de áreas de especialização distintas da Micologia e o conteúdo sobre fungos era abordado em disciplinas generalistas como Microbiologia e Botânica (Persijn, 2017).

Estrela et al. (2023) investigaram a percepção dos estudantes em formação nos cursos de Ciências Biológicas em universidades estaduais de São Paulo acerca da atuação na área de Micologia. Embora a maior parte dos alunos que participaram da pesquisa perceba a Micologia como uma área de atuação possível para o Biólogo, apenas 12% deles se sentem preparados para atuar na área após a formação inicial. Além disso, a legislação do Conselho Federal de Biologia (CFBIO) se mostra inespecífica com relação ao trabalho com fungos, enfocando o grupo somente em seu caráter ambiental de cultivo, manejo e comercialização (Estrela et al., 2023).

Implicações dessas problemáticas podem ser refletidas em um baixo número de especialistas na área e um reforço à negligência histórica enfrentada pelo grupo (Grube et al., 2017). Esse desconhecimento, decorrente do baixo número de especialistas capazes de identificar e descrever as espécies de fungos nos mais diversos ecossistemas, pode decorrer em extinção de espécies antes mesmo de suas descrições e na falta de medidas para a conservação ambiental do grupo (Grube et al., 2017).

Ademais, o elevado número de espécies de fungos que não produz estruturas reprodutivas visíveis também demonstra uma grande preocupação para a preservação dos ecossistemas e que, muitas vezes, sequer são consideradas (Grube et al., 2017).

METODOLOGIA

O caráter da pesquisa é qualitativo e se caracteriza pela compreensão e interpretação dos dados coletados, de natureza descritiva, se preocupa com a compreensão de significados em profundidade sobre um determinado fenômeno, sem o objetivo de produzir generalizações (Patton, 2014). Dentre as abordagens possíveis de pesquisa qualitativa, nessa investigação foram usadas as análises documental e de conteúdo.

Foram analisados materiais bibliográficos de disciplinas de Micologia e outras que abordam o grupo dos fungos em conjunto com demais organismos, por exemplo disciplinas de Microbiologia, das universidades estaduais do estado de São Paulo dos cursos de Ciências Biológicas. Neste sentido, esta etapa da pesquisa consiste em uma análise documental das ementas e materiais didáticos (Flick, 2009; Patton, 2014).

Primeiro, foi realizada uma busca por ementas de disciplinas de Micologia e outras relacionadas dos cursos de Ciências Biológicas de universidades estaduais do estado de São Paulo. Nesse momento, foi analisado se o curso apresenta ou não uma disciplina específica para esse grupo e produziu-se uma lista com os materiais didáticos utilizados para o ensino dos conteúdos de Micologia. Nesse processo, tornou-se necessária a elaboração de critérios de seleção para inclusão e exclusão de disciplinas e materiais didáticos que foram analisados neste trabalho.

Foram elaborados três critérios de inclusão para as disciplinas analisadas, sendo eles: (I) As disciplinas analisadas deveriam pertencer à grade curricular obrigatória dos cursos de Ciências Biológicas das universidades estaduais de São Paulo; (II) As disciplinas deveriam conter em seus títulos pelo menos alguma das seguintes palavras-chave – fungos, microbiologia, botânica, diversidade, sistemática, fermentação e/ou

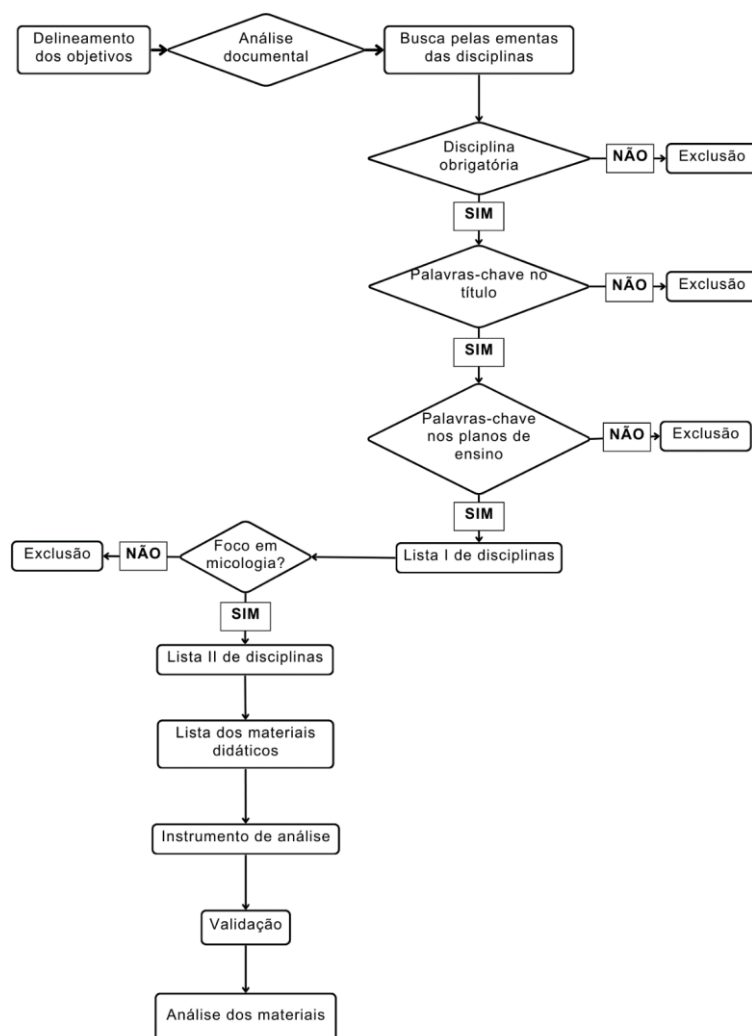
micologia; (III) Nos planos de ensino das disciplinas que atenderam aos dois primeiros critérios foi realizada uma busca das seguintes palavras-chave – fungos, micologia, *fungi* e/ou *mycology*.

Após essa etapa da pesquisa tornou-se necessária a elaboração de critérios de exclusão para delimitar de maneira mais específica quais disciplinas tratavam a Micologia como um de seus enfoques. Dessa forma, foram elaborados dois critérios de exclusão das disciplinas incluídas na pesquisa, sendo eles: (I) Foram excluídas disciplinas que apresentassem alguma ênfase distinta da Micologia (por exemplo, Microbiologia Ambiental); (II) Foram excluídas disciplinas que não contemplam o estudo da Micologia como um dos focos principais do programa (por exemplo, Sistemática Biológica e Diversidade da Vida). Nessas disciplinas o foco das ementas (i) não está concentrado em aspectos da Biologia dos Fungos e (ii) aborda aspectos aplicados da Micologia. Embora os fungos estejam presentes enquanto grupos da diversidade, eles não representam parte central no desenvolvimento dessas disciplinas. No caso de Microbiologia Ambiental, por exemplo, a ênfase se desvia da Micologia ao citar genericamente reações como biodegradação, biorremediação e formação do solo. Nesse sentido, destacamos que o objetivo da pesquisa se concentra em disciplinas que abordem a Micologia Geral ao invés de aplicações. Disciplinas como Microbiologia Industrial que apresentam aspectos fisiológicos dos fungos aplicados às atividades industriais também foram excluídas. No caso das disciplinas de Sistemática Biológica e Diversidade da Vida a justificativa da exclusão se concentra no fato de os reinos da diversidade serem apenas citados, sem o aprofundamento acerca de nenhum deles.

Em seguida, foi realizada uma busca pelos livros didáticos utilizados como referências bibliográficas nas disciplinas selecionadas na etapa anterior. Os materiais didáticos foram catalogados em uma lista para posterior análise. Com base na lista total de referências bibliográficas utilizadas nas disciplinas que atenderam aos critérios estabelecidos na etapa anterior da pesquisa, foram elaborados critérios de seleção para a análise de materiais didáticos. Os critérios de inclusão foram: (I) o material pertence às disciplinas obrigatórias dos cursos de Ciências Biológicas das universidades estaduais paulistas; (II) trata-se de um livro didático; (III) o livro pertence à bibliografia obrigatória da disciplina; (IV) o livro selecionado está disponível nas plataformas virtuais Minha Biblioteca, Biblioteca Virtual ou ainda de forma presencial na biblioteca do Câmpus de Bauru da Unesp ou de outros *campi*. As edições dos livros selecionadas para a análise foram as mais recentes e atualizadas disponíveis. Em caso de repetição de um livro nas referências bibliográficas apenas a edição mais recente disponível foi analisada. Foram excluídos livros que não contemplassem o conteúdo de Micologia, como por exemplo livros de Zoologia e Ficologia. O critério de exclusão utilizado para esses livros decorreu do fato de não apresentarem capítulos sobre Fungos, como no livro de Franceschini et al. (2018) que trata exclusivamente sobre algas e de Brusca et al. (2018), um livro de Zoologia que aborda grupos animais e de protozoários. Esses livros estavam presentes na lista inicial uma vez que são encontrados como referências de disciplinas generalistas como Protistas e Fungos. Apenas um capítulo de cada material didático foi analisado, sendo que os capítulos escolhidos para a análise foram aqueles que introduzem o grupo de fungos ou abordam a sistemática desse grupo.

Foi elaborado um instrumento de análise de acordo com a natureza dos conceitos apresentados. As categorias desse instrumento de análise são mistas, sendo que algumas categorias foram construídas *a priori* e outras foram construídas *a posteriori*, com base nos resultados encontrados durante o processo de validação do instrumento de análise (Patton, 2014). O percurso metodológico está simplificado no fluxograma a seguir (Figura 3).

Figura 3. Fluxograma do percurso metodológico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram elaboradas quatro categorias *a priori*: (I) especificidade do material em relação ao grupo dos fungos, (II) organização e linguagem, (III) figuras e (IV) sistemática. Essas categorias de análise foram estabelecidas a partir dos objetivos da pesquisa e dos referenciais teóricos. As categorias (I) e (IV) dizem respeito à natureza dos conceitos da Micologia e sua construção histórica, conforme discutido na seção de referencial teórico. Para a devida compreensão da Biologia dos Fungos, é preciso reconhecê-los como um grupo independente na taxonomia, bem como as classificações mais recentes do grupo, por isso a inclusão dessas categorias de análise. As categorias (II) e (III) se sustentam a partir da relação pensamento-linguagem e a possibilidade de incorrer em distorções conceituais (Ceschim; Ganiko-Dutra; Caldeira, 2020). Assim, propusemos a investigação desses aspectos que podem influenciar a aprendizagem de forma positiva ou negativa, a depender da forma como foram elaborados nos materiais didáticos.

A análise de conteúdo seguiu os critérios estabelecidos por Patton (2014). Elaborou-se um quadro dividido em cinco colunas: (1) índice dos livros analisados enumerados com o código L; (2) especificidade dos livros; (3) análise da linguagem empregada nos livros; (4) análise das figuras empregadas nos livros e (4) classificação taxonômica utilizada para dividir o reino Fungi; essa categoria foi denominada Sistemática.

A partir dos resultados obtidos com o instrumento de análise dos livros didáticos buscaram-se padrões e temas em cada uma das categorias de análise, posteriormente foram atribuídos códigos aos padrões

encontrados (Patton, 2014). Para a categoria de especificidade os livros foram categorizados em três grupos: tipo de livro (códigos possíveis – Bot = livro de Botânica; Mb = livro de Microbiologia; S = livro de Sistemática; M = livro de Micologia e Bg = livro de Biologia Geral); presença ou ausência de um capítulo exclusivo destinado aos fungos (códigos possíveis – CEx = apresenta capítulo exclusivo; NCEx = não apresenta capítulo exclusivo); presença ou ausência de ênfase na abordagem do grupo dos fungos, como capítulos destinados a doenças causadas pelos fungos, por exemplo (códigos possíveis - Enf = apresenta ênfase e SEnf = sem ênfase); e presença de exemplos diversos e explicados (Ed = exemplos diversos e explicados; Ec = exemplos citados). Os códigos são excludentes, logo ao identificar que um livro é categorizado com um código (“Mb”, por exemplo) ele não pode estar incluído em outro código relacionado ao tipo de livro (“M”, por exemplo). A categoria de linguagem analisou: terminologia (código – Tbot = Terminologia baseada na Botânica); adequação da linguagem reconhecendo a autonomia do Reino Fungi (códigos possíveis – La = linguagem adequada e Li = linguagem inadequada); Presença ou ausência de distorções conceituais e seus tipos (NDc = Não apresenta distorção conceitual; Dc = apresenta distorção conceitual) os livros que foram classificados com o código Dc apresentam subcategorias relacionadas aos tipos possíveis de distorções conceituais encontradas. Nesse caso pode haver sobreposição de códigos (Dcp = distorção conceitual do tipo personificação; Dcma = distorção conceitual do tipo metáfora; Dca = distorção conceitual do tipo antítese; Dcmo = distorção conceitual do tipo metonímia).

Para a categoria de figuras, a análise se concentrou na presença de imagens reais e coloração. Nesse sentido, apresentamos os códigos com relação ao tipo de imagem (códigos possíveis – IR = imagens reais; R = representações), sendo consideradas representações: ilustrações, esquemas, desenhos, entre outros. Houve análise quanto à coloração (códigos possíveis – PB = figuras em preto e branco; CR = cores reais; CFi = cores fantasia indicadas e CFn = Cores fantasia não indicadas). Na categoria de sistemática os livros foram classificados em relação à: convergência com propostas taxonômicas recentes (Ns = Não segue as propostas taxonômicas consideradas como as que se aproximam de um consenso (cf. Spatafora et al., 2017); If = indica a fonte utilizada como referência para classificar o grupo e NIf = não indica a fonte utilizada como referência para classificar o grupo).

O instrumento de análise foi validado a partir de uma análise piloto de sua efetividade. A validação foi realizada por duas pessoas: uma licenciada formada em Ciências Biológicas e uma licencianda que também desempenha pesquisa na área de Micologia. Cada uma das avaliadoras recebeu a versão original do instrumento de análise e o título de um livro que pudesse ser acessado pela plataforma Minha Biblioteca. Não houve comunicação entre as avaliadoras durante o processo de validação e cada uma analisou um material didático distinto.

Após a validação pelas avaliadoras, o instrumento foi aprimorado. A categoria de figuras foi a que sofreu maiores modificações, a questão “As descrições das figuras são adequadas?” foi substituída por três novas questões de análise: “As figuras indicam o tipo de imagem? (fotografia, micrografia, diagrama, etc.).”, “As figuras fornecem breves descrições, não muito longas?” e “As fontes das imagens são indicadas?”. De forma a possibilitar a categorização das figuras no quadro categorial, elas foram analisadas com base em duas categorias: (1) as figuras são fotografias/micrografias (imagens reais) ou representações (ilustrações/diagramas/fluxogramas)?; (2) As figuras são apresentadas em preto e branco? Figuras coloridas apresentam cores reais? Em caso de utilização de cores fantasia, elas são indicadas?. A versão original do instrumento de análise, as validações das avaliadoras e a versão final do instrumento de análise podem ser acessados na disponibilização dos dados da pesquisa no *dataverse* da revista. Além desses dados, também apresentamos informações sobre as disponibilizações das ementas no *dataverse*.

RESULTADOS

Com base nos critérios estabelecidos para a seleção de disciplinas das universidades estaduais de São Paulo elaborou-se uma lista com o número total de disciplinas. Foram analisados 24 cursos de Ciências Biológicas nas três universidades estaduais de São Paulo: dois cursos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), nove cursos da Universidade de São Paulo (USP) e 13 cursos da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp). O número de disciplinas (*n*) que tratavam de Micologia foi de 24.

Após os critérios de exclusão, obteve-se um número de 17 disciplinas. Houve um predomínio de disciplinas da área de Microbiologia no estudo dos fungos. Das disciplinas da lista final, 13 do total de 17 eram de Microbiologia. As quatro disciplinas restantes eram denominadas “Protistas e Fungos”: disciplinas de diversidade que apresentam os Fungos em conjunto com o grupo dos Protistas. As disciplinas podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1. Disciplinas que contemplam o estudo dos fungos nas universidades estaduais de São Paulo após aplicar os critérios de exclusão.

Índice	Título da disciplina	Universidade	Câmpus
D01	Microbiologia I	Unicamp	Campinas
D02	Microbiologia Básica	USP	São Paulo
D03	Microbiologia Geral	USP	Piracicaba
D04	Microbiologia	USP	Ribeirão Preto
D05	Microbiologia Básica	Unesp	Assis
D06	Protistas e Fungos	Unesp	Assis
D07	Protistas e Fungos	Unesp	Bauru
D08	Microbiologia Básica	Unesp	Bauru
D09	Microbiologia Básica	Unesp	Botucatu
D10	Microbiologia Básica	Unesp	Ilha Solteira
D11	Protistas e Fungos	Unesp	Ilha Solteira
D12	Microbiologia	Unesp	Jaboticabal
D13	Microbiologia	Unesp	Rio Claro
D14	Microbiologia Básica	Unesp	São José do Rio Preto
D15	Protistas e Fungos	Unesp	São José do Rio Preto
D16	Microbiologia	Unesp	São Vicente
D17	Microbiologia Básica	Unesp	São Vicente

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Nenhuma das universidades analisadas apresentou uma disciplina obrigatória que trate de maneira exclusiva o reino Fungi com base nos critérios empregados. Em relação ao número de disciplinas, após aplicar os critérios de inclusão e exclusão, permaneceu na amostra uma única disciplina obrigatória que contempla os fungos na Unicamp, uma em cada *campi* da USP e nos *campi* da Unesp apenas Botucatu, Jaboticabal e Rio Claro contaram com uma única disciplina, as demais apresentaram duas disciplinas.

O número de uma ou duas disciplinas por curso com temáticas relacionadas à Micologia ainda é baixo, quando comparados com outras áreas da diversidade biológica.

As bibliografias das disciplinas apresentaram em conjunto 56 referências bibliográficas: dois artigos científicos e 54 livros didáticos. Ambos os artigos científicos eram de taxonomia geral dos eucariotos. Dos livros, 21 eram de Microbiologia, 11 de Micologia, 11 de aplicações industriais, cinco de Botânica e/ou Ficologia, três de Zoologia, dois de sistemática e um de Biologia Geral. As referências bibliográficas foram publicadas no intervalo de 1972 a 2022. A lista de materiais didáticos analisados pode ser observada no Quadro 2.

Quadro 2. Lista de materiais didáticos analisados.

Índice	Livro
L01	Alexopoulos, C. J., Mims, C. W. & Blackwell, M. (1996). <i>Introductory mycology</i> (4th ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
L02	Black J. G. & Black, L. J. (2021). <i>Microbiologia: Fundamentos e perspectivas</i> (10a ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
L03	Bononi, V. L. R. (Org.). (1998). <i>Zigomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos: noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas</i> . São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente.
L04	Carlile, M. J., Watkinson, S. C. & Gooday, G. W. (2001). <i>The fungi</i> (2nd ed.) San Diego: Academic Press.
L05	Esposito, E. & Azevedo, J. L. (2010). <i>Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia</i> (2a ed.). Caxias do Sul: Educ.
L06	Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H. & Stahl, D. A. (2016). <i>Microbiologia de Brock</i> . Porto Alegre: Artmed, 2016.
L07	Margulis, L. & Schwartz, K. V. (2012). <i>Cinco reinos: um guia ilustrado dos filós da vida na Terra</i> . (3a ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
L08	Moore-Landecker, E. (1996). <i>Fundamentals of the fungi</i> . (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
L09	Oliveira, E. C. (2003). <i>Introdução à Biologia Vegetal</i> . (2a. ed.). São Paulo: EDUSP.
L10	Pelczar, J. R., Michael, J., Chan, E. C. S. & Krieg, N. R. (1996). <i>Microbiologia: conceitos e aplicações</i> . (2a ed., Vol. 1). São Paulo: Makron Books.
L11	Putzke, J. & Putzke, M. T. L. (1998). <i>Os reinos dos fungos</i> . (Vol. 1.). Santa Cruz do Sul: Edunisc.
L12	Raven, P. F., Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2014). <i>Biologia vegetal</i> . (8a ed.) Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
L13	Smith, G. M. (1979). <i>Botânica criptogâmica: Algas e fungos</i> . (3a ed., Vol. 1). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
L14	Tortora, G. J., Funke, B. R. & Case, C. L. (2017). <i>Microbiologia</i> . (12a ed.). Porto Alegre: Artmed.
L15	Trabulsi, L. R. & Alerthum, F. (2008). <i>Microbiologia</i> . (5a ed.). São Paulo: Atheneu.
L16	Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. & Orr, R. B. (2022). <i>Biologia de Campbell</i> . (12a ed.). Porto Alegre: Artmed.
L17	Vermelho, A. B., Pereira, A. F., Coelho, R. R. R. & Souto-Pradrón, T. (2019). <i>Práticas de Microbiologia</i> . (2a ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
L18	Xavier-Filho, L., Legaz, M. E., Vicente-Córdoba, C. & Pereira, E. C. (2006). <i>Biologia de líquens</i> . Rio de Janeiro: Âmbito Cultural.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Do total de Livros Didáticos utilizados como referências nas disciplinas selecionadas 18 deles atenderam aos critérios de seleção e inclusão de análise. Com relação aos materiais didáticos, dos 18 livros, sete deles eram específicos de Micologia, seis de Microbiologia, três de Botânica, um de Biologia Geral e um de Sistemática.

Quanto à especificidade dos materiais didáticos analisados, observou-se que a maior parte deles apresentou um capítulo dedicado aos fungos ou era exclusivo em Micologia. Cinco dos livros não apresentaram capítulos exclusivos para o reino Fungi, sendo eles de Microbiologia. De forma geral, os livros de Micologia apresentaram ênfases diversas ao longo dos capítulos como, por exemplo, o L03 que aborda em profundidade aspectos da sistemática de fungos embora de forma desatualizada em virtude do ano de produção e publicação desse material (Bononi, 1998).

Todos os materiais didáticos analisados apresentaram termos e afixos com etimologia Botânica. Os termos mais recorrentes foram: rizoides, corpos de frutificação, radicais seguidos do sufixo -carpo (ascocarpo e basidiocarpo, por exemplo), o termo vegetativo(a), talo, radicais seguidos do sufixo -fito (saprófitos, por

exemplo). A etimologia dos termos apresentados foi conferida utilizando o *Dictionary of Fungi* de Kirk et al. (2008). Além desses termos a análise evidenciou a denominação de fungos “perfeitos”, “imperfeitos” e “superiores” ou “inferiores”, que corresponde a uma visão evolutiva equivocada que compreende grupos mais derivados como mais evoluídos.

Os livros L09, L10, L13, L14, L16, L17, e L18 apresentam algum tipo de Distorção Conceitual. Os trechos apresentados a seguir demonstram quais são as distorções conceituais e suas implicações didáticas. No livro L09 o trecho “[...], os fungos que se liquenizam modificam seus talos de forma a aprisionar e cultivar algas que lhes propiciarão alimento. Devido a isto o talo dos líquens se parece com plantas e não com fungos” (Oliveira, 2003, p. 247) indica personificação e metáfora (Ceschim et al., 2020) ao citar a modificação realizada nos talos líquênicos e o “aprisionamento das algas”.

O livro L10 apresenta metáfora e metonímia nos seguintes trechos “Com grande ampliação os bolores parecem uma floresta diminuta com muitas regiões” (Pelczar et al., 1996, p. 124). A metáfora que associa os bolores a florestas pode reforçar a ideia de que fungos são vegetais. Há ainda em L13 a inserção dos fungos dentro do Reino Plantae (Smith, 1979).

Outros exemplos de personificação estão presentes em diversos trechos do L16 como “Assim como os fungos mutualistas, os fungos parasitos absorvem nutrientes de células de hospedeiros vivos, mas não proporcionam benefícios em troca” (Urry et al., 2022, p. 669). Há também antítese no L17 que conta com uma visão dicotômica acerca dos microrganismos.

No entanto, é bom lembrar que os micróbios também são grandes amigos do ser humano, já que são responsáveis por uma ampla gama de processos que vão desde a produção de alimentos, incluindo vinhos, pães, queijos e iogurtes, até a manutenção da ciclagem dos elementos químicos, como o nitrogênio na superfície do globo terrestre (Vermelho et al., 2019, p. 2)

Finalmente, o livro L18 também apresenta diversos exemplos de personificação como em “Aliás, a ideia de que os fungos ‘escravizam as algas, como fazemos com o gado’ foi inicialmente proposta por Schwender, em 1867, quando descobriu que os líquens são associações de fungos e fotobionte” (Xavier-Filho et al., 2006, p. 27).

A análise das figuras indica os seguintes resultados: o L13 não possui figuras no capítulo analisado; dos demais, 16 livros apresentam representações, sendo que o L04 é o único que não conta com representações (Carlile et al., 2001; Smith, 1979). A análise destaca que 13 livros contam com imagens reais. Com relação a análise das cores, nove materiais apresentam imagens em preto e branco, enquanto os demais apresentam figuras coloridas, sendo que oito livros apresentaram figuras com cores reais enquanto sete contaram com figuras em cores fantasia. Desses últimos, houve cinco que não indicaram figuras coloridas artificialmente.

Nenhum dos livros analisados seguiu a proposta taxonômica de Spatafora et al. (2017) de oito filos de fungos, ou a de 18 filos de Tedersoo et al. (2018), consideradas nesta investigação como as mais recentes e que mais se aproximam de um consenso. Foram utilizadas como referências bibliográficas para a taxonomia um número amplo de autores, por exemplo, Alexopoulos et al. (1996), Hawksworth e Lücking (2017) e Margulis e Schwartz (2012) que correspondem a propostas sistemáticas mais antigas. A classificação mais encontrada foi a de quatro filos, sendo eles, Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota e Basidiomycota. Outra classificação comumente apresentada divide os fungos em grupos sem caráter taxonômico: os zigomicetos, ascomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos. Alguns dos fatores que podem justificar a ausência da utilização das classificações mais recentes são: a maioria das referências bibliográficas foram publicadas previamente as propostas citadas e, entre os livros mais recentes, a falta de bibliografia específica de Micologia na elaboração dos materiais, e a não adoção da proposta sistemática referida em virtude de um amplo número de propostas difundidas, além do processo de Demora na Transposição Didática.

DISCUSSÃO

Com relação à lista de disciplinas, o panorama observado indica duas implicações em relação à organização da Micologia nas disciplinas das universidades públicas do estado de São Paulo: (1) os fungos enquanto grupo da biodiversidade alvo de estudo estão presentes em poucas disciplinas e (2) todas as disciplinas que contemplam os fungos dividem a ementa com outros grupos da diversidade biológica. Essas evidências corroboram a baixa representatividade dos fungos na formação inicial em Ciências Biológicas, conforme destacado por Estrela et al. (2023) e Persijn (2017). A falta de uma disciplina específica sobre o Reino Fungi implica em abordagens superficiais sobre esses organismos e suas relações ecológicas, fisiológicas e evolutivas no estabelecimento do conhecimento biológico de futuros biólogos e professores. Dessa forma, o desejável seria que fossem implementadas disciplinas independentes e ministradas por professores especialistas (Persijn, 2017). Para isso, é necessária a implementação de cursos de especialização na área e o investimento em propostas de mudança na organização curricular dos cursos de formação inicial em Ciências Biológicas.

Além disso, visto que em grande parte dos cursos analisados os fungos são apresentados em disciplinas de Microbiologia há a necessidade do aprofundamento dos conceitos micológicos na formação desses professores. Os programas de pós-graduação em Microbiologia devem contribuir nesse sentido ao estabelecer disciplinas e linhas de pesquisas focadas na Micologia, bem como, estipular a contratação de micólogos de forma a formalizar e institucionalizar a Biologia dos Fungos como uma área independente e que requer profissionais especializados.

Ainda com relação a dimensão material da Micologia enquanto ciência (Fourez, 1995), é importante que as listas de livros didáticos utilizados como referências sejam atualizadas, bem como sejam incluídos materiais dedicados à Micologia em disciplinas generalistas. Desta forma os estudantes podem entrar em contato com referenciais mais específicos e atualizados da Micologia. Além disso, em virtude do avanço rápido de mudanças na organização taxonômica do grupo é importante que os estudantes reconheçam as propostas mais recentes.

Com relação à organização curricular, destaca-se o fato de nenhuma disciplina da Botânica incluir o Reino Fungi em seus currículos, ilustrando que o reconhecimento do caráter monofilético do grupo em relação às plantas já se configura em ementas das disciplinas. Entretanto, com relação aos materiais didáticos sobre fungos ainda existem referências da área da Botânica que se dedicam ao estudo do grupo, apresentando, inclusive, o livro *Botânica Criptogâmica* de Smith (1979) que trata os fungos como um grupo dentro do Reino Plantae. A manutenção do livro citado entre as referências bibliográficas é problemática uma vez que, ao inserir os fungos dentro do Reino Plantae, não reconhece o caráter monofilético já bem estabelecido do grupo.

Ademais, a vinculação da Micologia em livros didáticos de Botânica contribui para possíveis distorções conceituais e equívocos no ensino (Ceschim et al., 2020). Desta maneira a percepção equivocada de que os fungos são vegetais e a manutenção de terminologia estruturada com base na Biologia Vegetal para descrever estruturas e processos desempenhados pelos fungos se perpetuam. Ainda, ao dividir espaço com outros grupos da biodiversidade aspectos específicos da biologia dos fungos não são apresentados em virtude de limitações materiais, por exemplo o número de páginas nos livros didáticos e o tempo para abordar diferentes grupos da diversidade (Bandeira, 2009; Krasilchik, 2019).

Além disso, a associação da Micologia em disciplinas que dividem espaço com outros organismos, como em Microbiologia e “Protistas e Fungos”, pode ser problemática, uma vez que os fungos não apresentam grau evolutivo próximo com grupos de bactérias e com os Protistas, que é muito conhecido por apresentar taxonomia controversa, em virtude de ser um grupo parafilético. Essa organização curricular é pouco representativa se comparada às disciplinas voltadas para o estudo de Zoologia e Botânica. As universidades costumam apresentar um número muito superior de disciplinas enfocados em animais e plantas e em alguns casos de forma específica, como por exemplo as disciplinas de Morfologia Vegetal, Sistemática Vegetal e Fisiologia Vegetal encontradas na Unesp.

Além de apresentar disciplinas específicas de Micologia, é necessário que as disciplinas já existentes se tornem mais integradas, apresentando aspectos da biologia dos fungos em maior profundidade em disciplinas

de Ecologia, Evolução e Sistemática Geral. Carvalho et al. (2020) destacam o potencial de reorganizar os conteúdos biológicos a partir de conceitos estruturantes da Biologia. Desta forma, as disciplinas poderiam ser organizadas de forma menos fragmentada e com maior espaço para intersecções entre diferentes grupos da diversidade biológica e suas relações. Contudo, há limitações nas propostas destacadas, uma vez que o baixo número de professores especialistas em Micologia (Grube et al., 2017) dificulta a implementação de articulações profundas entre as disciplinas generalistas e a criação de disciplinas exclusivas. Dessa maneira estabelece-se um problema retroalimentativo, uma vez que, como não existem disciplinas específicas para a Micologia, não há demanda de contratação de professores especialistas, o que mantém a baixa representatividade dos fungos na formação inicial em Ciências Biológicas.

Com relação à linguagem utilizada nos livros didáticos e a possíveis distorções conceituais decorrentes da TDE (Chevallard, 1998; Senna et al., 2020) pôde-se elaborar um quadro com a polissemia e as figuras de linguagem recorrentes. A utilização do termo *esporo* é polissêmica, pois, embora o mesmo termo seja empregado para se referir aos grupos de bactérias, fungos e vegetais, em cada reino da diversidade biológica eles assumem características distintas. As metáforas são utilizadas para comparar objetos conceituais que apresentam semelhanças e incompatibilidades: as semelhanças são ressaltadas e as incompatibilidades são suprimidas (Lakoff & Johnson, 2008). A metáfora de que o micélio dos fungos é como uma raiz pode gerar distorções conceituais que reforcem a visão de que os fungos são plantas, sendo que as únicas funções semelhantes entre essas estruturas são a de fixação ao substrato e absorção de nutrientes.

Muitos alunos apresentam a percepção de que o cogumelo ou qualquer estrutura reprodutiva visível a olho nu compreendem o fungo como um todo (Largent, 1986). Essa interpretação equivocada é um exemplo de metonímia. Além dessas, a antítese presente na visão utilitarista sobre os fungos corrobora para a visão pessimista sobre o grupo, ao se referir a espécies patogênicas como “inimigos” do ser humano (Schünemann et al., 2021). Por fim, a personificação presente no trecho retirado de Urry et al. (2022, p. 667) atribui intencionalidade aos fungos, destacando a capacidade deles em “retribuir ações” que busquem seu benefício próprio - características humanas. Os exemplos citados foram compilados no quadro abaixo e estão presentes comumente em livros didáticos ou no discurso de professores e estudantes.

Quadro 3. Polissemia e figuras de linguagem com potencial de gerar ou reforçar distorções conceituais.

Figura de linguagem	Definição	Exemplos na Micologia
Polissemia	Uma unidade linguística é atribuída a vários significados, que podem ou não estar relacionados.	Esporos de fungos e esporos de bactérias.
Metáfora	Compreensão de um domínio conceitual com base em termos de outro; existe incompatibilidade entre partes dos conceitos.	Comparação entre o micélio subterrâneo dos fungos e as raízes dos vegetais.
Metonímia	Representação de um termo com base em outro, "parte pelo todo".	Percepção de que o corpo reprodutivo dos fungos representa o organismo inteiro.
Antítese	Visão binária e dicotômica nos fenômenos biológicos.	Fungos como amigos ou inimigos em relação a suas aplicações para a humanidade.
Personificação	Atribuição de intencionalidade e características humanas a processos biológicos e grupos de organismos distintos.	"Os fungos mutualistas absorvem nutrientes de um organismo hospedeiro, mas retribuem com ações que o beneficiam." (Urry et al., 2022, p. 667).

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Ceschim et al. (2020).

Desde a popularização do termo Funga e das modificações no Código Internacional de Nomenclatura para Fungos, Algas e Plantas houve uma intensificação na discussão de termos que reflitam a independência dos fungos como um grupo distinto da biodiversidade (Kuhar et al., 2018; Turland et al., 2018). Os termos com etimologia pautada na Botânica em muitos casos já apresentam alternativas com adequações que reforçam o

caráter monofilético do Reino Fungi e que estão bem estabelecidos na literatura científica micológica. Contudo, em muitos dos casos, esses termos não chegam aos materiais didáticos. Alguns dos termos citados ao longo do trabalho e encontrados nos livros didáticos poderiam ser substituídos por: corpo fúngico, corpos reprodutivos/ estruturas reprodutivas, esporoma/ basidioma/ ascoma, micélio somático e micélio reprodutivo/ micélio aéreo, fungos sapróbios. Todas essas modificações não apresentam etimologia fundada na Botânica e são termos mais adequados ao ensino e representação dos fungos como um grupo distinto dos vegetais (Kirk et al., 2008).

A análise dos livros didáticos também demonstrou baixa especificidade e adequação à literatura científica da área de Micologia. O grande número de livros didáticos de Microbiologia e Botânica que abordam o Reino Fungi tratam-no de maneira superficial, empregando alguns exemplos para explicar sua ecologia e fisiologia, entretanto sem tratar desses assuntos com profundidade. Dentre os livros específicos de Micologia, destaca-se a falta de referências atualizadas e até mesmo o baixo número de materiais na língua portuguesa. O aspecto citado pode estar relacionado a um baixo número de traduções de materiais base em outras línguas e a pouca produção de materiais didáticos brasileiros que tratem os fungos com especificidade, além da Demora na Transposição Didática que limita o número de materiais atualizados conforme destacado por Carvalho (2009).

Faz-se necessária a inclusão de orientações pedagógicas nos materiais didáticos que destaquem as possíveis distorções conceituais encontradas naquele material, bem como a maior qualificação de professores de forma que eles possam reconhecer essas distorções ao entrar em contato com elas. Além disso, é importante que o próprio texto apresente quando utilizar figuras de linguagem, minimizando os impactos das distorções conceituais intrínsecas à linguagem utilizada para explicar fenômenos biológicos (Ceschim et al., 2020).

De forma geral há variedade nas figuras incluídas nos livros analisados. A ausência de figuras no L13 pode implicar na dificuldade de os alunos reconhecerem os fungos em ambientes naturais (Smith, 1979). Os livros com figuras coloridas artificialmente sem indicações podem reforçar distorções conceituais. Por exemplo, o L15 apresenta hifas coloridas em verde sem indicação de cores fantasia o que pode contribuir para o entendimento de que fungos tenham clorofila (Trabulsi & Alerthum, 2008).

As propostas sistemáticas encontradas nos livros didáticos analisados, em muitos casos como nos expostos nos resultados de quatro filos ou quatro grupos, não correspondem à sistemática filogenética atual dos fungos, uma vez que filos como Chytridiomycota e Zygomycota são poli/parafiléticos e o grupo dos deuteromicetos não configura um agrupamento natural. Contudo, em virtude do processo de Demora na Transposição Didática, falta de materiais atualizados e da ausência de um consenso científico robusto em relação à classificação no grupo dos fungos, muitos livros didáticos recentes seguem adotando as classificações destacadas e as citam como históricas, como no caso do livro de Black e Black (2021).

Portanto, a obsolescência dos livros didáticos indicados nas bibliografias das disciplinas são um indicativo de um ensino de Micologia desatualizado. A produção e tradução de materiais mais recentes em associação com o devido reconhecimento dos fungos em disciplinas específicas é uma das medidas a curto prazo que podem ser implementadas na formação inicial em Ciências Biológicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho atendeu ao objetivo de investigar a representatividade da Micologia em cursos de formação em Ciências Biológicas nas universidades públicas estaduais do estado de São Paulo. A pesquisa realizada evidenciou que persiste a baixa representatividade dos fungos na organização curricular dos cursos de formação inicial em Ciências Biológicas e nos materiais didáticos utilizados como referências para disciplinas que contemplem a Micologia.

Destacamos e defendemos a necessidade da incorporação de disciplinas que tratem de forma exclusiva sobre os fungos, compreendendo aspectos evolutivos, ecológicos, fisiológicos e morfológicos do grupo. Essa organização contribui para um aprofundamento teórico acerca da Biologia dos fungos. Além disso, é ímpar a necessidade de propostas curriculares mais integradoras nos cursos de formação inicial em Ciências Biológicas, de maneira a incluir os diferentes grupos da diversidade em disciplinas como Ecologia e Evolução, por exemplo.

Com relação aos materiais didáticos faz-se necessária a produção e tradução de livros mais atualizados e específicos na área de ensino de Micologia, bem como a adequação desses materiais aos consensos científicos da comunidade micológica, como por exemplo a padronização de termos (por exemplo, substituir esporocarpo por esporoma) e da filogenia do grupo dos fungos.

O aumento da produção científica sobre a Micologia no contexto brasileiro é dependente de medidas de financiamento que incentivem o trabalho com o grupo, o estabelecimento de laboratórios de pesquisa relacionados aos fungos e a formação de profissionais qualificados para trabalhar com o grupo. As propostas apresentadas nessa pesquisa podem contribuir para a formação inicial em Ciências Biológicas para que futuros biólogos e professores de Biologia compreendam a Biologia dos Fungos em maior profundidade e estabeleçam diferentes formas de trabalhar com o grupo. Por fim, indicamos como possíveis limitações do trabalho, pelo caráter de análise qualitativa, o potencial de extrapolação dos dados apresentados, o número de universidades e livros didáticos analisados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado por uma bolsa PIBIC – REITORIA UNESP (Nº 7781) concedida ao primeiro autor. Agradecemos ao Prof. Dr. Nelson Menolli Junior e à Profa. Dra. Beatriz Ceschim pelas considerações no manuscrito original em formato de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., & Blackwell, M. (1996). *Introductory mycology* (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Bandeira, D. (2009). Material didático: conceito, classificação geral e aspectos da elaboração. In D. Bandeira (Ed.), *Materiais didáticos* (pp. 13-33). IESDE.
- Black J. G., & Black, L. J. (2021). *Microbiologia: fundamentos e perspectivas* (10a ed.). Guanabara Koogan.
- Bononi, V. L. R. (Org.). (1998). *Zigomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos: noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas*. Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente.
- Brusca, R.C., Moore, W. & Shuster, S.M. (2018). *Invertebrados* (3rd ed.). Guanabara Koogan.
- Caldeira, A. M. A., & Bastos, F. (2009). A didática como área do conhecimento. In A. M. A. Caldeira, & E. S. N. N. de Araujo (Orgs.), *Introdução à didática da biologia* (Vol. 10, pp. 13-33). Escrituras.
- Carlile, M. J., Watkinson, S. C., & Gooday, G. W. (2001). *The fungi* (2nd ed.). Academic Press.
- Carvalho, G. S. (2009). A transposição didática e o ensino de biologia. In A. M. A. Caldeira & E. S. N. N. de Araujo (Orgs.), *Introdução à didática da biologia* (Vol. 10, pp. 34-57). Escrituras.
- Carvalho, Í. N. de, El-Hani, C. N., & Nunes-Neto, N. (2020). How should we select conceptual content for biology high school curricula? *Science and Education*, 29, 513-547. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00115-9>
- Ceschim, B., Ganiko-Dutra, M., & Caldeira, A. M. A. (2020). Relação pensamento-linguagem e as distorções conceituais no ensino de biologia. *Ciência e Educação*, 26 e 20068. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200068>
- Chevallard, Y. (1998). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Aique.
- Esposito, E., & Azevedo, J. L. (2010). *Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia* (2a ed.). Educ.
- Estrela, K. B., Weiser, V. de L., & Ganiko-Dutra M. (2023). Quais são as áreas de atuação em micologia? Percepções de estudantes da formação inicial em ciências biológicas. *Ciência e Educação*, 29 e23032. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230032>
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa* (3a ed.). Artmed.

- Fourez, G. (1995). O método científico: a ciência como disciplina intelectual. In G. Fourez, *A construção das ciências* (pp. 103-143). Editora da Universidade Estadual Paulista.
- Franceschini, I.M., Burliga, A.L. & Reviers, B. de. (2018). *Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica*. Artmed.
- Ganiko-Dutra, M., & Caldeira, A. M. A. (2022, July 27-29). *Delimitação da micologia como uma ciência autônoma* [oral presentation]. In L. A. C. P. Martins, F. G. Arcanjo, T. B. Martins, & P. D. L. Navarro (Orgs.), *Anais do Encontro de História e Filosofia da Biologia [Simpósio]*. Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB), Ribeirão Preto, SP, Brasil.
- Gatti, B. A. (2017). Didática e formação de professores: provocações. *Cadernos de Pesquisa*, 47(166), 1-15. <https://doi.org/10.1590/198053144349>
- Grube, M., Gaya, E., Havard, K., Smith, A. M., Avery, S., Fernstand, S. J., Muggia, L., Martin, M. D., Eivindsen, T., Kõljalg, U., & Bendiksby, M. (2017). The next generation fungal diversity researcher. *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 124-130. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.02.001>
- Hawksworth, D., & Lücking, D. L. (2017). Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology Spectrum*, 5(4), 1-17. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0052-2016>
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., & Stalpers, J. A. (2008). *Dictionary of the fungi* (10th ed.). CABI Europe.
- Krasilchik, M. (2019). *Prática de ensino de biologia* (3a ed.). EDUSP.
- Kuhar, F., Furci, G., Drechsler-Santos, E. R., & Pfister, D. (2018). Delimitation of Funga as a valid term for the diversity of fungal communities: the Fauna, Flora & Funga proposal (FF&F). *IMA Fungus*, 9(2), 71-74. <https://doi.org/10.1007/BF03449441>
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2008). *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.
- Largent, D. L. (1986). *How to identify mushrooms to genus I: macroscopic features*. Mad River Press Inc.
- Libâneo, J. C. (2010). Didática e epistemologia: para além do embate entre a didática e as didáticas específicas. In P. I. Veiga (Org), *Profissão Docente: novos sentidos, novas perspectivas* (2a ed., pp. 59-88). Papirus.
- Libâneo, J. C. (2013). *Didática* (2a ed.). Cortez.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2016). *Microbiologia de Brock*. Artmed.
- Margulis, L., & Schwartz, K. V. (2012). *Cinco reinos: um guia ilustrado dos filos da vida na Terra*. (3a ed.). Guanabara Koogan.
- Moore-Landecker, E. (1996). *Fundamentals of the fungi*. (4th ed.). Prentice Hall.
- Niskanen, T., Lücking, R., Dahlberg, A., Gaya, E., Suz, L. M., Mikryukov, V., Liimatainen, K., Druzhinina, I., Westrip, J. R. S., Mueller, G. M., Martins-Cunha, K., Kirk, P., Tedersoo, L., & Antonelli, A. (2023). Pushing the frontiers of biodiversity research: unveiling the global diversity, distribution, and conservation of fungi. *Annual Review of Environment and Resources*, 48, 149-176. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112621-090937>
- Oliveira, E. C. (2003). *Introdução à biologia vegetal*. (2a ed.). EDUSP.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research and evaluation methods*. (4th ed.). Sage Publications.
- Pelczar, J. R., Michael, J., Chan, E. C. S., & Krieg, N. R. (1996). *Microbiologia: conceitos e aplicações*. (2a ed., Vol. 1). Makron Books.
- Persijn, A. L. G. (2017). *A micologia na formação de professores: uma análise das licenciaturas em ciências biológicas no estado de goiás* [Dissertação de Mestrado Profissional, Universidade Federal de Goiás]. Repositório Institucional. <https://www.bdt.d.ueg.br/handle/tede/484>.
- Putzke, J., & Putzke, M. T. L. (1998). *Os reinos dos fungos*. (Vol. 1). Edunisc.

- Raven, P. F., Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2014). *Biologia vegetal*. (8a. ed.). Guanabara Koogan.
- Schünemann, B. L. B., Palacio, M., & Regio, N. C. (2021). O desconhecido reino dos fungos. In L. A. L. A. Araújo, & G. C. Vieira (Orgs.), *Ensino de Biologia: uma perspectiva evolutiva/ volume II: biodiversidade e evolução* (Vol. 2, pp. 233-270). Instituto de Biociências da UFRGS.
- Senna, K. N., Ceschim, B., & Ganiko-Dutra, M. (2020). A organização do conteúdo biológico no processo de mediação didática. In A. M. A. Caldeira (Org.), *Didática e epistemologia da biologia* (pp. 251-279). Espelho D'Alma.
- Smith, G. M. (1979). *Botânica criptogâmica: algas e fungos*. (3a ed., Vol. 1.). Fundação Calouste Gulbenkian.
- Spatafora, J. W., Aime, C., Grigoriev, I. V., Martin, F., Stajich, J. E., & Blackwell. (2017). The fungal tree of life: from molecular systematics to genome-scale phylogenies. *Microbiology Spectrum*, 5(5), 1-34. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0053-2016>
- Tedersoo, L., Sánchez-Ramírez, S., Kõljag, U., Bahram, M., Döring, M., Schigel, D., May, T., Ryberg, M., & Abarenkov, K. (2018). High-level classification of the fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fungal Diversity* 90(1), 135-159. <https://doi.org/10.1007/s13225-018-0401-0>
- Tortora, G. J., Funke, B. R. & Case, C. L. (2017). *Microbiologia*. (12a ed.). Artmed.
- Trabulsi, L. R. & Alerthum, F. (2008). *Microbiologia*. (5a ed.). Atheneu.
- Turland, N. J., Wiersema, J. H., Barrie, F. R., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., Knapp, S., Kusber, W.-H., Li, D.-Z., Marhold, K., May, T. W., McNeill, J., Monro, A. M., Prado, J., Price, M. J., & Smith, G. F. (Eds.) (2018). *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. Regnum Vegetabile (Vol. 159). Koeltz Botanical Books. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. & Orr, R. B. (2022). *Biologia de Campbell*. (12a ed.). Artmed.
- Vermelho, A. B., Pereira, A. F., Coelho, R. R. R. & Souto-Pradrón, T. (2019). *Práticas de microbiologia*. (2a ed.). Guanabara Koogan.
- Whittaker, R. H. (1959). On the broad classification of organisms. *The Quarterly Review of Biology*, 34(3), 210-226.
- Whittaker, R. H. (1969). New concepts of kingdoms of organisms: evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdoms. *Science*, 163(3863), 150-160. <https://doi.org/10.1126/science.163.3863.150>
- Xavier-Filho, L., Legaz, M. E., Vicente-Córdoba, C., & Pereira, E. C. (2006). *Biologia de líquens*. Âmbito Cultural.

Gabriel Prado Barcelos

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Bauru (Unesp, 2024). Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Bauru (Unesp, 2023). Atualmente é estudante de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

E-mail: gp.barcelos@unesp.br

Veridiana de Lara Weiser

Doutora em Ecologia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp, 2007). Mestra em Ciências (Biologia Comparada) pela Universidade de São Paulo Câmpus de Ribeirão Preto (USP, 2002). Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo Câmpus de Ribeirão Preto (1999). Atualmente é professora credenciada no Programa de Pós-Graduação em Biociências (Interunidades) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Assis e de Bauru.

E-mail: veridiana.weiser@unesp.br

Matheus Ganiko-Dutra

Doutor e mestre em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Bauru (Unesp, 2023, 2021). Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Bauru (Unesp, 2018). Atualmente é pesquisador de pós-doutorado na Universidade de São Paulo (USP) e Professor Adjunto da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). E-mail: matheus.dutra@uenp.edu.br

Editor Responsável

Vanessa Cappelle

Contato

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistaepec@gmail.com

O CECIMIG agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para a editoração deste artigo.