



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



**FUNGOS URBANOS EM ARARAS-SP: LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO,
CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL E CIÊNCIA CIDADÃ NO PARQUE
ECOLÓGICO E CULTURAL GILBERTO RÜEGGER OMETTO**

Laiane Rodrigues de Souza

Araras-SP

2026

Laiane Rodrigues de Souza

FUNGOS URBANOS EM ARARAS-SP: LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO,
CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL E CIÊNCIA CIDADÃ NO PARQUE
ECOLÓGICO E CULTURAL GILBERTO RÜEGGER OMETTO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Licenciatura em Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de São Carlos,
Campus de Araras, como requisito para a
obtenção do título de Licenciatura em
Ciências Biológicas.

Orientador: Renato Nallin Montagnolli

Araras - SP

2026

AGRADECIMENTOS

Primeiro tenho muito que agradecer a minha família, principalmente aos meus pais que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu mesma não acreditei.

Também sou grata ao meu companheiro de vida, que acompanhou, ajudou, incentivou e me apoiou durante esse processo.

Muito obrigada, à toda equipe do BioFuturo na Cidade e aos participantes da BioBlitz de Araras pelo suporte e auxílio nas atividades desenvolvidas.

Além disso, acredito fielmente que os professores, conhecidos, colegas e amigos que fiz durante minha graduação contribuíram de alguma forma para a realização desse feito.

Agradeço ao meu orientador, que além de mentor foi um verdadeiro parceiro durante essa trajetória. Obrigada, por me acolher e me mostrar como fazer ciência.

Por fim, meus mais sinceros agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida para a concretização desse projeto.

EPÍGRAFE

“Do jeito que eu vejo, toda vida é uma pilha de coisas boas e coisas ruins. As coisas boas nem sempre suavizam as coisas ruins, mas, ao contrário, as coisas ruins não necessariamente estragam as coisas boas ou as tornam sem importância.”

(Doctor Who, 1963).

RESUMO

Os fungos desempenham funções ecológicas essenciais em ecossistemas naturais e urbanos, atuando na decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes, em interações simbióticas e como componentes relevantes da biodiversidade. Apesar disso, a funga urbana ainda é pouco registrada e discutida, especialmente em escala municipal. Este trabalho teve como objetivo investigar fungos associados ao Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rüeegger Ometto, em Araras-SP, articulando três abordagens complementares: levantamento bibliométrico regional, coleta e caracterização laboratorial de fungos macroscópicos e análise de registros participativos produzidos por ciência cidadã. No levantamento bibliométrico, foram sistematizados trabalhos acadêmicos e artigos relacionados a fungos em Araras e municípios do entorno, com extração de informações sobre origem do material biológico, espécies ou grupos citados, tipo de estudo e temas recorrentes. Em campo, foram registrados cinco exemplares macroscópicos de fungos no Parque Ecológico, associados principalmente a substratos lenhosos. Três amostras foram consideradas viáveis para cultivo e caracterização em laboratório, envolvendo isolamento por fragmentação, observação macroscópica das colônias, microscopia, testes enzimáticos preliminares e preservação em coleção fúngica local. Paralelamente, registros do projeto BioFuturo na Cidade e da plataforma iNaturalist foram analisados para avaliar a contribuição da ciência cidadã no reconhecimento da funga urbana de Araras. Os resultados indicam que a produção regional sobre fungos está fortemente associada a temas agrícolas, controle biológico e promoção de crescimento vegetal, enquanto fungos urbanos e macrofungos em áreas verdes permanecem pouco explorados. A caracterização laboratorial permitiu separar morfotipos, registrar diferenças coloniais e microscópicas e iniciar a preservação de isolados. Os dados de ciência cidadã ampliaram a visibilidade dos fungos no município, embora apresentem limitações relacionadas à qualidade fotográfica, à geolocalização e ao nível taxonômico das identificações. Em conjunto, o trabalho evidencia que bibliometria, coleta laboratorial e ciência cidadã são abordagens complementares para construir uma base inicial sobre a funga urbana de Araras-SP.

Palavras-chave: funga urbana; macrofungos; biodiversidade; coleção fúngica; iNaturalist; ciência cidadã.

ABSTRACT

Fungi perform essential ecological functions in natural and urban ecosystems, including organic matter decomposition, nutrient cycling, symbiotic interactions, and biodiversity maintenance. Nevertheless, urban fungi remains poorly documented and discussed, particularly at the municipal scale. This study aimed to investigate fungi associated with the Gilberto Rügger Ometto Ecological and Cultural Park, in Araras, São Paulo, Brazil, by integrating three complementary approaches: a regional bibliometric survey, field collection and laboratory characterization of macrofungi, and analysis of participatory records generated through citizen science. The bibliometric survey systematized academic works and scientific articles related to fungi in Araras and surrounding municipalities, extracting information on biological material origin, taxa cited, type of study, and recurring themes. In the field, five macrofungal specimens were recorded in the Ecological Park, mainly associated with woody substrates. Three samples were considered viable for cultivation and laboratory characterization, including fragment isolation, macroscopic colony description, microscopy, preliminary enzymatic assays, and preservation in a local fungal collection. In parallel, records from the BioFuturo na Cidade project and the iNaturalist platform were analyzed to assess the contribution of citizen science to the recognition of urban fungi in Araras. The results indicate that regional fungal research is strongly associated with agricultural topics, biological control, and plant growth promotion, whereas urban fungi and macrofungi in green areas remain underexplored. Laboratory characterization allowed the separation of morphotypes, the registration of colonial and microscopic differences, and the initial preservation of isolates. Citizen science data expanded the visibility of fungi in the municipality, although limitations related to photographic quality, geolocation, and taxonomic resolution were observed. Together, the findings show that bibliometrics, laboratory collection, and citizen science are complementary approaches for building an initial knowledge base on the urban fungi of Araras, São Paulo.

Keywords: urban fungi; macrofungi; biodiversity; fungal collection; iNaturalist; citizen science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem de monografia, dissertação e artigo incluído na revisão bibliométrica.	
31	
Figura 2 - Categorização por palavras-chave dos estudos selecionados para a revisão bibliográfica.	36
Figura 3 - Quantidade de referências bibliográficas incluídas na revisão ao longo dos anos.	37
Figura 4 - Fungos que ocorrem espontaneamente na cidade de Araras e Cordeirópolis.	38
Figura 5 – Limites da área de estudo do Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rüegger Ometto, Araras – SP.	42
Figura 6 - Fungos coletados no Parque Ecológico Municipal de Araras e seus respectivos substratos (a), (b) e (c) Fungos 1, 2 e 3, respectivamente encontrados no mesmo tronco de árvore morta (d) Fungo 4 sobre tronco de árvore morta (e) Fungo 5 associado ao tronco de árvore.	44
Figura 7 – Crescimento em placa a partir da diluição seriada decimal até 10 ⁻⁶ de amostra de solo das amostras (a) 1, 2 e 3, (b) 4 e (c) 5.	48
Figura 8 - Inoculação em meio de cultura Sabouraud acrescido de cloranfenicol aplicando o método de fragmentação dos fungos (a) 1 (b) 2 e (c) 5.	50
Figura 9 - Testes preliminares do fungo não identificado de atividade enzimática de (a) amilase (c) meio amilase corada com lugol, (d) halo translúcido da hidrólise de amido e (b) celulase (e) meio celulase corada com vermelho Congo 0,25% e (f) halo translúcido da hidrólise de celulose.	53
Figura 10 - Caracterização do fungo 1 (a) fungo em habitat natural associado ao tronco de árvore morta, (b) fungo em meio Sabouraud, (c) micélio corado com lactofenol azul de algodão em objetiva de 10x, (d) e (e) basídios corados com lactofenol azul de algodão em objetiva de 10x e 40x, respectivamente e (f) gleocistídio corada com safranina, em objetiva de 100x.	54
Figura 11 - Caracterização do fungo 2 (a) fungo em habitat natural associado ao tronco de árvore morta (b) fungo em meio Sabouraud (c) micélio em objetiva de 10x, (d) septos e hifas em objetiva de 100x, e (e) conídios em objetiva de 100x.	56
Figura 12 - Caracterização macroscópica do fungo 3.	57
Figura 13 - Caracterização macroscópica do fungo 4.	58
Figura 14 - Caracterização do fungo 5 (a) Fungo em habitat natural associado a árvore, (b) Fungo em meio Sabouraud, (c) Microscopia do micélio corada com lactofenol de algodão em objetiva de 10x (d) Basidiósporos ovóides em objetiva de 40x (e) Fíbulas em hifa generativa corada com lactofenol de algodão em objetiva de 40x.	59
Figura 15 - Técnica de Ágar Inclinado com os fungos 1, 2 e 5 encontrados no Parque Ecológico de Araras-SP para composição da coleção fúngica urbana.	62
Figura 16 - Amostras dos fungos 1,2 e 5 do Parque Ecológico de Araras-SP em microtubos para conservação em ultra-freezer a - 80°C.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado de UFC/mL e contagem de morfotipos da diluição seriada das amostras de solo.	49
Tabela 2 - Número de observações, espécies, identificadores e observadores do projeto “BioFuturo na cidade”, em Araras-SP.	71
Tabela 3 - Número de registros em diferentes locais no município de Araras-SP.	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Filos do reino Fungi considerados na classificação recente e relevância ecológica ou funcional para estudos de funga urbana.	18
Quadro 2 - Organização das pesquisas encontradas separadas por autor, título do trabalho, ano de publicação, a(s) espécie(s) citadas, os termos booleanos utilizado, a origem do material biológico coletado, o tipo de estudo, a(s) fonte(s) encontradas, o tema e as referências de acordo com as normas da ABNT.	32
Quadro 3 – Testes de crescimento e análises realizados em laboratório, separados por fungos filamentosos e amostras de solo.	47
Quadro 4 - Caracteres morfológicos da colônia dos fungos cultiváveis 1, 2 e 5.	51
Quadro 5 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 2.	56
Quadro 6 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 3.	58
Quadro 7 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 4.	58
Quadro 8 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 5.	59
Quadro 9 - Identificação taxonômica dos fungos 1, 2, 3, 4 e 5 baseado em caracteres macroscópicos e microscópicos.	60
Quadro 10 - Lista de fungos encontrados em Araras organizadas pelo número de ocorrências do organismo e em nível taxonômico de acordo com o registro no iNaturalist em Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Subfamília, Gênero e Espécie.	72
Quadro 11 - Lista dos fungos citados no levantamento bibliográfico (LB), no iNaturalist (CC) e em laboratório (LT), além do seu papel nas pesquisas e no ambiente.	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVU: Área Verde Urbana

BDA: Batata, Dextrose e Ágar

CC: Ciência Cidadã

RI: Repositório Institucional

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FHO: Fundação Hermínio Ometto

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LB: Levantamento bibliográfico

LT: Levantamento laboratorial

TCC: Trabalho de Conclusão de Curso

UFC: Unidade formadora de colônia

UFSCar: Universidade Federal de São Carlos

GLOSSÁRIO

Apessórios e haustórios: estruturas especializadas de fungos associadas à fixação, penetração ou absorção de nutrientes em interações com hospedeiros.

Brotamento ou gemulação: reprodução com divisão de citoplasma através de estrangulamento.

Cenocítica: sem compartimentos criados pela presença de septos

Conídio: esporo assexuado externo.

Himênio: Estrato fértil ou infértil com estruturas intercalares, formado principalmente por basídios ou ascos.

Píleo: Porção da frutificação, diferenciada do estípite, que carrega o himenóforo.

Monocariótica: célula com apenas um núcleo.

Multicariótica: célula ou estrutura hifal que possui vários núcleos em um mesmo compartimento citoplasmático.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 Diversidade, classificação e invisibilidade da funga	18
3.2 Características morfológicas e fisiológicas relevantes para o estudo	22
3.3 Funções ecológicas, substratos e contribuições dos fungos	24
3.4 Áreas verdes urbanas e funga urbana	24
3.5 Bibliometria, coleções e ciência cidadã como abordagens complementares	25
CAPÍTULO 1	27
LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO SOBRE FUNGOS EM ARARAS-SP E MUNICÍPIOS DO ENTORNO	27
4.1 INTRODUÇÃO	27
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS (1 e 2)	28
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.3.1 Delimitação geográfica e critérios de elegibilidade	28
4.3.2 Fontes consultadas e estratégia de busca	28
4.3.3 Triagem, extração e organização dos dados	29
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.5 CONCLUSÃO	41
CAPÍTULO 2	42
COLETA, ISOLAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E PRESERVAÇÃO DE FUNGOS MACROSCÓPICOS DO PARQUE ECOLÓGICO MUNICIPAL DE ARARAS-SP	42
5.1 INTRODUÇÃO	42
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	43
5.3.1 Área de estudo	43
5.3.2 Coleta de campo, micro-habitat e documentação fotográfica	44
5.3.3 Processamento das amostras de solo e diluição seriada	45
5.3.4 Contagem de unidades formadoras de colônia	46
5.3.5 Isolamento por fragmentação dos corpos de frutificação	46
5.3.6 Caracterização macroscópica das colônias	46
5.3.7 Testes enzimáticos de amilase e celulase	47
5.3.8 Microcultivo, coloração e microscopia	47
5.3.9 Preservação em ágar inclinado e ultrafreezer	48
5.3.10 Síntese dos ensaios laboratoriais realizados	48
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.4.1 Fungos cultiváveis em amostras de solo por diluição seriada	49
5.4.2 Isolamento por fragmentação e seleção dos isolados viáveis	51
	12

5.4.3 Caracterização macroscópica das colônias obtidas	51
5.4.4 Atividade enzimática preliminar: amilase e celulase	52
5.4.5 Caracterização macroscópica e microscópica dos isolados	55
5.4.6 Preservação dos isolados e formação da coleção fúngica	62
5.5 CONCLUSÃO	64
CAPÍTULO 3	66
REGISTROS PARTICIPATIVOS DE FUNGOS URBANOS EM ARARAS-SP	66
6.1 INTRODUÇÃO	66
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	69
6.3 MATERIAL E MÉTODOS	69
6.3.1 Delineamento da atividade de ciência cidadã	69
6.3.2 Participantes, grupos temáticos e área de registro	69
6.3.3 Registro fotográfico e informações de campo	70
6.3.4 Extração, curadoria e organização dos dados do iNaturalist	70
6.3.5 Integração com bibliometria e laboratório	70
6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
6.5 CONCLUSÃO	76
7 CONCLUSÕES GERAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 INTRODUÇÃO GERAL

Embora os fungos apresentem um dos táxons mais diversos, sejam amplamente distribuídos, contribuam com inúmeras funções na natureza e estejam presente tanto ou mais quanto qualquer outro organismo na vida do ser humano, esses indivíduos ainda contam com poucos estudos comparado a outros grupos. Essa resistência em uma perspectiva antropocêntrica pode estar relacionada à repulsa ao seu papel decompositor, associado exclusivamente a contaminação de itens alimentícios e consumidores de material morto.

O estigma associado aos fungos, reflete na falta de visibilidade e consequentemente de conhecimento sobre eles, principalmente sobre a importância da decomposição da matéria orgânica. Esse processo permite a ciclagem de nutrientes e em relações simbióticas os fungos podem contribuir na nutrição e no desenvolvimento de outras espécies, mesmo assim vale ressaltar, que em relações de parasitismo esses seres podem influenciar a dinâmica das populações positivamente ou negativamente, assim como muitas outras interações ecológicas da teia alimentar. Além, das suas relações ecológicas, os fungos atuam como agentes fermentadores e são amplamente utilizados nas indústrias farmacêuticas, agrícolas e alimentícias, sendo cruciais não só para o equilíbrio ambiental, mas também estão consideravelmente presentes na rotina humana.

Isso traz uma reflexão direta: “Como um grupo tão diverso, presente até mesmo em ambientes extremos e intimamente relacionado à vida humana, ainda enfrenta tanto desconhecimento sobre sua importância e, até mesmo sobre sua classificação como um grupo?”. Essa exclusão dos fungos, remete a uma reflexão mais pessoal: “Como uma única característica pode classificar um indivíduo como ruim?”. Do ponto de vista de quem?”. Essa percepção de que os fungos são frequentemente incompreendidos foi a principal motivação em conhecê-los melhor. A partir dessa experiência, espero motivar outras pessoas que, assim como eu, percebem que, apesar dos inúmeros benefícios proporcionados pelos fungos, eles ainda são associados principalmente por seus aspectos considerados negativos. Essa ideia encontra um paralelo vivido pelo personagem conhecido como “Doutor”, “na série clássica “Doctor Who”, onde ele vive em uma constante busca por identidade e é frequentemente provocado pelos companheiros como “Doutor... Quem?”. Toda vez que morre, a cada regeneração, sua aparência e parte de sua personalidade também mudam, mas através das interações com os seus amigos e inimigos a série mostra que sua identidade é definida muito mais por suas ações do que pelo seu passado. Com isso, minha iniciação científica, posteriormente desenvolvida neste Trabalho de Conclusão de Curso, buscou mostrar que

embora os fungos sejam frequentemente rotulado como algo ruim, essa classificação depende da perspectiva adotada. Sob a ótica ambiental, os fungos exercem ações essenciais para a manutenção da vida.

Portanto, exposto sua importância ecológica e biotecnológica, indaga-se outro questionamento: “E fora do contexto industrial e das regiões típicas de floresta, onde estão os fungos em áreas urbanas?”. Sendo ainda mais específico: “Onde estão os fungos de Araras? Quem são eles? Quais os seus impactos no ambiente?”. A partir disso, esse estudo buscou explorar a biodiversidade fúngica em áreas verdes urbanas, no Parque Ecológico e Cultural “Gilberto Ruegger Ometto”, em Araras-SP, uma área relevante para esse estudo, por seu potencial ecológico, sua relação com atividades de educação ambiental, além de promover a aproximação entre ciência e sociedade nesse local.

Para responder a essa questão, esse trabalho foi organizado em três eixos complementares. O primeiro eixo consistiu em um levantamento bibliométrico sobre estudos que mencionam fungos em Araras e municípios próximos, buscando reconhecer temas recorrentes, lacunas e tendências de pesquisa. O segundo eixo envolveu a coleta exploratória de fungos macroscópicos no Parque Ecológico, seguida de cultivo, caracterização morfológica, ensaios laboratoriais preliminares e preservação de isolados em uma coleção fúngica inicial. O terceiro eixo analisou registros produzidos por ciência cidadã, especialmente no contexto do projeto BioFuturo na Cidade e da plataforma iNaturalist, com o objetivo de avaliar como a participação social pode ampliar os registros de fungos urbanos. Essa pesquisa pretende contribuir no reconhecimento das interações desses organismos ao ecossistema da cidade, integrando, além da caracterização em laboratório, a participação da população, em especial os habitantes locais por meio de atividades de ciência cidadã.

Dessa forma, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) não se limita a listar organismos encontrados no parque. A proposta é construir uma base inicial de conhecimento sobre a funga urbana de Araras, articulando revisão de literatura, trabalho de campo, procedimentos laboratoriais e participação cidadã. Espera-se que essa integração contribua para futuras pesquisas em micologia, para o fortalecimento de coleções biológicas locais e para ações de educação científica voltadas à valorização dos fungos nos ecossistemas urbanos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar a funga urbana associada ao Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rüeegger Ometto, em Araras-SP, integrando levantamento bibliométrico regional, coleta e caracterização laboratorial de fungos macroscópicos, organização de coleção fúngica inicial e análise de registros participativos produzidos por ciência cidadã.

2.2 Objetivos específicos

1. Levantar e sistematizar publicações acadêmicas e científicas que abordem fungos em Araras-SP e municípios do entorno, identificando espécies, grupos taxonômicos, origem do material biológico e tipo de estudo desenvolvido. (Capítulo 1)

2. Analisar os principais temas, autores, instituições e palavras-chave associados à produção regional sobre fungos, reconhecendo tendências e lacunas de conhecimento relacionadas à funga urbana. (Capítulo 1)

3. Realizar coleta exploratória de fungos macroscópicos no Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rüeegger Ometto, registrando micro-habitat, substrato e condições de ocorrência dos exemplares encontrados. (Capítulo 2)

4. Isolar, cultivar e caracterizar amostras fúngicas viáveis por meio de descrição macroscópica de colônias, observação microscópica e testes enzimáticos preliminares. (Capítulo 2)

5. Organizar uma coleção fúngica inicial de isolados e registros associados, preservando material biológico para estudos futuros sobre a funga urbana de Araras-SP. (Capítulo 2)

6. Comparar os registros obtidos em laboratório, no levantamento bibliométrico e nas atividades de ciência cidadã, avaliando complementaridades e limitações de cada abordagem. (Capítulo 3)

7. Discutir o potencial da ciência cidadã para ampliar registros de fungos urbanos, promover educação científica e fortalecer o reconhecimento público da biodiversidade fúngica. (Capítulo 3)

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Diversidade, classificação e invisibilidade da funga

Historicamente a taxonomia de fungos é marcada por controvérsias e dificuldades em delimitá-los. Apenas com a filogenia baseada em similaridades de sequências relevantes de DNA aliadas à morfologia e aspectos fisiológicos esse grupo foi tomando forma, ainda assim, na literatura as principais características entre as linhagens de fungos reconhecidas hoje ainda não estão totalmente resolvidas, constando grupos com linhagens independentes adicionais.

Alguns autores acreditavam que a origem dos fungos teria se dado a partir de um ancestral clorofilado, unicelular, flagelado e sem parede celular, que teria perdido a capacidade de produzir clorofila, passando a ser parasita de tecidos animais e plantas ou saprofítico. Um dos primeiros eventos evolutivos que determinaram a linhagem evolutiva dos fungos, acredita-se que tenha sido a perda da fase fagotrófica (Santos, 2015).

Os estudos filogenéticos mais recentes descrevem uma linha temporal sobre as classificações dos fungos “verdadeiros” (*stricto sensu*), citado inicialmente por Whittaker em 1969 com quatro filos principais, divididos com base em suas características morfológicas e reprodutivas: *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* e *Basidiomycota*. Com o avanço da filogenia molecular foi comprovada a parafilia de *Zygomycota* e *Chytridiomycota* (Tanabe, Watanabe e Sugiyama, 2005; James et al ., 2006; White et al ., 2006), bem como a afinidade de *Microsporidia* e do fungo semelhante ao quitrídio *Rozella* ao reino dos fungos (*Cryptomycota* ou *Rozellomycota*) (Keeling, Luker e Palmer, 2000; Fischer e Palmer, 2005; James et al ., 2006). Mais recentemente, a técnica de sequenciamento ambiental reconheceu um novo clado altamente diverso e cosmopolita de organismos semelhantes aos fungos, que inclui *Rozella* e alguns gêneros relacionados. Finalmente, descobriu-se que *Aphelidea*, um clado pouco estudado de parasitóides amebóides de algas unicelulares, é o grupo irmão de *Microsporidia* e *Rozella*, completando o retrato da família fúngica (Karpov et al ., 2014).

A classificação filogenética mais recente inclui os grupos-irmãos, *Fungi* e *Cristidiscoidea* baseado em análise filogenética do DNA mitocondrial e nuclear, classificando o clado monofilético *Holomycota* contemplando até então 19 filos de *fungos*, conforme descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Filos do reino *Fungi* considerados na classificação recente e relevância ecológica ou funcional para estudos de funga urbana.

Filo	Características gerais	Relevância ecológica ou funcional	Referência-base
<i>Aphelidiomycota</i>	Organismos associados a linhagens basais próximas aos fungos, geralmente parasitas intracelulares de algas.	Relevantes para compreender limites evolutivos do reino <i>Fungi</i> .	Tedersoo et al. (2018)
<i>Ascomycota</i>	Inclui leveduras, fungos filamentosos e formas liquenizadas; produzem ascósporos na fase sexuada.	Abrange decompositores, simbiontes, patógenos e espécies de interesse biotecnológico.	Cavalier-Smith (1998)
<i>Basidiobolomycota</i>	Grupo relacionado a linhagens anteriormente tratadas em classificações amplas de zigomicetos.	Importante para a compreensão da diversidade de fungos terrestres pouco amostrados.	Doweld (2001)
<i>Basidiomycota</i>	Inclui muitos macrofungos, como cogumelos e orelhas-de-pau; produz basidiósporos.	Reúne muitos fungos macroscópicos associados à madeira e à serapilheira.	Moore (1980)
<i>Blastocladiomycota</i>	Fungos zoospóricos, com representantes aquáticos e terrestres.	Contribuem para o entendimento da transição evolutiva e ecológica em fungos.	James et al. (2006)
<i>Calcarisporiellomycota</i>	Filo com fungos saprotróficos de hifas septadas.	Relaciona-se à diversidade de decompositores ainda pouco conhecidos.	Tedersoo et al. (2018)
<i>Chytridiomycota</i>	Fungos zoospóricos, comuns em ambientes aquáticos e solos úmidos.	Atuam como decompositores e parasitas, ampliando a diversidade funcional da funga.	Doweld (2001)
<i>Entomophthoromycota</i>	Inclui fungos frequentemente associados a insetos e outros artrópodes.	Relevante para estudos ecológicos e de controle biológico.	Humber (2012)
<i>Entorrhizomycota</i>	Grupo de fungos associados principalmente a raízes.	Mostra a diversidade de interações fungo-planta.	Bauer et al. (2015)
<i>Glomeromycota</i>	Fungos micorrízicos arbusculares, associados a raízes de plantas.	Essenciais para nutrição vegetal e funcionamento de ecossistemas urbanos e agrícolas.	Schüßler (2001)
<i>Kickxellomycota</i>	Fungos associados a ambientes como solo, fezes e insetos.	Contribuem para a decomposição e para interações com invertebrados.	Tedersoo et al. (2018)
<i>Monoblepharomycota</i>	Fungos zoospóricos com representantes aquáticos e terrestres.	Importantes para compreender a diversidade fúngica em ambientes úmidos.	Doweld (2001)
<i>Mortierellomycota</i>	Inclui fungos comuns em solos, frequentemente saprotróficos.	Participam da decomposição e da dinâmica microbiana do solo.	Tedersoo et al. (2018)
<i>Mucoromycota</i>	Inclui fungos filamentosos de crescimento rápido, muitos sapróbios.	Relevante para estudos de solo, matéria orgânica e cultivo laboratorial.	Doweld (2001)
<i>Neocallimastigomycota</i>	Fungos anaeróbios, comuns em sistemas digestivos de herbívoros.	Demonstram a diversidade metabólica do reino <i>Fungi</i> .	James et al. (2006)
<i>Olpidiomycota</i>	Fungos parasitas de plantas, algas e outros organismos.	Importantes para estudos de interações ecológicas e fitopatologia.	Doweld (2013)
<i>Rozellomycota</i>	Linhagens basais, muitas vezes parasíticas e com biologia singular.	Relevantes para debates sobre a origem e limites do reino <i>Fungi</i> .	Karpov et al. (2013)
<i>Sanchytriomycota</i>	Filo recentemente reconhecido entre linhagens zoospóricas.	Evidencia o impacto da filogenia molecular na revisão da classificação fúngica.	Galindo et al. (2021)
<i>Zoopagomycota</i>	Inclui fungos associados a animais microscópicos, insetos e outros organismos.	Importantes para cadeias tróficas e interações parasíticas.	Spatafora et al. (2016)

Fonte: Adaptado de Wijayawardene et al. (2024).

A atualização da classificação de Fungi demonstra que a diversidade do grupo é maior e mais complexa do que as divisões tradicionalmente ensinadas em cursos introdutórios. Para este trabalho, o ponto central não é detalhar todos os filos, mas reconhecer que a funga urbana observável representa apenas uma fração da diversidade fúngica existente. Macrofungos são importantes por serem visíveis, fotografáveis e adequados a ações de educação científica, mas muitos fungos permanecem microscópicos, edáficos, endofíticos ou dependentes de métodos moleculares para detecção.

Essa distinção é importante para interpretar os resultados do trabalho. A ausência de registros de determinados grupos no Parque Ecológico não significa ausência real desses organismos, mas limitação das estratégias de amostragem utilizadas. Assim, a coleta de macrofungos, o cultivo em laboratório e os registros de ciência cidadã devem ser entendidos como portas de entrada para o estudo da funga local, e não como inventário completo da diversidade fúngica do município.

Wijayawardene (2024) traz em mais detalhes a filogenia, desses fungos, e suas relações com linhagens ancestrais. As linhagens basais de *Holomycota* são representadas por nuclearídeos fagotróficos (*Cristidiscoidea*), rozelídeos e *Microsporidia* (coletivamente denominados *Cryptomycota* ou *Rozellomycota*) e aphelídeos, se ramificam sucessivamente a partir da linhagem ancestral dos “fungos verdadeiros”. A inclusão desses grupos, apresentam debates por micologistas devido ao tipo de nutrição oposta a osmotrofia característico dos fungos. Seus representantes são os gêneros *Aphelidium* (Zopf) Gromov e três outros gêneros relacionados: *Amoeboaphelidium* Scherff., *Paraphelidium* Karpov et al. e *Pseudaphelidium* Schweikert & Schnepf são organismos intracelulares e parasitóides de algas. Os rozelídeos, por sua vez, apresentam uma ampla diversidade de hospedeiros. *Chytridiomycota* é o grupo chave para entender o processo evolutivo dos fungos verdadeiros sendo o ramo mais antigo, seguida dos *Blastocladiomycota* juntamente com o novo filo *Sanchytriomycota* e compreendem as linhagens zoospóricas de fungos juntamente com *Olpidiomycota*, que corresponde a linhagem que se separou e conquistou ambientes terrestres. Os *Ascomycota* correspondem a três subfilos: *Pezizomycotina*, *Saccharomycotina* e *Taphrinomycotina* e 24 classes presentes em ambientes terrestres e aquáticos, nos mais diversos táxons multicelulares, liquenizados e não liquenizados ou leveduras que possuem estados sexuais que não estão encerrados em corpos de frutificação. *Basidiobolomycota* agrupa o subfilo *Basidiobolomycotina*. *Basidiomycota* apresenta quatro subfilos: *Agaricomycotina* (formadores de cogumelos e leveduras), *Pucciniomycotina* (leveduras), *Ustilaginomycotina* (fitoparasitas e leveduras) e *Wallemiomycotina*. Podem se reproduzir sexuadamente por meio

de basídios ou assexuadamente. *Blastocladiomycota* contém o subfilo *Blastocladiomycotina* que não são zoospóricos e agrupa duas classes, *Blastocladiomycetes* e *Physodermatomycetes*, com menos de 200 espécies descritas, que vivem em ambientes aquáticos e terrestres como saprófitos ou parasitas de grupos de algas. *Calcarisporiellomycota* compõem os gêneros *Calcarisporiella* e *Echinochlamydosporium*. São saprotróficos e em sua estrutura vegetativa apresenta talo ramificado com hifas septadas com esporos uninucleados, ovóides a elipsóides. Sinônimo de *Caulochytriomycota*, os *Chytridiomycota* compõem um subfilo e dez classes encontrados em habitats aquáticos e terrestres, principalmente como saprófitos, com parasitas facultativos e obrigatórios de algas. *Entomophthoromycota* contém subfilo *Entomophthoromycotina* e três classes: *Basidiobolomycetes*, *Entomophthoromycetes* e *Neozygitomycetes*. Geralmente são parasitas de grupos de algas e saprófitos. A classe *Basidiobolomycetes* contém núcleos grandes com células uninucleadas, enquanto *Neozygitomycetes* possui núcleos com cromossomos vermiformes de tamanho moderado, com corpos hifais em forma de bastonete contendo de 3 a 5 núcleos. A classe *Entomophthoromycetes* não possui células uniformemente uninucleadas ou número uniforme de núcleos, mas consiste em micélio cenocítico ou hifas em formatos variáveis. O táxon *Entorrhizomycota*, apresenta uma única classe os *Entorrhizomycetes* que infectam raízes e possuem hifas espiraladas com septos regulares. O grupo *Glomeromycota* é caracterizado por suas simbioses micorrízicas arbusculares e por associações com cianobactérias do gênero *Geosiphon pyriforme*. Kickxellomycota representados pelas classes: *Asellariomycetes*, *Barbatosporomycetes*, *Dimargaritomycetes*, *Harpellomycetes*, *Kickxellomycetes* e *Ramicandelaberomycetes* são em sua maioria parasitas de insetos, coprófilos e/ou compõem a microbiota do solo. *Monoblepharomycota* está incluído no subreino *Chytridiomycota*, subfilo *Monoblepharomycotina* e em duas classes: *Monoblepharidomycetes* e *Hyaloraphidiomycetes*, sendo o último presente em ambientes aquáticos e terrestres como saprófitos. *Mortierellomycota* apresenta um filo do subreino *Mucoromycota*. *Mucoromycota* um subfilo, *Mucoromycotina*. *Neocallimastigomycota* conta somente o subfilo *Neocallimastigomycotina*. Os *Olpidiomycota* possuem uma classe, uma ordem, uma família e quatro gêneros em *Olpidiomycota*. Esse grupo tem distribuição cosmopolita como parasitas de plantas cruciais para a economia, algas e rotíferos. *Sanchytriomycota* possui dois gêneros: *Sanchytrium* e *Amoeboradix*, representado por uma classe, ordem, família e dois gêneros. Por fim, os Zoopagomycota contemplam dois filios: *Entomophthoromycotina* e *Kickxellomycotina* e um subfilo *Zoopagomycotina*.

3.2 Características morfológicas e fisiológicas relevantes para o estudo

Whittaker (1959) foi um dos primeiros a propor a classificação dos fungos em um reino - *Fungi*, exclusivo para organismos eucarióticos, integrando assim o domínio *Eukarya*, com modo de nutrição por absorção, o que os permitem viver como sapróbios, parasitas e/ou simbioses (Santos, 2020). Entre outras características gerais, os fungos são organismos heterotróficos unicelulares ou pluricelulares, com filamentos alongados e microscópicos, as hifas, que constituem o micélio (Santos, 2020). Na fase reprodutiva, os micélios formam estruturas assexuadas e/ou sexuadas responsáveis pela produção de esporos, sendo esses os principais responsáveis pela ampla distribuição das espécies, capazes de se adaptar e sobreviver aos mais variados habitats sejam aquáticos e terrestres, dos trópicos às áreas árticas e antárticas de forma microscópicas e/ou macroscópicas como mofos, bolores, boletos, orelhas-de-pau, dedos-do-diabo, estrelas-da-terra, ninhos de passarinho, cogumelos, etc (Maia e Junior, 2010).

As hifas são tubos com parede celular e citoplasma que podem ser cenocíticas ou septadas (Monocariótica ou Multicariótica) (Santos, 2020). As hifas permitem a adesão ao substrato (rizóide) e em fungos parasitas é comum apressórios e haustórios, que fixam o fungo ao hospedeiro absorvendo os nutrientes do interior desse fornecedor (Santos, 2020). Os septos das hifas podem ser simples ou complexos (fibula, grampo de conexão ou ansa), assim como os poros presentes (doliporo-parentossomo) (Santos, 2020).

A parede celular apresenta uma matriz externa mucilaginosa, formada por um polissacarídeo solúvel (Santos, 2015). As espécies de fungos verdadeiros apresentam uma parede formada por uma matriz de fibras de quitina, porém em *Aphelidiomycota*, durante a fase de zoósporos não possuem parede. Enquanto, *Rozellomycota* possui quitina na parede dos cistos e esporos, enquanto as fases vegetativas frequentemente não apresentam parede celular.

Os fungos utilizam compostos orgânicos como fonte de carbono, liberando exoenzimas para fora das hifas, onde processam os nutrientes no ambiente, em seguida, as moléculas menores produzidas por essa digestão externa são absorvidas pela grande área superficial do micélio, utilizando o glicogênio, principal substância de reserva energética que assim como o amido, é um polissacarídeo formado por unidades de glicose (Moraes et al., 2009). O amido, por sua vez, é composto por amilose, uma cadeia linear pouco ramificada, e outra de amilopectina, altamente ramificada. No caso do glicogênio apresenta ainda mais ramificações que a amilopectina (Moraes et al., 2009).

A reprodução assexuada dos fungos é crucial, pois são produzidos em grande número e resistentes às condições ambientais diversas podendo ser ativa ou passivamente liberados e dispersos por diversos meios (Santos, 2020). Esse processo envolve apenas a mitose e podem ser do tipo somática, com a sequência de gemação ou brotamento, fissão do núcleo seguida pela separação de células filhas e fragmentação de hifas; ou do tipo esporádica em que ocorre a produção de mitósporos podem ser móveis formando zoósporos, muito presente em parasitas de plantas e animais e são dependentes de ambiente aquático; ou imóveis do tipo aplanósporos, comum em ambiente terrestre (Santos, 2020). A reprodução sexuada por sua vez ocorre por meiose, plasmogamia ou cariogamia e permitem maior variabilidade genética. Esse processo pode ocorrer tanto pelo encontro de gametas idênticos no tamanho e na forma (isogamia) quanto por heterogamia, em que os dois gametas são morfologicamente diferentes e formam os meiospórios (Santos, 2020). Os Gametângios femininos e masculinos podem ocorrer em indivíduos distintos (heterotálicos) ou em único indivíduo. Quando os dois sexos estão presentes no mesmo indivíduo, os gametas masculinos e femininos podem ser compatíveis (homotálicos) ou não (heterotálicos), sendo atribuídos os sinais (+) e (-) para indivíduos sexualmente compatíveis (Santos, 2020).

De acordo com tipo de reprodução realizada, os fungos podem ser divididos em três grupos: Holomorfo: aquele que no ciclo de vida realiza ambas as reproduções, sexuada e assexuada. Anamorfo: aquele que no ciclo de vida realiza apenas a reprodução assexuada ou sexuada; Teleomorfo: aquele que no ciclo de vida realiza apenas a reprodução sexuada (Moraes, 2009).

O processo de encontro dos gametas (fusão) é distinguido morfológicamente em cinco processos ou tipos de reprodução sexuada: a) Conjugação ou copulação de planogametas: fusão de gametas móveis. b) Espermatização: o gameta ‘feminino’, que pode ser uma hifa receptiva, permanece fixo ao talo enquanto o ‘masculino’ (aplanósporo) desprende-se do micélio aderindo ao ‘feminino’. c) Somatogamia: hifas somáticas pouco ou não diferenciadas entram em contato, e ocorre a fusão e a transferência de núcleos. d) Contato de gametângios: hifas diferenciadas (gametângios) entram em contato e ocorre a transferência de núcleos. e) Conjugação ou copulação de gametângios: fusão de hifas diferenciadas (gametângios) e, conseqüentemente, dos núcleos (Santos, 2020).

3.3 Funções ecológicas, substratos e contribuições dos fungos

Os fungos são organismos quimioheterotróficos capazes de metabolizar compostos orgânicos e inorgânicos na presença ou ausência de oxigênio, característica que os torna fundamentais para os ciclos biogeoquímicos e de grande interesse para aplicações industriais. Sua nutrição por osmotrofia permite que os nutrientes sejam processados extracelularmente por meio da secreção de enzimas, promovendo a decomposição da matéria orgânica, a mineralização e a solubilização de elementos que não seriam facilmente disponibilizados por outros organismos. Além disso, por meio de associações micorrízicas, os fungos contribuem significativamente para a dinâmica e disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas (Monteiro, Sarmiento e Sotão, 2019; Oliveira et al., 2019). As associações simbióticas entre fungos e raízes de plantas, conhecidas como micorrizas, estabelecem uma relação mutuamente benéfica, na qual os fungos favorecem a absorção e o transporte de nutrientes, como fósforo, zinco, manganês e cobre, enquanto recebem carboidratos produzidos pela planta hospedeira (Souza et al., 2006).

De maneira semelhante, os fungos também podem se associar a algas ou cianobactérias, formando os líquens. Nessa interação, o fungo fornece suporte estrutural, proteção e retenção de umidade, enquanto o parceiro fotossintetizante disponibiliza compostos orgânicos resultantes da fotossíntese. Devido à sua sensibilidade às alterações ambientais, os líquens são amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental e do grau de perturbação dos ecossistemas (Menezes et al., 2011). Além de sua importância ecológica, leveduras e fungos filamentosos possuem ampla aplicação biotecnológica, contribuindo para diversos setores industriais e gerando grande retorno econômico, advindo principalmente de processos fermentativos destinados à produção de bebidas alcoólicas, álcool etílico, etanol combustível, laticínios, ácidos orgânicos e fármacos. Ademais, participam da obtenção de compostos utilizados na formulação de produtos agrícolas e medicinais, incluindo antifúngicos entre outros (Soares, 2010; Abreu, 2015).

3.4 Áreas verdes urbanas e funga urbana

Diante das diversas interações ecológicas e os produtos gerados pelos fungos, torna-se necessário observar a aceleração dos distúrbios ambientais decorrentes da tensão insustentável nos ecossistemas e na manutenção da biodiversidade urbana, tendo em vista o exorbitante crescimento demográfico, que prejudica significativamente a capacidade do meio ambiente de

se restaurar, refletindo diretamente na qualidade de vida nesses locais (Ministério do Meio Ambiente, 2011).

Segundo a revisão sistemática de Nguyen et al. (2021) o vínculo humano-natureza com as áreas verdes urbanas (AVU) é fundamental, corroborando na melhoria da saúde, como condições respiratórias alérgicas, cardiovasculares e bem-estar psicológico, pois ao mesmo tempo que as árvores fornecem sombra, elas são capazes de interceptar poluentes transportados pelo ar e amortecer o ruído do tráfego automobilístico, aliviando o estresse oxidativo e reduzindo os riscos de doenças ateroscleróticas. Além disso, essas zonas oferecem lazer e bem estar a população, influenciando diretamente na conservação do meio ambiente, visto que, as pessoas tendem a manter esses espaços agradáveis para usufruir deles, conservando a biodiversidade local (Miguez et al., 2025).

Em Araras, o Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rügger Ometto, é uma notável AVU constando com cobertura vegetal, espelhos e quedas d'água, trilhas, ciclovias, áreas de pesca, entre outras atrações (Cavalcante et al., 2013). Garantindo à população, espaço de lazer e organização de eventos que promovem a cultura local (Prefeitura Municipal de Araras, 2025).

3.5 Bibliometria, coleções e ciência cidadã como abordagens complementares

O estudo da funga urbana exige a combinação de estratégias distintas. A bibliometria permite reconhecer o que já foi produzido sobre fungos em determinado recorte geográfico, quais temas predominam e quais lacunas permanecem abertas. Essa abordagem é especialmente útil em estudos regionais, pois organiza a produção dispersa em repositórios, artigos e trabalhos acadêmicos, permitindo identificar se o conhecimento disponível está concentrado em aplicações agrícolas, biotecnológicas, ecológicas ou taxonômicas.

As coleções biológicas, por sua vez, transformam observações pontuais em material rastreável. A preservação de isolados, fotografias, informações de substrato e dados de campo possibilita que os exemplares sejam revisitados, comparados e utilizados em estudos futuros. No caso de fungos, essa rastreabilidade é particularmente importante, pois corpos de frutificação podem ser efêmeros e a identificação morfológica pode depender de caracteres que se perdem rapidamente após a coleta (Větrovský et al., 2020; Thiers et al., 2018).

A ciência cidadã complementa essas abordagens ao ampliar a capacidade de observação no espaço e no tempo. Plataformas como o iNaturalist permitem que visitantes, estudantes e moradores registrem organismos que poderiam passar despercebidos por uma

equipe pequena de pesquisa. No entanto, esses registros exigem curadoria, pois a identificação por fotografias pode ser limitada por qualidade da imagem, ausência de caracteres microscópicos, erros de geolocalização e diferentes níveis de experiência dos participantes (Prylutskyi, 2024; Haelewaters et al., 2024). Por isso, neste TCC, a ciência cidadã é tratada como fonte complementar de dados, articulada ao levantamento bibliográfico e à caracterização laboratorial.

No caso específico dos fungos, a articulação entre bases bibliográficas, coleções e ciência cidadã tem sido cada vez mais valorizada porque nenhuma dessas fontes, isoladamente, descreve toda a diversidade existente. Bases globais de ocorrência, coleções de macrofungos e plataformas participativas ampliam a escala de registro, mas também exigem curadoria taxonômica e interpretação crítica dos vieses de amostragem.

CAPÍTULO 1

LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO SOBRE FUNGOS EM ARARAS-SP E MUNICÍPIOS DO ENTORNO

4.1 INTRODUÇÃO

Entre os três componentes da bibliometria atualmente designados por Glänzel (2003, p. 9-10) a “Bibliometria para disciplinas científicas” utilizada nesse estudo fornece métricas quantitativas. Isso permite o mapeamento e a avaliação da produção científica, organizadas a partir de fontes bibliográficas para identificar os pesquisadores, as relações de colaboração entre eles e às suas tendências de pesquisa (Galdino, 2022).

Mediante isso, o desenvolvimento de uma revisão bibliográfica é composto por uma série de etapas que se iniciam com a identificação do objeto de estudo, seguida da localização das fontes de informação, a obtenção do material e sua leitura, por fim, realiza-se o fichamento da documentação (Garcia, 2018). Essas etapas possibilitam compreender o funcionamento e as limitações das bases de informação, sendo essenciais para a seleção adequada das fontes, a correta interpretação dos resultados e a organização de indicadores relevantes para a revisão da literatura científica.

Com isso, a seleção da literatura fúngica de Araras e região foi baseado no processo de leitura de Gil (2008), que divide essa etapa em quatro fases: a Leitura Exploratória, que consiste em um primeiro contato com a obra, com foco no resumo e em partes de interesse do texto; a Leitura Seletiva, busca identificar os materiais efetivamente relevantes para a pesquisa; a Leitura Analítica, voltada à organização das informações responde o problema de pesquisa; e a Leitura Interpretativa, relaciona os conteúdos analisados ao contexto investigado. Permitindo assim, centralizar os enfoques abordados nos estudos já publicados

sobre fungos em Araras e região, além das espécies encontradas, os temas recorrentes, autores, instituições de pesquisa e tendências de estudos por palavras chaves. A partir disso, também é possível notar as lacunas de conhecimentos a serem explorados, buscando ampliar a área de pesquisa sobre essa temática através da discussão dos dados encontrados.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS (1 e 2)

Levantar e sistematizar publicações acadêmicas e científicas que tratem de fungos em Araras-SP e municípios do entorno, identificando origem do material biológico, grupos taxonômicos e tipo de estudo.

Analisar temas, palavras-chave e tendências da produção regional sobre fungos, destacando lacunas relacionadas à funga urbana e aos macrofungos em áreas verdes.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Delimitação geográfica e critérios de elegibilidade

Foram considerados estudos que apresentassem informações sobre fungos, leveduras ou outros organismos do reino *Fungi* relacionados ao município de Araras-SP e a municípios próximos que fossem ocasionalmente encontrados durante a busca. O recorte incluiu trabalhos com material biológico obtido em ambiente de campo, áreas agrícolas, áreas verdes, solos, rizosfera, substratos vegetais ou registros de ocorrência espontânea. Esse tipo de delimitação é necessário em revisões bibliográficas e bibliométricas porque torna explícitos o universo de busca, os critérios de elegibilidade e os limites de interpretação dos resultados (Snyder, 2019; Page et al., 2021).

4.3.2 Fontes consultadas e estratégia de busca

As buscas foram realizadas em repositórios institucionais e bases científicas, incluindo o Repositório Institucional da UFSCar, repositórios da UNESP e da FHO, Portal de Periódicos da CAPES, SciELO, Scopus, Web of Science, Dimensions e contatos diretos com docentes. A combinação de repositórios institucionais e bases indexadoras foi adotada porque estudos bibliométricos dependem fortemente da cobertura das fontes consultadas; bases internacionais tendem a recuperar artigos, enquanto repositórios institucionais são importantes

para localizar dissertações, teses e trabalhos de conclusão de curso, especialmente em recortes regionais (Zupic; Čater, 2015).

4.3.3 Triagem, extração e organização dos dados

Após a busca inicial, os trabalhos foram triados por leitura exploratória de título, resumo, objetivos e material e métodos. Os estudos elegíveis foram registrados em planilha, com extração de autor, orientador, título, ano, tipo de produção, fonte de publicação, termos de busca, origem do material biológico, táxons citados, objetivos, métodos, resultados e conclusões. A extração padronizada dessas informações permitiu reduzir a subjetividade da triagem e organizar uma base comparável entre diferentes tipos de produção acadêmica, seguindo recomendações gerais para revisões da literatura e análises bibliométricas (Donthu et al., 2021).

Para este estudo foram incluídos, apenas os textos que contribuíram com informações sobre espécies nativas ou exóticas que ocorrem espontaneamente principalmente em Araras e nos municípios limítrofes: Conchal, Cordeirópolis, Corumbataí, Engenheiro Coelho, Leme, Limeira, Mogi Guaçu, Rio Claro e Santa Gertrudes, que fossem encontrados durante a busca por Araras levando em consideração aspectos climáticos e de habitat semelhantes aos encontrados nas cidades que fazem divisa geográfica direta. Os estudos excluídos possuíam microrganismos de origem de ambientes controlados, como casas de vegetação e laboratórios ou nas diferentes regiões previamente mencionadas. Em que, será organizado em uma planilha resumindo a seleção dos estudos científicos elegíveis para a revisão.

O processo de seleção dos estudos foram realizados do período de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024 em repositórios institucionais com os descritores “Fungi AND Araras”, “Fungos E Araras” e “Fungos de Araras”, uma vez que os mecanismos de busca dos repositórios apresentam limitações comparadas às utilizadas em bases de dados científicas especializadas. Nesse contexto, foram catalogados teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalhos de conclusão de instituições com projetos de pesquisas relacionados a cidade de Araras, como a UFSCar (campus Araras) que possui relevante contribuição para a pesquisa científica regional, especialmente em estudos relacionados ao melhoramento genético da cana-de-açúcar, desenvolvidos por meio da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), além de pesquisas voltadas à mitigação de doenças fúngicas, à análise de microrganismos associados ao solo e ao bagaço da cana-de-açúcar, entre outras temáticas correlatas. Ademais, foram realizados contatos por e-mail com docentes da UFSCar a fim de obter trabalhos acadêmicos que eventualmente não

estivessem disponíveis nas bases de dados, considerando principalmente que o depósito dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) na universidade passou a ser obrigatório apenas ao final de 2022.

Além disso, também foram consultados os trabalhos disponibilizados pela Fundação Hermínio Ometto (FHO), assim como a Universidade Estadual Paulista (UNESP), duas instituições que desenvolvem pesquisas de interesse para o município de Araras.

A pesquisa também foi conduzida no Dimensions e no Portal de Periódicos da CAPES, que reúne bases de dados como Web of Science, SciELO e Scopus, entre outras, utilizando os termos booleanos “Fungi AND Araras”, “Fungi AND Araras city” e “Fungi AND São Paulo”. Complementarmente, foram pesquisados livros, artigos científicos, relatórios técnicos e análises da microbiota, entre outras fontes relevantes para a pesquisa

Como o objetivo do capítulo não foi realizar uma revisão sistemática exaustiva de toda a literatura micológica brasileira, mas mapear a produção regional relacionada a Araras e entorno, os resultados foram interpretados como um levantamento bibliométrico exploratório. Isso significa que as frequências de autores, fontes, tipos de estudo e palavras-chave foram usadas para indicar tendências e lacunas, sem pretensão de representar a totalidade da produção nacional sobre fungos (Zupic; Čater, 2015; Donthu et al., 2021).

Por fim, os textos selecionados foram inseridos em planilha e ordenados da seguinte maneira:

Autor(es);

Orientador(es) do trabalho;

Título;

Ano de publicação;

Espécies citadas;

Os termos booleanos utilizados;

Origem do material coletado;

Objetivos;

Métodos;

Resultados;

Conclusões;

Biblioteca científica eletrônica utilizada para a busca;

Revista ou repositório de publicação;

Referência completa de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

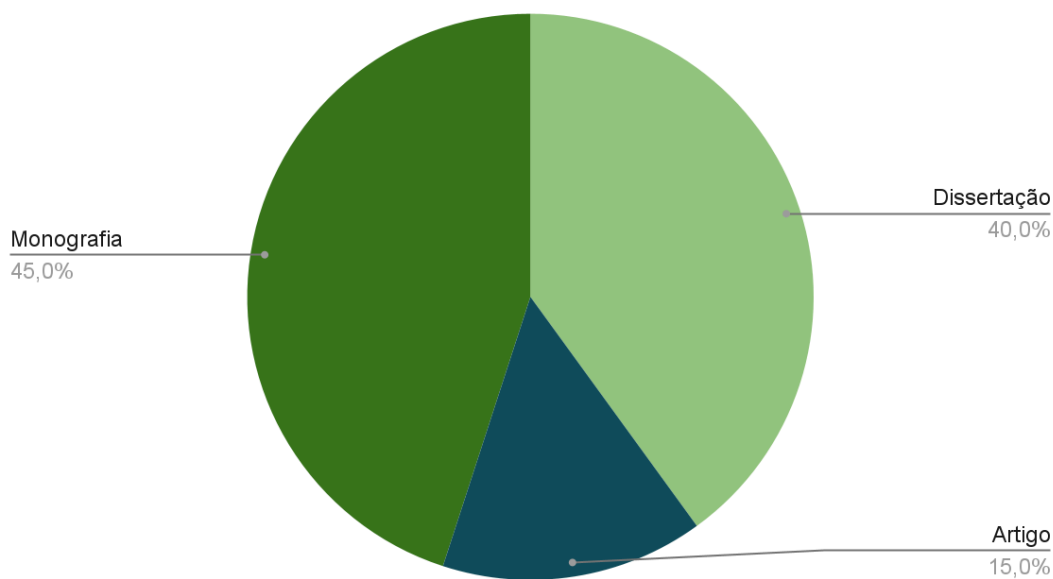
O Repositório Institucional (RI) da UFSCar (18 trabalhos) foi o que mais apresentou resultados em comparação com o repositório da UNESP (3 trabalhos) e com o retorno via email dos professores da UFSCar (1 trabalho). Enquanto a Fundação Hermínio Ometto (FHO) não contribuiu com nenhum estudo que seguisse os critérios de inclusão. O Portal de Periódicos da CAPES, retornou com 1 trabalho direcionado ao RI da UNESP e 1 artigo de uma revista. A ferramenta de indexação Dimensions, retornou com trabalhos majoritariamente abrangentes e que não possuíam relação com a temática deste projeto.

Essa concentração de resultados no repositório institucional deve ser discutida como uma característica do recorte metodológico e do próprio ecossistema acadêmico local. Em estudos bibliométricos, a fonte de busca influencia diretamente o perfil do corpus analisado: bases internacionais favorecem artigos indexados, enquanto repositórios institucionais tornam visível a chamada literatura acadêmica local, como TCCs, dissertações e teses. Portanto, a predominância da UFSCar não deve ser lida apenas como superioridade quantitativa, mas também como efeito da disponibilidade documental e da presença de programas de graduação e pós-graduação que produzem conhecimento aplicado à região (Snyder, 2019).

Com isso, seguindo os padrões de inclusão, foram selecionados 21 trabalhos que retratam a diversidade micológica nas cidades previamente mencionadas (Quadro 2). Sendo a maioria dos arquivos trabalhos de conclusão de curso, representando 45% do total (9); seguido de 40% (8) de dissertações de mestrado e 15% (3) de artigos publicados (Figura 1), contemplando em especial técnicas de controle biológico utilizando diferentes espécies de fungos.

A predominância de monografias e dissertações é relevante porque demonstra que parte expressiva do conhecimento regional ainda circula em formatos acadêmicos menos visíveis do que artigos científicos. Esse resultado reforça a utilidade de incluir repositórios institucionais no levantamento, pois a exclusão desses documentos poderia produzir uma leitura distorcida da produção local. Ao mesmo tempo, a baixa proporção de artigos indica que os dados regionais sobre fungos ainda têm espaço para consolidação, síntese e publicação em periódicos especializados.

Figura 1 - Porcentagem de monografia, dissertação e artigo incluído na revisão bibliométrica.



Fonte: Autoria própria.

A seleção dos textos, seguiram o método de leitura de Gil (2008), iniciado pela revisão dos resumos e objetivos. Ao apresentar algum fungo e/ou cidade de interesse, foi realizada a análise do material e métodos utilizados, os resultados da obra e as conclusões. Por fim, os estudos foram anexados no Drive do Google e organizados em planilha (Google Planilha).

Para análise dos dados e discussão, o Quadro 2 organiza as pesquisas separadas por autor, título do trabalho, ano de publicação, a(s) espécie(s) citada(s) no estudo, os termos booleanos utilizados, a origem do material biológico coletado, o tipo de estudo, a(s) fonte(s) encontradas, a palavra chave e as referências de acordo com as normas da ABNT.

Quadro 2 - Organização das pesquisas encontradas separadas por autor, título do trabalho, ano de publicação, a(s) espécie(s) citadas, os termos booleanos utilizado, a origem do material biológico coletado, o tipo de estudo, a(s) fonte(s) encontradas, o tema e as referências de acordo com as normas da ABNT.

Autores	Título	Ano	Espécie	Termos booleanos	Origem do material biológico	Tipo de estudo	Fonte de publicação	Tema	Referência (ABNT)
Karina Capelato	Análise biogeográfica de líquens como indicadores da poluição do ar da cidade de Araras-SP	2007	Não lista os indivíduos	<i>Fungi</i> And Araras	Avenidas da cidade	Dissertação de mestrado	SciELO/Repositório Institucional UNESP	BIOINDICADOR	Capelato, Karina. Análise biogeográfica de líquens como indicadores da poluição do ar da cidade de Araras - SP. 2007. 101 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007.
Andreza Bonetto Zunkell	Óleos essenciais de tangerinas para manejo de podridão floral dos (<i>Colletotrichum abscissum</i>)	2024	<i>Colletotrichum abscissum</i>	Fungos E Araras	Centro de Citricultura Sylvio Moreira do Instituto Agrônomo (IAC)	Dissertação de mestrado	Repositório Institucional UFSCar	CONTROLE BIOLÓGICO	Zunkeller, Andreza Bonetto. Óleos essenciais de tangerinas para manejo de podridão floral dos citros (<i>Colletotrichum abscissum</i>). 2024. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/21104 .
Ariane Silva Bosqueiro	Leveduras como agentes de controle de <i>Alternaria Alternata</i> em tomates no pós-colheita: mecanismos, resistência, estresse e formulação.	2019	<i>Torulaspora globosa</i> e <i>Trichosporon asahii</i>	Fungos E Araras	Obtidos da rizosfera do milho e da cana-de-açúcar, no CCA	Dissertação de mestrado	Repositório Institucional UFSCar	CONTROLE BIOLÓGICO	Bosqueiro, Ariane Silva. Leveduras como agentes de controle de <i>Alternaria alternata</i> em tomates no pós-colheita: mecanismos, resistência a estresses e formulação. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/11419 .
Ariane Silva Bosqueiro	Potential of <i>Trichosporon asahii</i> against <i>Alternaria sp.</i> and mechanisms of action	2019	<i>Trichosporon asahii</i> e <i>Alternaria sp.</i>	Fungos E Araras	Rizosfera do milho do CCA	Artigo	SCIELO/Summa Phytopathologica/Repositório Institucional UNESP	CONTROLE BIOLÓGICO	Bosqueiro, A.S.B.; Bizarria Júnior, R.; Rosa-Magri, M.M. Potential of <i>Trichosporon asahii</i> against <i>Alternaria sp.</i> and mechanisms of action. Summa Phytopathologica, v.46, n.1, p.20-25, 2020.
Caroline Dorta	Avaliação das leveduras <i>Torulaspora globosa</i> e <i>Trichosporon asahii</i> no controle da podridão negra em frutos de tomate.	2020	<i>Torulaspora globosa</i> e <i>Trichosporon asahii</i>	Fungos E Araras	Rizosfera de cana-de-açúcar, cultivada no CCA	Monografia	Repositório Institucional UFSCar	CONTROLE BIOLÓGICO	Dorta, Caroline. Avaliação das leveduras <i>Torulaspora globosa</i> e <i>Trichosporon asahii</i> no controle da podridão negra em frutos de tomate. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/13651 .
E.A.R. Silva, Antonio Batista Filho, I.M Wenzel., Edson Luiz Furtado e J.E.M. Almeida	Seleção de isolados de fungos entomopatogênicos para o controle de <i>Leptopharsa heveae</i> (Hemiptera: Heteroptera, Tingidae)	2012	<i>Beauveria bassiana</i>	Fungos E Araras	Hospedeiro Diatrea saccharalis, Araras-SP	Artigo	Repositório Institucional UNESP	CONTROLE BIOLÓGICO	Arquivos do Instituto Biológico. Instituto Biológico, v. 79, n. 4, p. 549-556, 2012.
Giovana Cabello De Moraes	Uma nova raça fisiológica de <i>Puccinia kuehnii</i> virulenta a	2024	<i>Puccinia kuehnii</i>	Fungos E Araras	CCA e São Paulo	Monografia	Repositório Institucional UFSCar	CONTROLE BIOLÓGICO	Morais, Giovana Cabello de. Uma nova raça fisiológica de <i>Puccinia kuehnii</i> virulenta a variedade RB966928. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de São

Autores	Título	Ano	Espécie	Termos booleanos	Origem do material biológico	Tipo de estudo	Fonte de publicação	Tema	Referência (ABNT)
	variedade RB966928								Carlos, Araras, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/19421 .
Juliana Uzan	Podridão do abacaxi da cana-de-açúcar: reação de variedades, controle químico e diversidade patogênica.	2019	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	Fungos E Araras	Amostras da cana-de-açúcar cultivada no CCA	Dissertação de mestrado	Repositório Institucional UFScar	CONTROLE BIOLÓGICO	Uzan, Juliana. Podridão abacaxi da cana-de-açúcar: reação de variedades, controle químico e diversidade patogênica. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/11721 .
Luana Carolina de Franco Petrônio	Óleo essencial de limão para controle de <i>Alternaria alternata</i> (Fr:Fr.) Keissler f. sp. citri	2024	<i>Alternaria alternata</i>	Fungos E Araras	Obtido de lesões típicas da doença em frutos de tangor Murcott, no Centro de Citricultura Sylvio Moreira do Instituto Agrônômico (IAC) em Cordeirópolis-S P	Monografia	Repositório Institucional UFScar	CONTROLE BIOLÓGICO	Petrônio, Luana Carolina de Franco. Óleo essencial de limão para controle de <i>Alternaria alternata</i> (Fr:Fr.) Keissler f. sp. citri. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: https://repositorio
Lucas Porphirio de Almeida	Impacto do tamanho de parcelas na resposta de genótipos de cana-de-açúcar às ferrugens marrom e alaranjada em experimentos de campo	2022	<i>Puccinia kuehnii</i> e <i>Puccinia melanocephala</i>	Fungos E Araras	ferrugem alaranjada e marrom da cana-de-açúcar	Monografia	Repositório Institucional UFScar	CONTROLE BIOLÓGICO	Almeida, Lucas Porphirio de. Impacto do tamanho de parcelas na resposta de genótipos de cana-de-açúcar às ferrugens marrom e alaranjada em experimentos de campo. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/16261 .
Fernanda Ticianelli de Castro	Tratamentos biológicos na produção de mudas e produtividade de pimentão (<i>Capsicum annuum</i> L.)	2024	<i>Trichoderma asperellu</i> e <i>Trichoderma harzianum</i>	Fungos E	Obtidos do bambu e arroz cozido cultivados no CCA.	Monografia	Repositório Institucional UFScar	INDUTORES DE CRESCIMENTOS VEGETAL	Castro, Fernanda Ticianelli de. Tratamentos biológicos na produção de mudas e produtividade de pimentão (<i>Capsicum annuum</i> L.). 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/21160 .
Gabrielle Alves Bezerra	Isolamento e seleção de microrganismos de cana-de-açúcar com potencial de promoção de crescimento vegetal	2021	<i>Trichoderma</i> sp. e Não lista todos os indivíduos	Fungos E Araras	Bagaço da cana-de-açúcar, cultivada no CCA	Dissertação de mestrado	Repositório Institucional UFScar	INDUTORES DE CRESCIMENTOS VEGETAL	Bezerra, Gabrielle Alves. Isolamento e seleção de microrganismos de cana-de-açúcar com potencial de promoção de crescimento vegetal. 2021. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/15091 .
Rafaela Leticia Brito Bispo	Isolamento e seleção de leveduras promotoras de crescimento vegetal de solo sob cultivo de milho orgânico	2022	<i>Aureobasidium melanogen</i> , <i>Torulaspora delbruecki</i> , <i>Candida pseudointermedi</i> , <i>Torulaspora globosa</i> , <i>Cryptococcus laurentii</i> e <i>Trichosporon asahii</i>	Fungos E Araras	Amostras de solo e raízes de plantas de cana-de-açúcar coletadas da área de cultivo do CCA	Dissertação de mestrado	Repositório Institucional UFScar	INDUTORES DE CRESCIMENTOS VEGETAL	Bispo, Rafaela Leticia Brito. Isolamento e seleção de leveduras promotoras de crescimento vegetal de solo sob cultivo de milho orgânico. 2022. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/17043 .

Autores	Título	Ano	Espécie	Termos booleanos	Origem do material biológico	Tipo de estudo	Fonte de publicação	Tema	Referência (ABNT)
Renata Kühl Rocha	Solubilização <i>in vitro</i> de fosfato por <i>Torulaspora globosa</i>	2017	<i>Torulaspora globosa</i> e Não lista todos os indivíduos	Fungos E Araras	Isoladas do milho e da cana-de-açúcar do CCA.	Dissertação de mestrado	Repositório Institucional UFSCar	INDUTORES DE CRESCIMENTOS VEGETAL	Rocha, Renata Kühl. Solubilização in vitro de fosfato por <i>Torulaspora globosa</i> . 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/9149 .
Daiane Zorel	Atributos químicos e microbiológicos de solo cultivado com cana-de-açúcar sob manejo convencional e orgânico	2011	Não lista os indivíduos	Fungos E Araras	Área experimental do CCA de cana orgânica	Dissertação de mestrado	Repositório Institucional UFSCar	MICROBIOLOGIA DO SOLO	Zorel, Daiane. Chemical and microbiological attributes of soil cultivated with sugar cane under conventional and organic managements. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2011.
Felipe Gomes De Souza	Reação de genótipos de cana-de-açúcar à ferrugem alaranjada nos ciclos de cana-planta e cana-soca.	2021	<i>Puccinia kuehnii</i>	Fungos E Araras	CCA	Monografia	Repositório Institucional UFSCar	RESISTÊNCIA	Souza, Felipe Gomes de. Reação de genótipos de cana-de-açúcar à ferrugem alaranjada nos ciclos de cana-planta e de cana-soca. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/14644 .
Gleicy Kelly Oliveira, Fernanda Zatti Barreto, Thiago Willian Almeida Balsalobre, Roberto Giacomini Chapola, Hermann Paulo Hoffmann, Monalisa Sampaio Carneiro	Avaliação molecular e triagem fenotípica de ferrugem marrom e laranja em germoplasma de <i>Saccharum</i>	2024	Não lista os indivíduos	-	CCA	Artigo	E-mail	RESISTÊNCIA	Oliveira GK, Barreto FZ, Balsalobre TWA, Chapola RG, Hoffmann HP, Carneiro MS (2024) Molecular evaluation and phenotypic screening of brown and orange rust in <i>Saccharum</i> germplasm. PLoS ONE 19(7): e0307935. doi:10.1371/journal.pone.0307935
Júlio Cesar Sammarco Ronquim	Qualidade físico-química e tolerância à <i>Phyllosticta citricarpa</i> , <i>Elsinoe fawcettii</i> e “ <i>Candidatus liberibacter spp.</i> ” em genótipos de limão (<i>Citrus limon</i>)	2022	<i>Elsinoe fawcettii</i>	Fungos E Araras	Coleção de Trabalho de Citros do Centro de Citricultura ‘Sylvio Moreira	Monografia	Repositório Institucional UFSCar	RESISTÊNCIA	Ronquim, J, Júlio Cesar Sammarco. Qualidade físico-química e tolerância à <i>Phyllosticta citricarpa</i> , <i>Elsinoe fawcettii</i> e “ <i>Candidatus Liberibacter spp.</i> ” em genótipos de limão (<i>Citrus limon</i>). 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/16175 .
Wéllima Timóteo De Lima	Método para classificação da reação de genótipos de às ferrugens marrom e alaranjada	2021	<i>Puccinia kuehni</i> e <i>Puccinia melanocephala</i>	Fungos E Araras	CCA	Monografia	Repositório Institucional UFSCar	RESISTÊNCIA	Lima, Wéllima Timóteo de. Método para classificação da reação de genótipos de cana-de-açúcar às ferrugens marrom e alaranjada. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/14657 .
Gabriel Scanavachi de Jesus	Bioprospecção de fungos filamentosos e leveduras para a produção de enzimas visando	2023	Não lista os indivíduos	Fungos E Araras	Bagaço da cana do campus Araras	Monografia	Repositório Institucional UFSCar	SUBPRODUTOS	Jesus, Gabriel Scanavachi de. Bioprospecção de fungos filamentosos e leveduras para a produção de enzimas visando obtenção de etanol de segunda geração. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, Araras,

Autores	Título	Ano	Espécie	Termos booleanos	Origem do material biológico	Tipo de estudo	Fonte de publicação	Tema	Referência (ABNT)
	obtenção de etanol de segunda geração								2023. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/18722 .

Fonte: Autoria própria.

Diante dessa revisão, fica nítido o estreitamento dos estudos e dos municípios que abrangem estudos sobre fungos, sendo grande parte restrita ao uso dos fungos para métodos de controle biológico de fitopatógenos, indutores de crescimento vegetal e utilizados para avaliação de resistência da produção vegetal, além disso outros estudos tem por objetivo quantificar o índice de poluição através de comparativos de líquens como bioindicadores, avaliar a microbiota do solo e a obtenção de produtos de segunda geração (Figura 2), nos municípios de Araras e Cordeirópolis. Isso se deve ao viés agrário na qual a instituição de maior rendimento está inserida e mesmo os resultados de Cordeirópolis, os trabalhos foram desenvolvidos por integrantes da UFSCar.

A concentração temática em controle biológico, fitopatologia, promoção de crescimento vegetal e aplicações agrícolas indica que a funga regional tem sido estudada principalmente a partir de perguntas produtivas ou biotecnológicas (Figura 2). Esse padrão é coerente com a vocação agrícola do campus e da região, mas cria uma assimetria: fungos são registrados quando se relacionam a culturas, doenças ou processos de interesse agrônomo, enquanto macrofungos urbanos e fungos associados a áreas verdes públicas permanecem sub-representados. Em termos bibliométricos, essa assimetria revela não apenas o que foi pesquisado, mas também quais perguntas ainda não foram suficientemente formuladas.

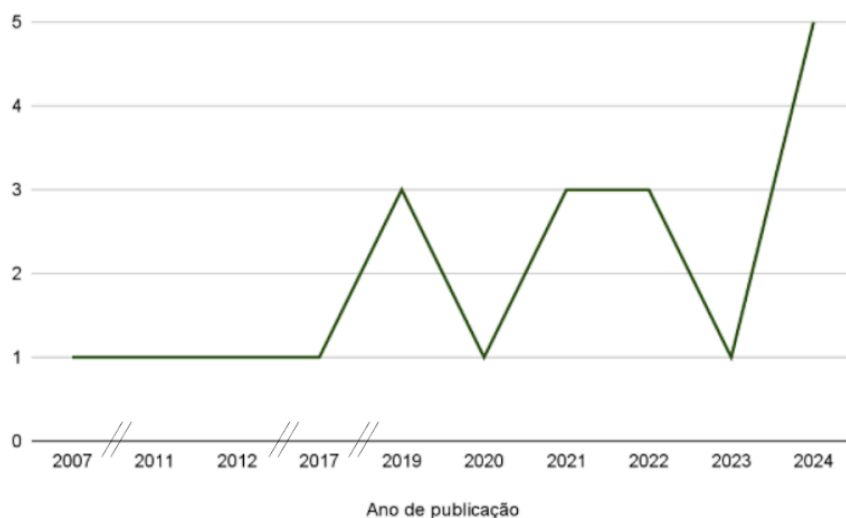
Figura 2 - Categorização por palavras-chave dos estudos selecionados para a revisão bibliográfica.



Fonte: Autoria própria.

Além da restrição do conteúdo, a quantidade de estudos voltados para os fungos também é outro fator importante, apresentando poucos projetos publicados (Figura 3).

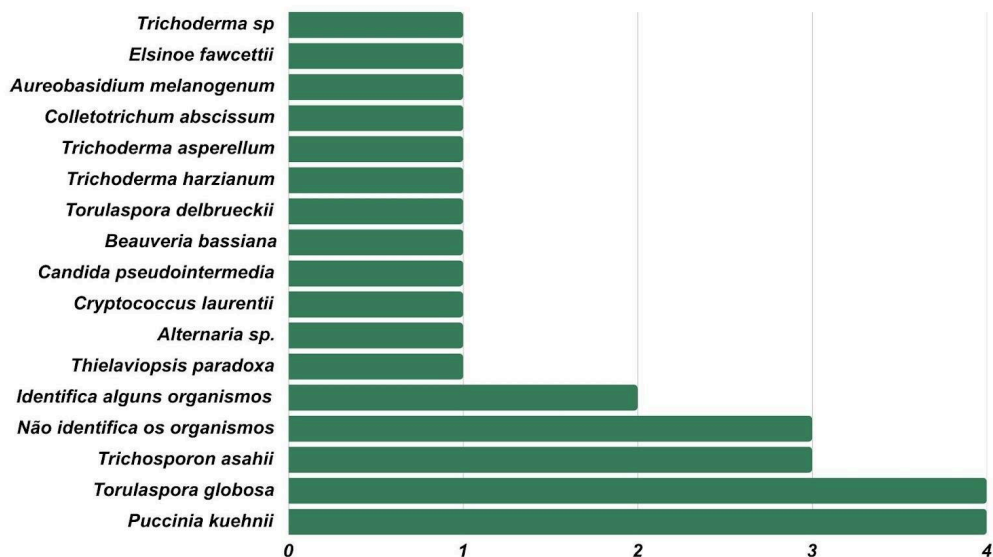
Figura 3 - Quantidade de referências bibliográficas incluídas na revisão ao longo dos anos.



Fonte: Autoria própria.

Entre 2007 até 2017 foram encontrados apenas um texto por ano. Em 2019, nota-se uma melhora com três publicações, já entre os anos de 2020 a 2023 é possível observar uma oscilação entre um a três estudos. O cenário se altera em 2024, tendo um salto para cinco trabalhos publicados em comparação com os anos anteriores. Os poucos estudos, e em sua maioria voltados a temáticas agrícolas, também refletem na representatividade dos fungos que a literatura vem trazendo sobre a micologia regional (Figura 4).

Figura 4 - Fungos que ocorrem espontaneamente na cidade de Araras e Cordeirópolis.



Fonte: Autoria própria.

Os fungos *Torulaspora globosa* e *Puccinia kuehnii* são os mais citados, encontrados em quatro estudos, seguido de *Trichosporon asahii* com três e os demais com apenas um trabalho por indivíduo. Outro problema, é que algumas dessas pesquisas não identificam esses organismos em nível de espécie, mas por gênero ou pelo código das cepas utilizadas, o que dificulta drasticamente o reconhecimento taxonômico fúngico da cidade, resultando na falta de variabilidade e transparência das espécies.

A presença recorrente de poucos táxons também precisa ser interpretada com cautela. Espécies associadas a cultivos agrícolas, fitopatologia ou bioprocessos tendem a aparecer mais porque são alvo de projetos orientados por problemas específicos. Isso não significa que sejam os fungos mais abundantes ou ecologicamente mais importantes no município, mas sim que foram mais frequentemente incorporados a pesquisas acadêmicas. Para grupos megadiversos e pouco inventariados, como os fungos, a frequência de citações em trabalhos locais é um indicador de atenção científica, não de diversidade real (Hawksworth; Lücking, 2017; Větrovský et al., 2020).

Em suma, a revisão resultou em um número inferior de trabalhos do que o esperado, com fungos que muitas vezes nem sequer foram identificados, representando em sua maioria pesquisas de desenvolvimento agrícola.

A predominância de estudos vinculados à UFSCar e a programas de pós-graduação da região revela que a produção sobre fungos em Araras está fortemente associada à infraestrutura acadêmica local. Isso é positivo, pois demonstra capacidade regional de

pesquisa, mas também indica que o conhecimento disponível depende muito das linhas de pesquisa institucionais existentes. Consequentemente, temas com maior aderência agrícola, como controle biológico, fitopatologia, promoção de crescimento vegetal e microrganismos associados à cana-de-açúcar, tendem a aparecer com maior frequência.

Esse padrão ajuda a explicar a lacuna encontrada em relação à funga urbana. Embora a região possua áreas verdes, parques, fragmentos vegetais, jardins e ambientes com material vegetal em decomposição, poucos estudos priorizam macrofungos urbanos como objeto central. A bibliometria, portanto, não apenas descreve o que foi publicado, mas também mostra que a diversidade fúngica visível em espaços públicos ainda é pouco explorada, especialmente quando comparada aos estudos com aplicação agrícola ou biotecnológica.

Outro ponto relevante é que muitos trabalhos registram fungos como agentes de processos específicos, mas não necessariamente como componentes de uma biodiversidade local a ser inventariada. Assim, espécies e gêneros aparecem associados a experimentos de controle, isolamento ou aplicação, enquanto informações ecológicas sobre substrato, local de ocorrência e contexto ambiental são menos frequentes. Essa limitação reforça a importância de integrar bibliometria, coleta de campo e ciência cidadã para construir uma visão mais ampla da funga de Araras.

Essa lacuna regional também precisa ser interpretada à luz do cenário mais amplo da micologia contemporânea. Bases globais e iniciativas de dados abertos têm demonstrado que a diversidade fúngica é muito mais ampla do que a documentada por estudos locais tradicionais; entretanto, esses bancos dependem de registros bem georreferenciados, identificações confiáveis e integração entre dados de campo, coleções e literatura (Větrovský et al., 2020). Assim, o levantamento bibliométrico deste capítulo não apenas quantifica publicações, mas evidencia onde a produção regional ainda não alcançou a funga urbana de Araras.

Desse modo, a principal contribuição do Capítulo 1 não está apenas em listar trabalhos encontrados, mas em demonstrar que o conhecimento regional sobre fungos é fragmentado, concentrado em usos aplicados e pouco voltado à documentação da funga urbana. Essa constatação justifica metodologicamente os capítulos seguintes: a coleta laboratorial e os registros de ciência cidadã funcionam como estratégias complementares para produzir dados primários em um tema ainda pouco representado na literatura local.

4.5 CONCLUSÃO

O levantamento bibliométrico mostrou que há produção acadêmica regional envolvendo fungos em Araras-SP e municípios do entorno. Entre os estudos analisados, as espécies *Torulaspora globosa* e *Puccinia kuehnii* foram as mais citadas, assim como o CCA, que se destacou como o principal ponto de coleta do material biológico. Porém, essa produção está concentrada principalmente em temas agrícolas, fitopatológicos, biotecnológicos e de controle biológico sintetizados por palavras chaves. Assim, os objetivos específicos do capítulo foram atendidos ao sistematizar os estudos encontrados, identificar fontes e tipos de produção e reconhecer os temas mais recorrentes.

A análise também revelou uma lacuna importante: fungos urbanos, especialmente macrofungos associados a áreas verdes públicas, ainda aparecem de forma pouco expressiva na produção regional. Essa lacuna justifica os capítulos seguintes, nos quais a coleta laboratorial e os registros de ciência cidadã são utilizados como estratégias complementares para ampliar o conhecimento sobre a funga urbana de Araras-SP.

CAPÍTULO 2

COLETA, ISOLAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E PRESERVAÇÃO DE FUNGOS MACROSCÓPICOS DO PARQUE ECOLÓGICO MUNICIPAL DE ARARAS-SP

5.1 INTRODUÇÃO

No guia prático de coleta, preservação e herborização de material botânico, Fidalgo (1984) já relatava a dificuldade de acesso a metodologias específicas dessa área. Atualmente esse cenário não mudou muito. A inclusão dos fungos em compilados de flora como esse evidencia a persistência de abordagens que não os tratam como um grupo distinto, além dos estudos filogenéticos, em outros contextos de pesquisa.

Para análises laboratoriais, as caracterizações macroscópicas e microscópicas são fatores indispensáveis. O tipo de meio em que o fungo é cultivado, a temperatura de incubação e a variação entre cepas são fortes indicativos na identificação (Alterthum, 2020). Além disso, as colônias fúngicas apresentam uma variedade de texturas e topografias, além disso, as bordas miceliais podem apresentar morfologias bem delimitadas ou até irregulares (Mendes, 2022). Já as observações microscópicas, essas são baseadas principalmente na morfologia das hifas e esporos, como cor, presença ou ausência de septação e as diferentes estruturas reprodutivas (Mendes, 2022).

Aliado a isso, os testes enzimáticos especificam ainda mais o processo de caracterização dos fungos, consumindo o meio de interesse e produzindo enzimas extracelulares, enzimas essas que possuem grande interesse comercial e ampla variedade de aplicação industrial (Marinho, 2023).

A partir dos resultados obtidos do substrato, das características macro e microscópicas, e a degradação de meios enzimáticos é possível reconhecer as espécies encontradas baseadas na literatura especializada.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conduzir coleta de campo no Parque Ecológico Municipal de Araras, considerando aspectos de micro-habitat;

Realizar caracterizações morfológicas e testes bioquímicos para identificação das espécies;

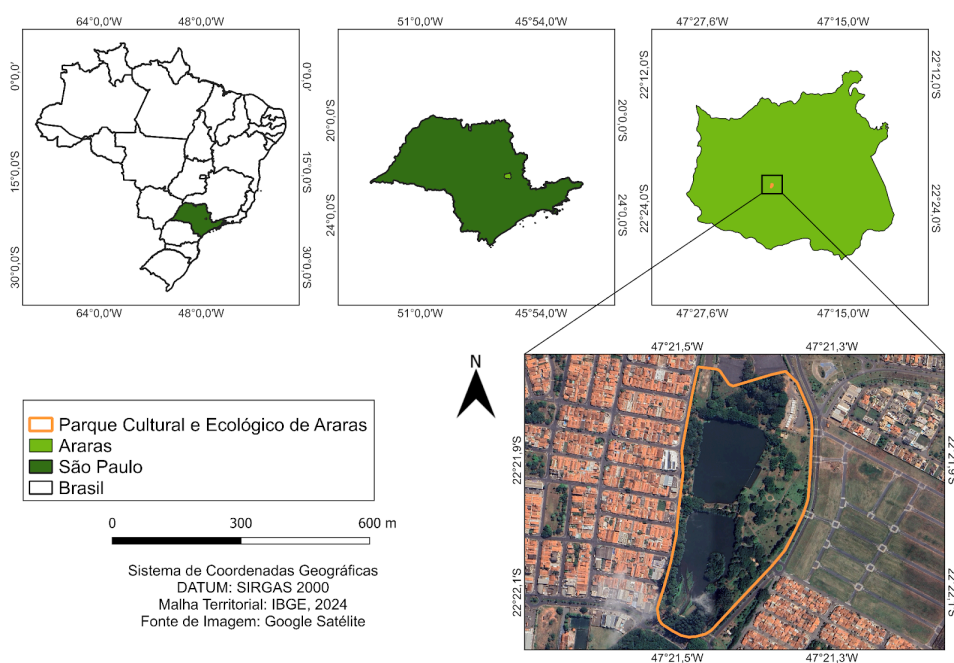
Construir uma coleção biológica de fungos macroscópicos de Araras.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Área de estudo

O “Parque Cultural e Ecológico Gilberto Rüegger Ometto” (Figura 5), em Araras-SP, está localizado nas coordenadas 22°21'48.8"S 47°21'25.5"W e possui uma área aproximada de 167.721,62 m² (Google Earth, 2025). O município, encontra-se a uma altitude de 646 metros, ocupando uma área de 644,831 km². Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger a cidade possui clima tropical (Rolim, 2007), com temperaturas medianas entre 11 °C e 30 °C, com verões longos, mornos, abafados e chuvosos, já o inverno é curto e seco (Weatherspark, 2025).

Figura 5 – Limites da área de estudo do Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rüegger Ometto, Araras – SP.



Fonte: Autoria própria.

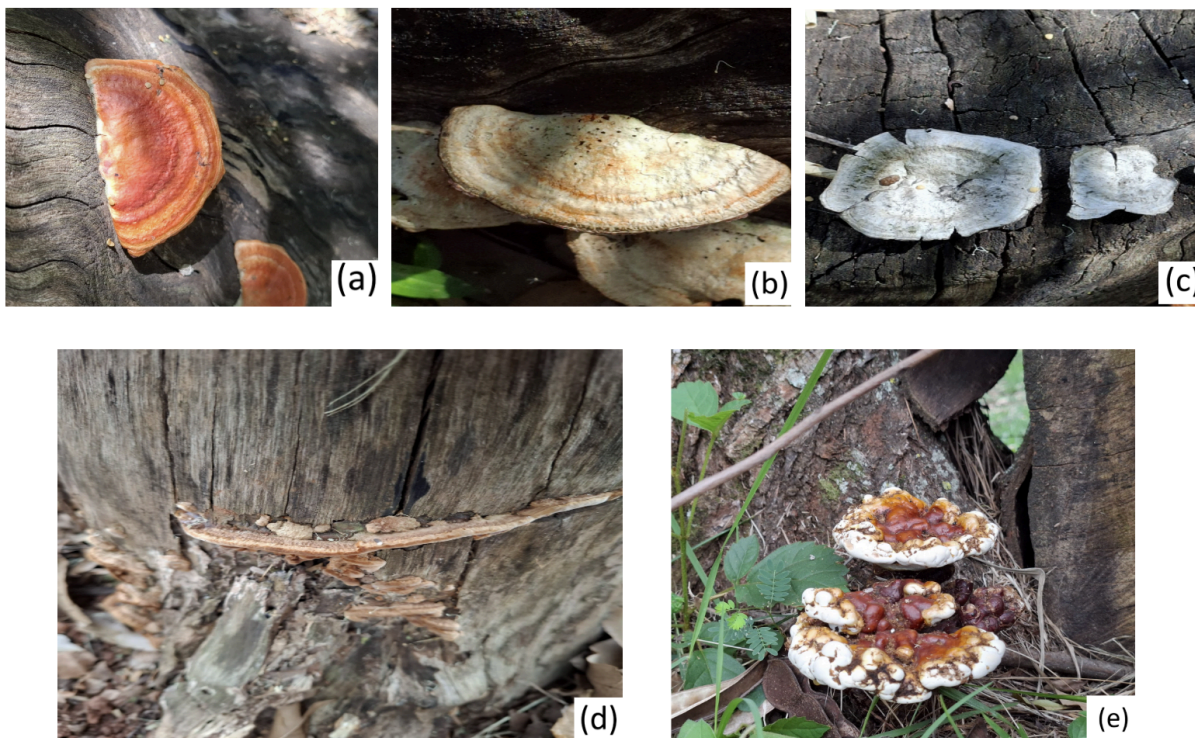
A riqueza em fauna e flora abrange diferentes tipos de espécies, dos mais variados grupos taxonômicos, fazendo com que esse ambiente seja alvo de muitos estudos. Esse fator está diretamente relacionado à presença de Mata Atlântica na região (IBGE, 2024) e ao seu tipo climático, tornando esse espaço propício para o desenvolvimento da biota, incluindo fungos associados a raízes, troncos mortos, clareiras, serapilheira e margens úmidas de corpos d'água. A escolha de uma área verde urbana como local de amostragem segue a lógica de inventários micológicos exploratórios, nos quais substratos lenhosos, serapilheira e micro-habitats úmidos são pontos prioritários para observação de macrofungos (Mueller; Bills; Foster, 2004; Lodge et al., 2004).

5.3.2 Coleta de campo, micro-habitat e documentação fotográfica

Levando em consideração o eixo de ciência cidadã, serão coletados, para análise laboratorial, espécimes com estruturas reprodutivas visíveis a olho nu, pertencentes aos filos *Basidiomycota* e/ou *Ascomycota*, por serem os mais utilizados em projetos de CC devido à sua visibilidade macroscópica e à facilidade de registro fotográfico.

Inicialmente, a coleta seria realizada por transectos de acordo com o método descrito por Fidalgo e Bononi (1984). Contudo, devido à dispersão restrita e irregular dos macrofungos visíveis no parque, a coleta foi conduzida de forma exploratória e direcionada aos micro-habitats nos quais os corpos de frutificação foram encontrados. Essa adaptação é aceitável em levantamentos iniciais de macrofungos, pois a frutificação é sazonal, efêmera e dependente de umidade, substrato e estágio de decomposição. Foram registrados o substrato, o ponto de ocorrência, as condições aparentes do material e as características visíveis dos basidiomas, conforme recomendações para coleta e descrição de macrofungos (Lodge et al., 2004; Mueller; Bills; Foster, 2004). Os registros fotográficos seguiram o protocolo de captura de imagens de macrofungos de Bittencourt et al. (2022) e podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 - Fungos coletados no Parque Ecológico Municipal de Araras e seus respectivos substratos (a), (b) e (c) Fungos 1, 2 e 3, respectivamente encontrados no mesmo tronco de árvore morta (d) Fungo 4 sobre tronco de árvore morta (e) Fungo 5 associado ao tronco de árvore.



Fonte: Autoria própria.

5.3.3 Processamento das amostras de solo e diluição seriada

Para cada ponto de ocorrência dos macrofungos, foi coletada uma amostra de solo próxima ao corpo de frutificação, em profundidade aproximada de 10 cm. Em laboratório, 1 g de solo foi transferido para tubo contendo 9 mL de solução salina estéril (NaCl 0,85%), formando a diluição inicial (Canto, 2023). A suspensão foi homogeneizada em vórtex por cinco minutos e, em seguida, submetida a diluições seriadas decimais até 10^{-6} . De cada diluição selecionada, 0,1 mL foi semeado por espalhamento superficial em meio Ágar Sabouraud acrescido de cloranfenicol (Dextrose; mistura digestão péptica de tecido animal e digestão pancreática de caseína; cloranfenicol; agar bacteriológico), com auxílio de alça de Drigalski estéril (Canto, 2023). As placas foram incubadas em BOD a 30 °C e acompanhadas até o crescimento das colônias fúngicas. O uso de diluição seriada e plaqueamento é um procedimento clássico para estimar microrganismos cultiváveis, enquanto a adição de antibiótico ao meio favorece a recuperação de fungos ao reduzir interferência bacteriana (Brasil, 2003; Pitt; Hocking, 2022; Samson et al., 2019).

5.3.4 Contagem de unidades formadoras de colônia

A quantificação dos fungos cultiváveis foi expressa como unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL), considerando o número de colônias contadas, o fator de diluição e o volume semeado (Brasil, 2003). Sempre que possível, foram priorizadas placas em faixa contável, pois placas com crescimento excessivo, colônias confluentes ou número muito baixo de colônias reduzem a confiabilidade da estimativa (Brasi, 2003). A contagem foi utilizada como indicador preliminar da microbiota fúngica cultivável associada aos pontos de coleta, sem pretensão de representar toda a diversidade fúngica do solo, uma vez que métodos dependentes de cultivo recuperam apenas a fração capaz de crescer nas condições adotadas (Pitt; Hocking, 2022; Samson et al., 2019).

Para a contagem de colônias foi estabelecido como objetivo avaliar a quantidade de microrganismos viáveis no solo do parque ecológico a partir da fórmula de Unidade Formadora de Colônia por mL:
$$\text{UFC/mL} = \frac{\text{Número de colônias}}{\text{fator de diluição} \cdot \text{volume plaqueado}}$$

5.3.5 Isolamento por fragmentação dos corpos de frutificação

Os exemplares macroscópicos foram avaliados quanto ao estado de conservação antes do isolamento. Fragmentos dos fungos considerados viáveis foram retirados com material estéril e inoculados em placas contendo Ágar Sabouraud acrescido de cloranfenicol, visando reduzir o crescimento bacteriano. As placas foram incubadas em BOD a 30 °C por cinco dias (Costa, 2012). Os exemplares 3 e 4 não prosseguiram nas etapas de caracterização por apresentarem ressecamento, crescimento de múltiplos morfotipos ou contaminação, o que comprometeria a confiabilidade dos resultados. A decisão de prosseguir apenas com materiais viáveis segue a lógica de isolamento em cultura pura, na qual amostras muito deterioradas ou contaminadas tendem a gerar resultados ambíguos (Pitt; Hocking, 2022).

5.3.6 Caracterização macroscópica das colônias

As colônias obtidas a partir dos fungos 1, 2 e 5 foram descritas por caracteres macroscópicos, incluindo forma, textura, coloração, bordas, topografia e velocidade relativa de crescimento. Esses caracteres foram registrados porque auxiliam na separação de morfotipos e na organização da coleção fúngica. Entretanto, a caracterização colonial foi

tratada como evidência preliminar, pois muitos fungos podem alterar morfologia de colônia conforme meio de cultura, temperatura, idade da colônia e condições de incubação; por isso, a identificação confiável deve integrar características de campo, cultura, microscopia e, quando possível, dados moleculares (Lodge et al., 2004; Schoch et al., 2012).

5.3.7 Testes enzimáticos de amilase e celulase

A triagem enzimática foi conduzida em meios indicadores para verificar a produção extracelular de amilases e celulasas pelos isolados, seguindo o princípio geral de detecção em meio sólido por formação de halo de degradação ao redor da colônia. Para amilase, os isolados foram inoculados em meio contendo amido como substrato e, após incubação, a degradação foi evidenciada por revelação adequada do polímero remanescente (Canto, 2023). Para celulase, foi utilizado meio contendo fonte celulósica, com posterior avaliação de halo de hidrólise (Inforsato e Porto, 2016). O uso de meios sólidos com substratos específicos é amplamente empregado como triagem qualitativa ou semi-quantitativa de enzimas extracelulares em fungos, especialmente por permitir comparação inicial entre isolados sob condições padronizadas (Hankin; Anagnostakis, 1975; Teather; Wood, 1982; Kasana et al., 2008; Ferreira; Santos; Queiroz, 2019).

O preparo do meio para os testes enzimáticos de amilase e celulase seguiram respectivamente os métodos de Canto et al., 2023 e Inforsato e Porto, 2016. Para avaliação da produção da enzima foi realizada a fórmula de Índice Enzimático (IE)
$$= \frac{\text{Diâmetro do halo}}{\text{Diâmetro da colônia de cada fungo}}$$
 e assim classificados como fracamente produtores ($1,0 \leq \text{IE} < 1,5$), moderadamente produtores ($1,5 \leq \text{IE} < 2,0$), fortemente produtores ($\text{IE} \geq 2$) e não produtores ($\text{IE} = 0$).

5.3.8 Microcultivo, coloração e microscopia

Para a melhor visualização das estruturas fúngicas em microscopia óptica, foi realizada a técnica de microcultivo em lâmina, cuja principal vantagem é a preservação das estruturas micromorfológicas de fungos filamentosos, auxiliando na identificação taxonômica (Goiás, 2017). Para a montagem do microcultivo em ambiente estéril, utilizou-se uma placa de Petri contendo, papel-filtro embebido em água destilada para manter a umidade (Goiás, 2017). Dois palitos de madeira foram posicionados sobre o papel para servir de suporte à lâmina, onde foi acrescentado nos quatro lados do bloco de ágar uma pequena porção da

colônia fúngica e coberto com uma lamínula (Goiás, 2017). As placas foram incubadas a 30 °C por quatro dias. Posteriormente, a lamínula foi removida cuidadosamente, evitando seu deslocamento lateral para preservar a integridade do micélio aderido (Goiás, 2017). As superfícies da lâmina e da lamínula que estiveram em contato com a cultura foram fixadas com álcool 70% e deixadas para secar. Posteriormente, foi feita a caracterização microscópica, com observação do micélio, hifas, septação, estruturas reprodutivas e esporos quando presentes (Ribeiro e Soares, 2002). As preparações foram coradas com lactofenol azul de algodão e, quando pertinente, com safranina, sendo observadas em microscopia óptica em diferentes aumentos. A descrição microscópica foi utilizada como complemento à morfologia colonial e aos caracteres macroscópicos dos corpos de frutificação, pois inventários de macrofungos dependem da articulação entre caracteres visíveis em campo e estruturas microscópicas diagnósticas (Lodge et al., 2004; Samson et al., 2019).

5.3.9 Preservação em ágar inclinado e ultrafreezer

Os isolados viáveis foram preservados em tubos com meio BDA inclinado e também em microtubos para conservação em ultra-freezer a -80 °C. Para criopreservação, cubos de ágar contendo micélio foram transferidos para microtubos com crioprotetor à base de glicerol (Ruffatto, 2021). A preservação dos isolados é essencial para que o material coletado possa ser retomado em estudos futuros, incluindo identificação molecular, repetição de ensaios enzimáticos e comparação com registros bibliográficos e de ciência cidadã. Métodos de manutenção em meio de cultura e congelamento são estratégias reconhecidas para preservar culturas fúngicas, embora sua eficiência possa variar conforme o grupo taxonômico e a fisiologia do isolado (Nakasone; Peterson; Jong, 2004; Ruffatto; Ziem; Maciel, 2021).

5.3.10 Síntese dos ensaios laboratoriais realizados

O Quadro 3 organiza os testes realizados, separando os procedimentos aplicados aos fungos filamentosos e às amostras de solo associadas aos pontos de coleta.

Quadro 3 – Testes de crescimento e análises realizados em laboratório, separados por fungos filamentosos e amostras de solo.

Bioensaios para amostras de micélio coletado	Bioensaios para amostras de solo contendo fungos
Técnica de fragmentação de fungo. De acordo com Costa, 2012.	Diluição seriada. De acordo com Canto, 2023.
Microscopia. De acordo com Ribeiro e Soares, 2002.	Contagem de colônia em placa. De acordo com Brasil, 2003.

Bioensaios para amostras de micélio coletado	Bioensaios para amostras de solo contendo fungos
Técnica de microcultivo. De acordo com Goiás, 2017.	
Testes enzimáticos de amilase e celulase. Respectivamente de acordo com Canto, et al., 2023 e Inforsato e Porto, 2016.	
Técnica de Ágar Inclinado (Slant). De acordo com Ruffatto, 2021.	

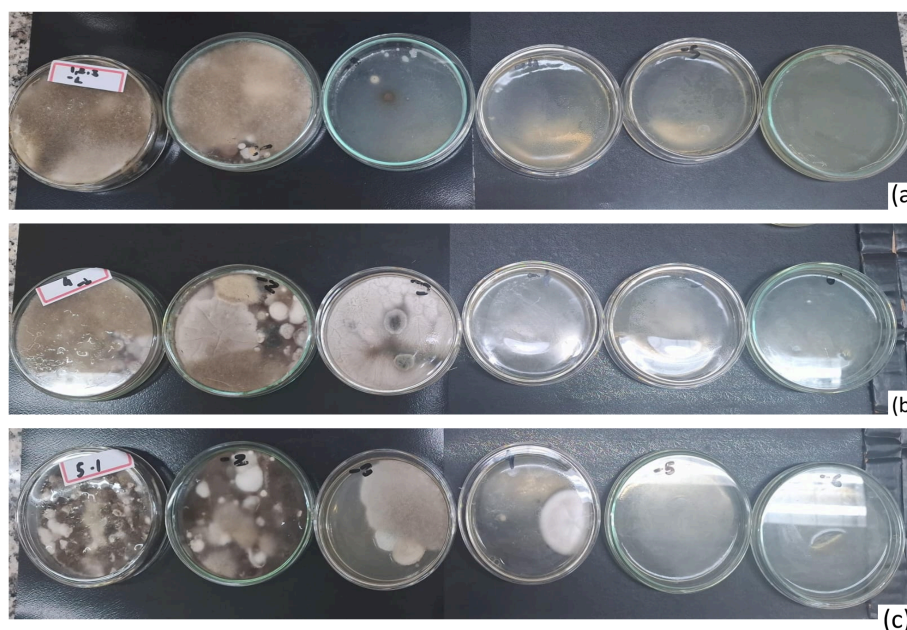
Fonte: Autoria própria.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Fungos cultiváveis em amostras de solo por diluição seriada

Após a incubação a 30°C em estufa BOD, durante dois dias, observou-se o crescimento conforme a Figura 7. A partir do terceiro dia a placa foi completamente preenchida pelas colônias, impossibilitando a determinação de colônias individuais.

Figura 7 – Crescimento em placa a partir da diluição seriada decimal até 10⁻⁶ de amostra de solo das amostras (a) 1, 2 e 3, (b) 4 e (c) 5.



Fonte: Autoria própria.

Os resultados da contagem de UFC/mL e de diferentes morfotipos viáveis foram descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado de UFC/mL e contagem de morfotipos da diluição seriada das amostras de solo.

Amostra	Diluição	Nº de morfotipos	Nº de colônias	UFC/mL
1	10 ⁻²	3	26	2,6 · 10 ⁴ mL
2	10 ⁻¹	6	32	3,2 · 10 ³ mL
3	10 ⁻²	5	31	3,1 · 10 ⁴ mL

Fonte: Autoria própria.

As contagens obtidas nas amostras de solo devem ser interpretadas como estimativas de fungos cultiváveis nas condições empregadas, e não como medida total da diversidade fúngica presente no parque. Parte expressiva dos fungos do solo pode não crescer no meio selecionado ou nas condições de incubação adotadas. Ainda assim, diferenças entre amostras podem indicar variação local de umidade, disponibilidade de matéria orgânica, competição microbiana, pH, aeração e histórico de decomposição do substrato. A comparação entre os pontos é relevante porque os macrofungos coletados estavam associados a micro-habitats distintos, especialmente troncos mortos como as amostras 1 e 3 e regiões com matéria orgânica acumulada como a amostra 2, encontrada em área de serapilheira, e com maior índice de morfotipos diferentes em comparação aos demais (6).

A limitação do cultivo é especialmente relevante para fungos do solo, pois a diversidade detectável por métodos moleculares costuma ser muito maior do que a recuperada em placas. Bases globais baseadas em metabarcoding, como GlobalFungi, evidenciam que grande parte da diversidade fúngica ambiental permanece invisível quando se utilizam apenas métodos dependentes de crescimento em meio artificial. Assim, a UFC/mL é útil para comparar amostras sob o mesmo protocolo, mas não deve ser confundida com riqueza taxonômica total (Větrovský et al., 2020).

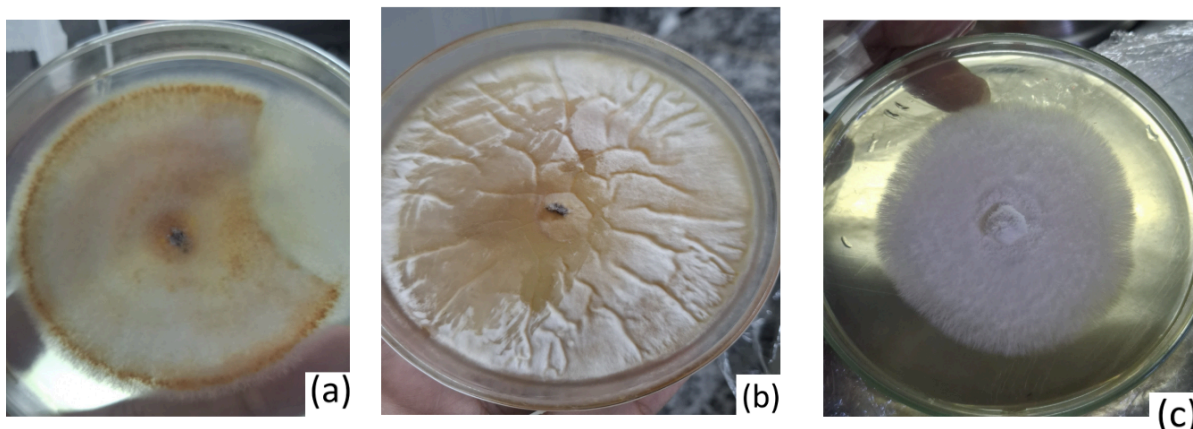
Do ponto de vista ecológico, a maior ou menor recuperação de fungos cultiváveis em solo próximo aos corpos de frutificação não deve ser automaticamente associada ao macrofungo observado. O corpo de frutificação é apenas a parte visível de um organismo ou comunidade, enquanto o solo abriga redes hifais, esporos e microrganismos de diferentes origens. Assim, os resultados de UFC/mL são mais adequados como caracterização microbiológica exploratória dos pontos de coleta do que como identificação direta da espécie responsável pelo corpo de frutificação.

5.4.2 Isolamento por fragmentação e seleção dos isolados viáveis

No total, foram encontrados cinco exemplares de fungos, porém apenas três seguiram para os procedimentos de caracterização, tendo em visto a qualidade do fungo que já se encontrava inviável, ressecado pela exposição ao sol. Quando testado em placa, essa foi dominada por diferentes morfotipos concluindo que seriam possíveis contaminações, com isso a ausência de mais amostra levou ao descarte dos testes para os espécimes 3 e 4, enquanto os fungos 1, 2 e 5 tiveram um fragmento depositado em meio Sabouraud acrescido de cloranfenicol e incubadas em BOD a 30° C por 5 dias (Figura 8).

A exclusão dos fungos 3 e 4 não deve ser interpretada como falha do levantamento, mas como uma consequência comum em coletas de macrofungos. Corpos de frutificação são estruturas temporárias, frequentemente colonizadas por outros microrganismos, insetos ou contaminantes após a exposição ambiental. Em inventários micológicos, por isso, recomenda-se registrar também os exemplares que não puderam ser cultivados, pois a documentação fotográfica, o substrato e a localização ainda podem ter valor de conhecimento (Lodge et al., 2004; Mueller; Bills; Foster, 2004).

Figura 8 - Inoculação em meio de cultura Sabouraud acrescido de cloranfenicol aplicando o método de fragmentação dos fungos (a) 1 (b) 2 e (c) 5.



Fonte: Autoria própria.

5.4.3 Caracterização macroscópica das colônias obtidas

As características das colônias foram avaliadas e organizadas no Quadro 4, considerando forma, cor, borda, elevação, textura e aspectos gerais do crescimento micelial.

Quadro 4 - Caracteres morfológicos da colônia dos fungos cultiváveis 1, 2 e 5.

	Forma	Textura	Cor	Bordas	Topografia	Crescimento
1	Circular	Aveludada	Branco, com bordas laranjas	Irregular	Plana	Rápido
2	Circular	Algodonosa	Branco	Regular	Plana	Rápido
5	Circular	Camurça	Branco	Estrias radiais	Plana	Lento

Fonte: Autoria própria, conforme critérios de Mendes et al., 2022.

Os três isolados apresentaram formato circular e predominância de coloração branca, mas diferiram em textura, bordas, topografia e velocidade relativa de crescimento. O fungo 1 apresentou crescimento mais rápido e bordas com pigmentação alaranjada; o fungo 2 apresentou micélio mais algodonososo e topografia marcada; e o fungo 5 apresentou crescimento mais lento e aspecto diferenciado em relação aos demais. Essas diferenças permitem separar morfotipos e organizar a coleção, mas não são suficientes para identificação taxonômica definitiva.

Esses caracteres mostram uma limitação importante: a morfologia colonial em meio de cultura pode divergir da morfologia do corpo de frutificação observado em campo. Temperatura, composição do meio, tempo de incubação e idade da colônia interferem na textura, pigmentação e produção de estruturas reprodutivas. Por isso, a caracterização colonial é útil para comparar isolados entre si e acompanhar a manutenção em coleção, mas precisa ser combinada a caracteres macro e microscópicos para sustentar hipóteses taxonômicas (Nakasone; Peterson; Jong, 2004).

Por outro lado, mesmo quando não permite chegar a gênero ou espécie, a descrição morfológica de colônias é importante para a curadoria da coleção. Ela fornece um padrão de referência para verificar se um isolado mantido em estoque preserva características esperadas ao longo do tempo, além de auxiliar na detecção de contaminações ou alterações morfológicas após repiques sucessivos (Samson et al., 2019).

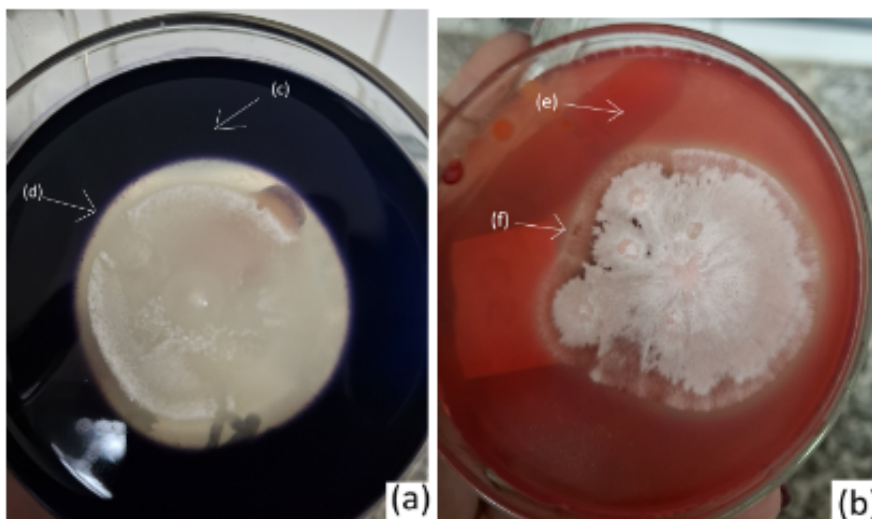
5.4.4 Atividade enzimática preliminar: amilase e celulase

A triagem enzimática é particularmente relevante em fungos associados a material vegetal em decomposição, pois amilases e celulasas estão relacionadas à degradação de polissacarídeos. A celulose é um componente estrutural abundante da parede celular vegetal, enquanto o amido pode ser utilizado como substrato indicador de atividade amilolítica. Assim, a detecção de halos de hidrólise nos isolados não apenas indica potencial enzimático, mas também ajuda a conectar os resultados laboratoriais ao papel ecológico dos fungos como decompositores.

Essa relação entre substrato e atividade enzimática é central para interpretar os resultados do Parque Ecológico. A maior parte dos corpos de frutificação foi observada em troncos mortos ou material lenhoso, o que sugere associação com processos de decomposição. Fungos sapróbios, especialmente muitos basidiomicetos, têm papel reconhecido na degradação de madeira e na redistribuição de nutrientes, processo dependente de enzimas extracelulares capazes de atuar sobre polissacarídeos estruturais e compostos recalcitrantes (Boddy; Watkinson, 1995; Baldrian, 2017).

Como resultado, inicialmente, para a análise dos testes enzimáticos foi desenvolvido um protótipo com um fungo contaminante não identificado, oriundo do processo de recuperação de amostra pura do fungo 1. Para o preparo dos meios de amilase foi utilizado 1L de tampão acetato de sódio (pH 5,0), 10 g de amido solúvel e 18 g de ágar nutriente. Para o de celulase foi preparado 1L de tampão acetato de sódio (pH 5,0), 3g de nitrato de sódio (NaNO_3), 1 g de fosfato dipotássico (K_2HPO_4), 0,5 g de sulfato de magnésio (MgSO_4), 0,5g de cloreto de potássio (KCl), 0,01g de sulfato de ferro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 10 g de carboximetilcelulose (CMC) e 20g de ágar bacteriológico. Os testes seguiram respectivamente os protocolos adotados por Canto et al. (2021) e Ruegger e Tornisiello (2003), com base no princípio clássico de detecção de halos em meio sólido. Após seis dias os testes preliminares, de amilase tiveram os halos revelados por lugol e com vermelho Congo 0,25% (enxaguado com 1M de NaCl) para celulase (Figura 9). O cálculo do índice enzimático (IE) foi realizado de forma padronizada, com relação entre o diâmetro da zona de hidrólise e o diâmetro da colônia com um paquímetro em milímetros. Com isso, a produção de amilase do fungo não identificado foi classificada como moderado (halo de 1,62 mm) e de celulase como fraco (halo de 1,03 mm).

Figura 9 - Testes preliminares do fungo não identificado de atividade enzimática de (a) amilase (c) meio amilase corada com lugol, (d) halo translúcido da hidrólise de amido e (b) celulase (e) meio celulase corada com vermelho Congo 0,25% e (f) halo translúcido da hidrólise de celulose.



Fonte: Autoria própria.

No entanto, as amostras finais dos fungos do Parque Ecológico não apresentaram crescimento em nenhum dos métodos descritos. A ausência de crescimento pode ser justificada com algumas hipóteses, como a variedade de formulações dos meios, em que possivelmente os compostos nutricionais escolhidos não tenham sido os ideais para os fungos tratados, além disso, fatores como pH, tempo de incubação e temperatura também podem alterar os resultados (Inforsato e Porto, 2016). Outra possibilidade está relacionado à dificuldade da produção de amilase em determinados meios de cultura sólidos, como Pereira (2012) retrata em seu trabalho e exemplifica com outros estudos.

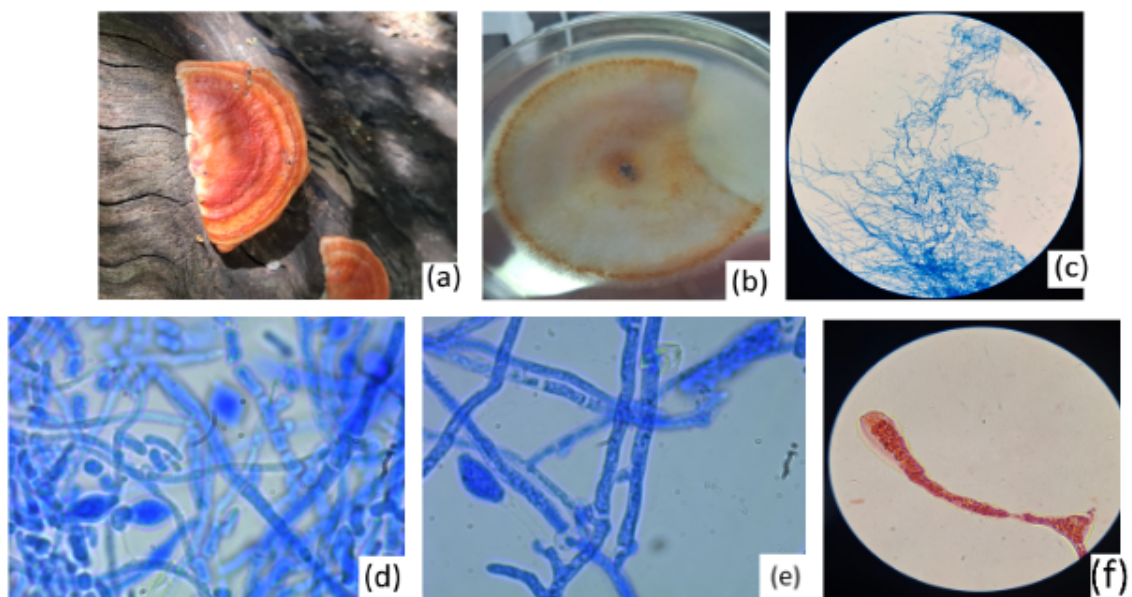
Ainda assim, mesmo que positivos, vale ressaltar que halos em meio sólido devem ser interpretados com cautela. O índice enzimático depende simultaneamente da difusão da enzima no ágar, da taxa de crescimento radial, da composição do meio e do tempo de incubação. Por isso, isolados com atividade positiva em placa podem ser considerados candidatos para estudos posteriores, mas a confirmação do potencial biotecnológico exigiria ensaios quantitativos em meio líquido, padronização da biomassa e repetição experimental.

5.4.5 Caracterização macroscópica e microscópica dos isolados

As observações microscópicas permitiram registrar hifas, septação e estruturas reprodutivas em alguns isolados, fornecendo evidências adicionais para separar morfotipos (Tabela 10). No entanto, a identificação morfológica de fungos macroscópicos depende de um conjunto integrado de caracteres, incluindo estrutura do himênio, consistência do basidioma, inserção no substrato, presença ou ausência de estipe, tipo de superfície, cor, textura e estruturas microscópicas (Figuras 10, 11, 12, 13 e 14). Quando parte desses caracteres não está disponível, a identificação deve ser apresentada de forma conservadora (Lodge et al., 2004; Samson et al., 2019).

A ausência de identificação em nível de espécie não invalida o levantamento, mas delimita o alcance da interpretação. Esse trabalho contribui ao registrar a ocorrência, preservar isolados e organizar dados de campo e laboratório que poderão ser complementados por chaves especializadas, consulta a taxonomistas e ferramentas moleculares, como sequenciamento da região ITS, reconhecida como marcador barcode universal para fungos (Schoch et al., 2012).

Figura 10 - Caracterização do fungo 1 (a) fungo em habitat natural associado ao tronco de árvore morta, (b) fungo em meio Sabouraud, (c) micélio corado com lactofenol azul de algodão em objetiva de 10x, (d) e (e) basídios corados com lactofenol azul de algodão em objetiva de 10x e 40x, respectivamente e (f) gleocistídio corada com safranina, em objetiva de 100x.



Fonte: Autoria própria.

A presença de gleocistídio (Figura 11 f), é uma estrutura de conteúdo granular ou oleoso, localizado no himênio de fungos basidiomicetos (Guerrero e Silveira, 2003). A partir disso, foi corrida a chave das classes, subclasses, ordens e família *Basidiomycota* de Silveira (1995):

1'. Presença de basidiocarpos (Figura 11 d e e) bem desenvolvidos visíveis à vista desarmada. Basidiósporos formados sobre basídias típicas septadas ou contínuas.

8. Basidiocarpos com o himênio exposto antes de completa maturação (classe *Polyporaceae* antigo *Hymenomycetes*).

9. Basídias septadas longitudinalmente ou transversalmente (subclasse *Agaricomycotina* antiga *Phragmobasidiomycetidae*).

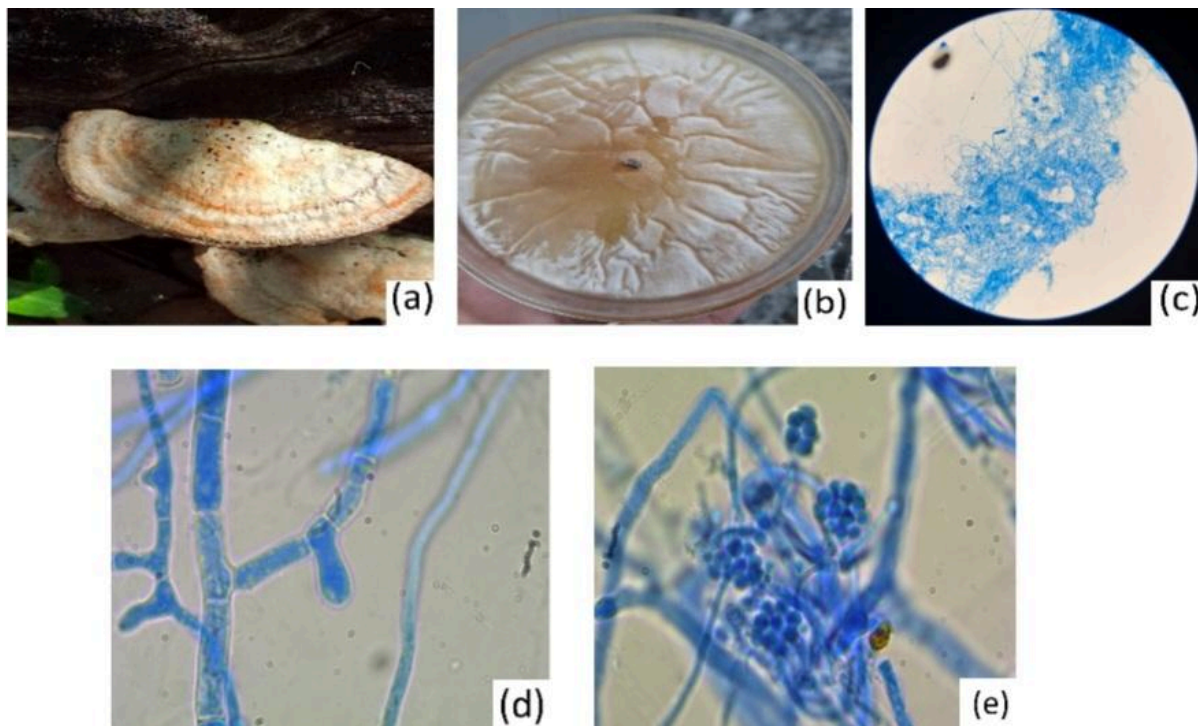
Com base em análises de genética molecular o grupo *Phragmobasidiomycetidae* foi realocado para os subfilos *Pucciniomycotina*, *Agaricomycotina* e *Ustilaginomycotina*. Na classificação de Wijayawardene et al. (2024) os *Agaricomycotina* estão na classe *Agaricomycetes*.

Seguindo as correspondências macroscópicas esse é um fungo conhecido como orelha de pau da ordem *Polyporales* ou *Aphyllorphorales* utilizado por Silveira (1995), pois possuem tubos profundos e bem diferenciados - camadas de tubos intimamente ligadas ao píleo (família *Polyporaceae*) - frutificações efuso reflexas sésseis ou estipitadas - píleo com diversas profundidades formando camada irregular (grupo trametóide).

A partir disso foi utilizado a chave de identificação para as espécies trametóides do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (2024) chegando a identificação em nível de espécie.

1. Basidioma vermelho a alaranjado -> *Pycnoporus sanguineus*.

Figura 11 - Caracterização do fungo 2 (a) fungo em habitat natural associado ao tronco de árvore morta (b) fungo em meio Sabouraud (c) micélio em objetiva de 10x, (d) septos e hifas em objetiva de 100x, e (e) conídios em objetiva de 100x.



Fonte: Autoria própria.

Utilizando o livro de Silveira (1995) não foi possível identificar as estruturas microscópicas tendo em vista a morfologia típica de fungos *Ascomycota* e *Basidiomycota*. Portanto, para o fungo 2 foi utilizada a caracterização da morfologia macroscópica (Quadro 5).

Quadro 5 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 2.

Forma do píleo	Reniforme
Forma de fixação do píleo	Séssil
Posição das hastes	Ateral
Perfil do píleo	Umbonado

Fonte: Adaptado de Silveira (1995).

A partir disso, é possível caracterizá-lo como um possível *Basidiomycota* e provavelmente as estruturas microscópicas observadas sejam de algum contaminante.

Seguindo as correspondências macroscópicas esse é um fungo conhecido como orelha de pau da ordem *Polyporales* ou *Aphylllophorales* utilizado por Silveira (1995), com basidiocarpos em formato de teleforóides da família *Polyporaceae* com píleo visível a olho nu, contexto e himênio formado no interior de tubos ao invés de lâminas da família *Agaricaceae*.

Chave de identificação de Silveira (1995):

Tubos ligados entre si - Camadas de tubos intimamente ligadas ao píleo (família *Polyporaceae*) - Frutificações efuso reflexas sésseis ou estipitadas - Píleo com diversas profundidades formando camada irregular - Grupo trametóide.

Grupo trametóide:

1. Poros circulares a angulares, hexagonais até losangulares;
2. poros circulares até angulares -> gênero *Trametes*.

Figura 12 - Caracterização macroscópica do fungo 3.



Fonte: Autoria própria.

O fungo já se encontrava em avançado estágio de ressecamento pela exposição direta ao sol, sendo difícil a caracterização até mesmo as estruturas macroscópicas do himênio (Quadro 6) A partir disso é mais seguro caracterizá-lo como pertencente à ordem *Polyporales* (*Aphylllophorales*), pois apresenta basidiocarpo característico desse grupo em forma de cálice (Silveira, 1995).

Quadro 6 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 3.

Forma do píleo	Infundibuliforme
Forma de fixação do píleo	Estipitados
Posição das hastes	Excêntrica curta
Perfil do píleo	Deprimido

Fonte: Adaptado de Silveira (1995).

Figura 13 - Caracterização macroscópica do fungo 4.



Fonte: Autoria própria.

A partir da caracterização macroscópica (Quadro 7) utilizando a chave de Silveira (1995) é possível indicá-lo como pertencente à ordem *Polyporales* (*Aphyllophorales*) da família *Polyporaceae*.

Quadro 7 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 4.

Forma do píleo	Dimidiado
Modo de fixação do píleo	Efuso-reflexo
Posição das hastes	Sem haste visível
Perfil do píleo	Imbricado

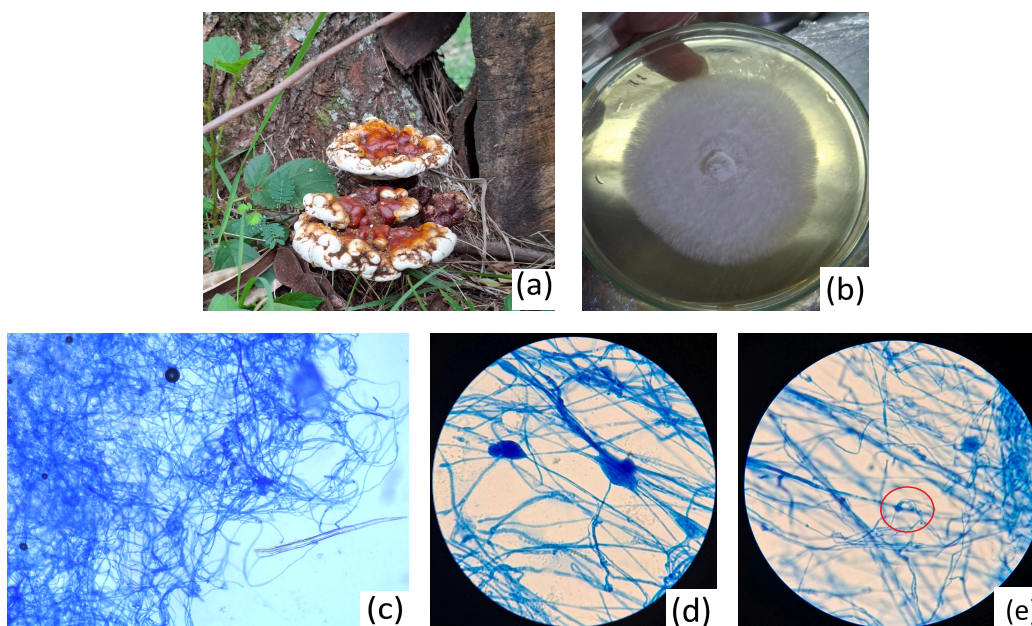
Fone: Adaptado de Silveira (1995).

Tubos ligados entre si - Camadas de tubos intimamente ligadas ao píleo (família *Polyporaceae*) - Frutificações efuso reflexas sésseis ou estipitadas - Tubos formando camada irregular - Píleo com várias camadas -> grupo fomóide.

Grupo fomóide:

1'. Esporos lisos, simples, hialinos -> Não identificado.

Figura 14 - Caracterização do fungo 5 (a) Fungo em habitat natural associado a árvore, (b) Fungo em meio Sabouraud, (c) Microscopia do micélio corada com lactofenol de algodão em objetiva de 10x (d) Basidiósporos ovóides em objetiva de 40x (e) Fíbulas em hifa generativa corada com lactofenol de algodão em objetiva de 40x.



Fonte: Autoria própria.

A estrutura pileada é comum em orelhas de pau da ordem *Polyporales* e da família *Polyporaceae* por ter o himênio formado por tubos. Com isso baseado na chave de Silveira (1995) o fungo em questão tem os seguintes caracteres (Quadro 8)

Quadro 8 - Caracterização macroscópica do píleo e da haste do fungo 5.

Forma do píleo	Dimidiano
Modo de fixação do píleo	Efuso-reflexo
Posição das hastes	Haste ateral
Perfil do píleo	Imbricado

Fonte: Adaptado de Silveira (1995).

Aphylllopholares com tubos profundos e bem diferenciados - Tubos ligados entre si - Camadas de tubos intimamente ligadas ao píleo (família *Polyporaceae*) - Frutificações efuso

reflexas sésseis ou estipitadas - Tubos formando camada regular - Píleo com várias camadas
-> grupo fomóide:

Grupo fomóide:

1. Esporos papilados ou verrugosos, com ápice truncado e paredes duplas;

2'. Píleo de superfície lacada, brilhante ou fosca -> Gênero *Ganoderma*.

A partir das observações das estruturas visíveis da haste e do píleo e das microscópicas foi possível identificar um espécime em nível de Ordem, um em família, três em gênero e apenas em espécie, classificados no Quadro 9.

Quadro 9 - Identificação taxonômica dos fungos 1, 2, 3, 4 e 5 baseado em caracteres macroscópicos e microscópicos.

	Domínio	Filo	Subfilo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie
1	<i>Eukarya</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycotina</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Polyporales</i>	<i>Polyporaceae</i>	<i>Pycnoporus</i>	<i>Pycnoporus sanguineus</i>
2	<i>Eukarya</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycotina</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Polyporales</i>	<i>Polyporaceae</i>	<i>Trametes</i>	Não identificado
3	<i>Eukarya</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycotina</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Polyporales</i>	Não identificado	Não identificado	Não identificado
4	<i>Eukarya</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycotina</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Polyporales</i>	<i>Polyporaceae</i>	Não identificado	Não identificado
5	<i>Eukarya</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Agaricomycotina</i>	<i>Agaricomycetes</i>	<i>Polyporales</i>	<i>Ganodermataceae</i>	<i>Ganoderma</i>	Não identificado

Legenda:

■ Ordem ■ Família ■ Gênero ■ Espécie

Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2023); Guerrero (2003); Silveira (1995).

Em síntese, a deterioração natural dos espécimes 3 e 4 dificultou a identificação permitindo a caracterização até o nível de Ordem e Família, através das características do píleo e da haste desses fungos. Enquanto nos demais exemplares através da chave de Silveira (1995) foi possível chegar em Gênero e até em uma Espécie. No geral, mesmo que a maioria não esteja identificada em espécie, pode se afirmar que os fungos encontrados no parque ecológico são do tipo sapróbio, sendo essenciais na decomposição de matéria orgânica do parque ecológico de Araras e consequentemente na ciclagem de nutrientes. Além disso, embora o fungo 5 esteja associada a uma árvore viva pode se dizer que seu interior já está

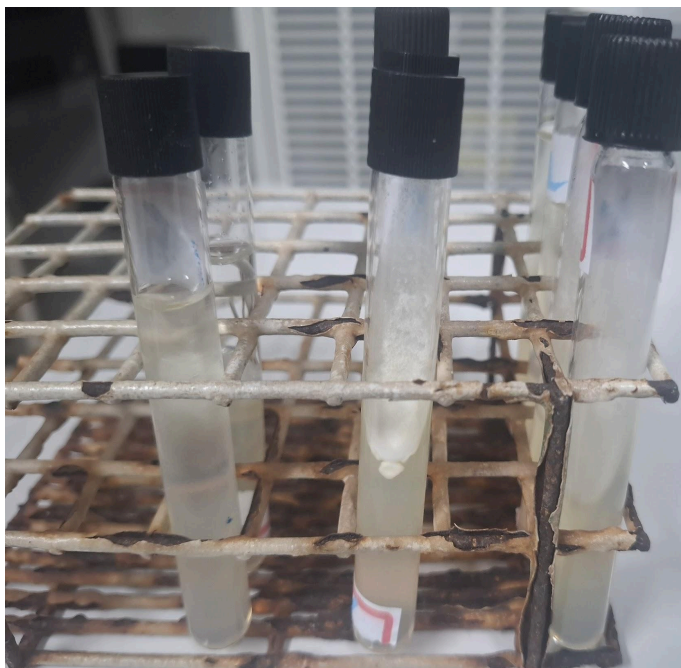
comprometido pelo micélio deste organismo, considerando a grande quantidade de *Ganoderma* encontrado em pontos próximos e por sua distribuição cosmopolita na decomposição de madeira morta (Xing et al., 2018).

Explorando o potencial da espécie identificada *Pycnoporus sanguineus* (fungo 1) é um fungo de degradação branca da madeira, ou seja, é um dos organismos responsáveis pela completa degradação da lignina a dióxido de carbono e água, elementos essenciais para o ciclo do carbono e assim para o equilíbrio ambiental (Capelari & Zadrazil, 1997; Janusz, 2017). Além disso, o uso desses fungos podem ajudar na degradação de xenobióticos, aumentar a digestibilidade de alimentos lignocelulósicos, na detoxificação de alimentos contendo taninos e na biorremediação da indústria papeleira (Guzmán-Dávalos e Gúzman, 1979). Além disso, também é estudado na avaliação de atividade antiparasitária e antiviral. Outro fungo reconhecido por seu papel medicinal são os fungos do gênero *Ganoderma* em especial o *G. lucidum*, que tradicionalmente é muito utilizada na cultura chinesa, incluindo efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e de fortalecimento do sistema imunológico, em que vem sendo estudado para diversos distúrbios metabólicos até para o tratamento de infecções por coronavírus (Ekiz, Elif et al., 2023).

5.4.6 Preservação dos isolados e formação da coleção fúngica

Para o desenvolvimento da coleção micológica, os fungos foram inoculados em tubos inclinados em meio BDA (Figura 15), otimizando espaço de armazenamento, facilidade no manuseio e maior área de superfície para o crescimento fúngico devido à inclinação do meio. Em sequência, os tubos foram preenchidos pelo crioprotetor de glicerina 25% até cobrir completamente o meio.

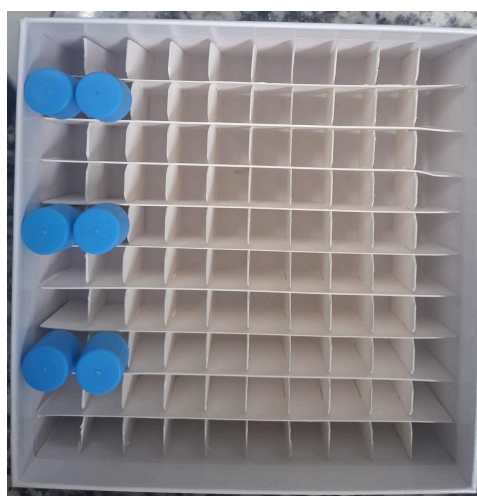
Figura 15 - Técnica de Ágar Inclinado com os fungos 1, 2 e 5 encontrados no Parque Ecológico de Araras-SP para composição da coleção fúngica urbana.



Fonte: Autoria própria.

Paralelamente, foram preparadas amostras para conservação em ultra-freezer (Figura 16).

Figura 16 - Amostras dos fungos 1,2 e 5 do Parque Ecológico de Araras-SP em microtubos para conservação em ultra-freezer a - 80°C.



Fonte: Autoria própria.

Para esse procedimento, foram inoculados os fungos em meio BDA (dextrose; infusão a partir de batatas; ágar bacteriológico). Após 5 dias de incubação, foram retirados pequenos cubos incluindo o ágar em microtubos e adicionado 1 mL do crioprotetor para armazenamento em ultra-freezer a - 80° C.

A preservação dos isolados é um resultado relevante porque transforma a observação pontual de campo em material biológico passível de reavaliação. Coleções micológicas têm valor científico e didático justamente por permitir rastreabilidade, comparação posterior, revisão taxonômica e integração com novos métodos de identificação, incluindo abordagens moleculares quando disponíveis (Thiers et al., 2018). No contexto desse trabalho, a coleção local também cria um produto permanente para futuras atividades de ensino, extensão e pesquisa em micologia urbana.

Esse resultado deve ser valorizado porque as coleções biológicas reduzem a perda de informação associada a coletas pontuais. Quando acompanhados de dados mínimos de procedência, substrato, data, imagem e condições de cultivo, os isolados preservados permitem que hipóteses iniciais sejam revistas posteriormente. Em micologia, essa rastreabilidade é especialmente importante porque nomes e limites taxonômicos mudam com frequência, e materiais preservados possibilitam reinterpretações à luz de novas chaves, novas bases de dados e métodos moleculares (Nakasone; Peterson; Jong, 2004; Thiers et al., 2018).

Essa limitação não invalida os resultados, mas define o alcance da interpretação: os resultados obtidos neste Capítulo devem ser lidos como uma caracterização preliminar de isolados cultiváveis e de registros macroscópicos, e não como uma identificação taxonômica conclusiva de toda a funga do Parque. Esse enquadramento é importante porque inventários de fungos dependem de amostragem repetida, preservação adequada, descrição morfológica detalhada e, quando possível, confirmação molecular (Lodge et al., 2004; Schoch et al., 2012; Samson et al., 2019).

5.5 CONCLUSÃO

A coleta exploratória no Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rügger Ometto registrou cinco exemplares macroscópicos de fungos, associados principalmente a troncos mortos e substratos lenhosos. Esse resultado atende ao objetivo de reconhecer a ocorrência de macrofungos em uma área verde urbana de Araras-SP e evidencia a importância de micro-habitats com matéria orgânica em decomposição.

Do ponto de vista laboratorial, os fungos 1, 2 e 5 foram viáveis para cultivo, descrição colonial, microscopia, testes enzimáticos preliminares e preservação. As diferenças observadas entre os isolados permitem separá-los como morfotipos e constituem uma base inicial para identificação posterior. No entanto, a identificação taxonômica deve permanecer conservadora até que a chave corrida, os caracteres microscópicos completos e, idealmente, análises moleculares estejam disponíveis. A formação da coleção fúngica local é um dos principais produtos deste capítulo, pois transforma a coleta pontual em material preservado e rastreável. Mesmo com o número reduzido de isolados, a coleção cria condições para continuidade da pesquisa, possibilitando a repetição de ensaios, comparação com registros bibliográficos e a integração com dados provenientes de iniciativas de ciência cidadã.

Com isso, os fungos encontrados no parque ecológico de Araras através da análise macroscópica e microscópica foram identificadas em espécimes mais danificadas em nível de Ordem (*Polyporales*) e Família (*Polyporaceae*), enquanto, outros em Gênero (*Trametes* e *Ganoderma*) e até em Espécie (*Pycnoporus sanguineus*). Nesse sentido, é possível concluir que todos os fungos pertencem ao filo Basidiomycota e à ordem Polyporales, desempenhando papel essencial na decomposição de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes do parque.

Por fim, é importante reforçar que embora as amostras não obtiveram crescimento nos testes enzimáticos de amilase e celulase, frequentemente utilizados como possíveis indicativos na confirmação de espécies degradadoras de madeira, isso não invalida a taxonomia proposta. Considerando a variabilidade dos resultados observados em ensaios em meio sólido e na mensuração dos halos de degradação, portanto, os dados obtidos evidenciam a necessidade de estudos complementares, abrindo perspectivas para futuras análises biotecnológicas.

CAPÍTULO 3

REGISTROS PARTICIPATIVOS DE FUNGOS URBANOS EM ARARAS-SP

6.1 INTRODUÇÃO

Embora a Ciência Cidadã (CC) seja um termo recente, discutido principalmente nas duas últimas décadas, a contribuição de amadores entusiastas, para a ciência é observada desde meados do século XIX, coincidindo com o início da crescente profissionalização da ciência e consequentemente da categorização dos agentes como cientistas (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024). No Brasil, as iniciativas de CC ainda são pouco difundidas, mas vêm atraindo atenção e experimentação, um exemplo claro disso é a formação da Rede Brasileira de Ciência Cidadã em 2021 e a crescente organização de plataformas de CC na América Latina e Caribe, que vem desenvolvendo em especial temáticas socioambientais como a contribuição da CC para a biodiversidade, área de interesse para o presente estudo (Albagli, 2024).

Ainda assim, por se tratar de um conceito polissêmico, permitindo a quem mobiliza essas frente ter diferentes interpretações e definições, de acordo com as motivações, objetivos, perspectivas e prioridades, nos contextos e condições de interesse (Albagli, 2024). Essas divergências de consenso geram dúvidas e pontos de vista distintos sobre o significado da palavra. Diante disso, mesmo com as diversas expressões conhecidas, como ciência comunitária, ciência participativa, informação geográfica participativa, engajamento público na ciência, monitoramento participativo, coprodução de conhecimento, entre outros, todos

eles se aproximam da ideia de CC, tendo como essência a participação pública em atividades de pesquisa científica (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024).

Nesse contexto, entre os elementos que compõem a CC, destacam-se a amplificação e a qualidade dos resultados do processamento de dados de projetos científicos, em consonância com o compartilhamento de recursos computacionais, como o uso de ferramentas de geovisualização participativa; a fabricação de artefatos de suporte à pesquisa com tecnologias abertas e sociais, reduzindo os custos da pesquisa científica; e a pesquisa participativa, incorporando a contribuição cidadã na formulação de perguntas e hipóteses de pesquisa (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024). Esses elementos permitem o engajamento social, dando visibilidade e reconhecimento aos saberes e às posições de grupos sociais em situações de risco e vulnerabilidade, além de servirem como meio para fortalecer o ativismo comunitário em situações de conflito e de lutas por justiça cognitiva e de dados (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024). Dessa forma, a divulgação científica e ambiental, em formatos mais dialógicos, garante a democratização da ciência e o acesso ao conhecimento, o que, conseqüentemente, leva à produção coletiva e à inovação social na resolução de problemas, funcionando como ferramenta de monitoramento ambiental e territorial, além de contribuir como forma de ampliar a influência social sobre as políticas públicas (RBCC, 2025).

Em resumo as iniciativas de CC integram cinco elementos:

- a) Estratégias e políticas de incentivo e indução (de cima para baixo) e iniciativas que partem de grupos sociais e comunidades locais e os envolvem ativamente nas diferentes etapas, influenciando também as políticas (de baixo para cima).
- b) Produção de grandes volumes de dados (big data) alimentados por muitos (crowdsourcing) e dados advindos das experiências e conhecimentos locais sobre o que é específico do território (small data).
- c) Rapidez e volume (fast Science), sem desconsiderar o tempo lento da escuta (slow Science).
- d) Mecanismos de validação e certificação dos dados e informações, valorizando também a relevância do reconhecimento e do diálogo entre diferentes tipos de conhecimento, no que Santos e Meneses (2010) chamam de uma “ecologia de saberes”. (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024, p. 6).

Considerando os componentes da CC, o Grupo de Trabalho Temático Biodiversidade para o Futuro em 2024 propôs uma pesquisa-ação para gerar mudanças e conhecimentos acerca da biodiversidade e serviços ecossistêmicos das áreas verdes urbanas (IEAE, 2024). A partir desse programa, foi elaborado o projeto BioFuturo na Cidade, nos quatro municípios

sede da UFSCar, Araras, Campina do Monte Alegre, São Carlos e Sorocaba, pois as relações entre sociedade e natureza são frequentemente conflituosas, com grande potencial educador (IEAE, 2024). Unificando cidadãos, estudantes, pesquisadores acadêmicos, professores, gestores públicos, organizações civis construam conjuntamente soluções a problemas ambientais através da coleta de dados, interpretação e divulgação de resultados sobre a biodiversidade e meio ambiente em áreas verdes urbanas fomentada por BioBlitz como ferramenta de integração (IEAE, 2024).

A ciência cidadã tem se consolidado como uma estratégia importante para ampliar a produção de dados sobre biodiversidade, especialmente quando envolve organismos que podem ser registrados por fotografias e observações de campo. No caso dos fungos, essa abordagem é promissora porque muitas ocorrências são efêmeras, sazonais e distribuídas em micro-habitats que dificilmente seriam amostrados de forma contínua por uma única equipe de pesquisa.

Ao mesmo tempo, os fungos representam um desafio para a ciência cidadã. Diferentemente de aves ou plantas com caracteres externos mais familiares, muitos fungos exigem observação de detalhes como: himênio, substrato, textura, presença de estipe, inserção no tronco e, em alguns casos, estruturas microscópicas. Por isso, registros fotográficos podem contribuir para reconhecimento de morfotipos e ampliação de ocorrências, mas nem sempre permitem identificação confiável em nível de espécie.

Plataformas como o iNaturalist organizam observações com fotografia, data, localização e identificação colaborativa, permitindo que registros de cidadãos sejam utilizados em levantamentos preliminares, educação científica e construção de bancos de dados de biodiversidade. Para fungos, essa abordagem tem potencial reconhecido, mas precisa considerar limitações taxonômicas, desigualdade de esforço amostral, vieses de visibilidade dos organismos e dependência da qualidade das imagens enviadas (Prylutskyi, 2024; Haelewaters et al., 2024).

Neste trabalho, os registros de ciência cidadã foram analisados no contexto do projeto BioFuturo na Cidade, realizado em Araras-SP. A proposta foi avaliar como a participação de estudantes, professores, moradores e visitantes pode ampliar a visibilidade dos fungos urbanos e complementar os dados obtidos por bibliometria e coleta laboratorial no Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rüegger Ometto.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar os registros obtidos em laboratório, no levantamento bibliométrico e nas atividades de ciência cidadã, avaliando complementaridades e limitações de cada abordagem.

Discutir o potencial da ciência cidadã para ampliar registros de fungos urbanos, promover educação científica e fortalecer o reconhecimento público da biodiversidade fúngica.

6.3 MATERIAL E MÉTODOS

6.3.1 Delineamento da atividade de ciência cidadã

A atividade de ciência cidadã foi conduzida no contexto do projeto BioFuturo na Cidade e articulada à Bio Blitz realizada em Araras-SP. A proposta seguiu o modelo de ciência cidadã contributiva, no qual participantes não especialistas registram observações de biodiversidade com apoio de pesquisadores, monitores ou ferramentas digitais. Os dados gerados pelas comunidades estão centralizados no iNaturalist, e tem vigência de maio de 2025 a maio de 2027, deixando em aberto registros de lugares e táxons diferentes do escopo deste trabalho, mas quando filtrado para a área de interesse os resultados obtidos reforçam os princípios que fundamentam esse projeto e promove a ampliação do conhecimento fúngico. Esse tipo de abordagem é reconhecido por ampliar a escala espacial e social da coleta de dados, ao mesmo tempo em que favorece a aprendizagem científica e aproximação entre universidade e sociedade (Bonney et al., 2009; Dickinson; Zuckerberg; Bonter, 2010; Chandler et al., 2017).

6.3.2 Participantes, grupos temáticos e área de registro

Os participantes foram organizados em grupos temáticos e orientados a registrar organismos encontrados durante a atividade de campo. Para essa pesquisa, foram considerados os registros relacionados a fungos no município de Araras-SP, com atenção especial ao Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rügger Ometto e a outros pontos urbanos indicados nos dados do iNaturalist. Como plataformas de ciência cidadã produzem dados oportunistas, dependentes do esforço dos observadores, os registros foram interpretados como indicadores de ocorrência e engajamento, e não como amostragem padronizada de riqueza (Callaghan et al., 2021).

6.3.3 Registro fotográfico e informações de campo

Os registros foram realizados por fotografia, acompanhados, quando disponíveis, de informações de localização, data, observador e identificação sugerida pela comunidade da plataforma. A identificação por imagem em macrofungos é útil para triagem e divulgação, mas possui limitações, pois muitos caracteres diagnósticos dependem de estruturas microscópicas, substrato, estágio de desenvolvimento e, em alguns casos, análise molecular. Por esse motivo, os registros foram tratados de forma conservadora, respeitando o nível taxonômico disponível na plataforma (Prylutskyi, 2024; Haelewaters et al., 2024).

6.3.4 Extração, curadoria e organização dos dados do iNaturalist

Os dados foram extraídos do iNaturalist e organizados em planilha, contendo número de observações, número de táxons, observadores, identificadores, localidade e nível taxonômico informado. O uso do iNaturalist como fonte de dados é metodologicamente justificável porque a plataforma vem sendo crescentemente incorporada a estudos de biodiversidade, inclusive em micologia; entretanto, seus dados devem ser avaliados considerando vieses de amostragem, concentração espacial de registros, variação de experiência entre usuários e diferentes graus de validação taxonômica (Mason et al., 2025).

6.3.5 Integração com bibliometria e laboratório

A integração com os demais eixos deste TCC foi realizada comparando os registros de ciência cidadã com os táxons citados no levantamento bibliométrico e com os morfotipos obtidos em laboratório. Essa comparação não buscou equivalência taxonômica perfeita, mas sim avaliar sobreposições, complementaridades e lacunas entre três formas de produção de dados: literatura acadêmica, coleta laboratorial e observação participativa. Esse procedimento é coerente com trabalhos que defendem a ciência cidadã como complemento a inventários especializados, especialmente para grupos subamostrados como os fungos (Heilmann-Clausen et al., 2019).

Antes do evento da BioBlitz foi estabelecida uma série de treinamentos sobre micologia básica aos professores e estudantes da Escola Técnica Estadual Prefeito Alberto Feres e a Escola Municipal de Ensino Fundamental "Profº Joel Job Fachini", contendo uma breve apresentação da diversidade morfológica de macrofungos comumente encontrados na região; o aplicativo que será utilizado para registro, ou seja, o iNaturalist, e a estrutura das

fichas digitais de campo. Além disso, foi reforçada em todas as etapas envolvendo os cientistas cidadãos a importância das regras de segurança e de conduta em AVU.

Em Araras, as mobilizações de coleta cidadã ocorreram no Parque Ecológico e Cultural “Gilberto Rüegger Ometto”, e teve a colaboração de estudantes, crianças, pais, e outros interessados que se inscreveram durante o período de divulgação do evento ou no mesmo dia de sua estreia. Em seguida, os observadores eram designados aos grupos que escolheram: Aves e Mamíferos, Formigas, Fungos, Plantas ou Polinizadores. Com os grupos devidamente separados, os participantes foram divididos em grupos ainda menores e guiados pelo professor pesquisador e/ou demais monitores, pela região Sudeste do parque, entre a Av. José Pavan e as margens do lago. Durante o percurso, foi passado algumas instruções básicas sobre os limites de investigação do parque; os cuidados de segurança; como usar o iNaturalist (California Academy of Sciences e National Geographic Society, 2011), como baixá-lo, e a maneira de inserir as fotos e a ativação do GPS durante a caminhada.

O registro de imagem da espécie de interesse, foi similar ao utilizado pelo protocolo padrão usado para identificação em laboratório, ou seja, o objeto deveria estar nítido e em ângulos diferentes (parte superior, inferior e perfil). A ficha de campo, no iNaturalist, foi padronizada, contendo a localização que o objeto de estudo foi encontrado; a data; o horário; os detalhes do substrato e a classificação da incidência solar em: luz solar direta, sombra parcial ou sombra total. Para o caso dos fungos liquenizados as categorias foram divididas de acordo com a quantidade de colônias presentes, sendo elas: pouco ou muito preenchido.

Por fim, todos os integrantes se reuniram para compartilhar a experiência, compartilhando as fotos e palpitando quais fungos acreditaram terem encontrado, além da troca de informações sobre a sua importância ecológica. Sendo esse momento extremamente importante para ressaltar o papel fundamental dessas pessoas nesse tipo de atividade e que essa coleta será contínua, gerando dados de monitoramento da biodiversidade local.

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é possível ver o número de fungos observados apenas na cidade de Araras desde o início dessa iniciativa, além da quantidade de espécies e de pessoas que se prontificaram a identificá-las, e por fim dos indivíduos que as registraram na plataforma.

A principal função desses registros está em ampliar a visibilidade de organismos que normalmente passam despercebidos em ambientes urbanos. Em fungos, esse aspecto é particularmente importante porque a frutificação é episódica e muitas espécies só são

percebidas por curto período. Redes de observadores podem aumentar a chance de detecção em diferentes dias, locais e micro-habitats, funcionando como uma malha de observação mais ampla do que aquela possível em uma coleta acadêmica pontual (Heilmann-Clausen et al., 2019).

Tabela 2 - Número de observações, espécies, identificadores e observadores do projeto “BioFuturo na cidade”, em Araras-SP.

Observações	34
Espécies identificadas	13
Identificadores	07
Observadores	17

Fonte: Autoria própria, com os dados de iNaturalist, 2026.

A Tabela 3, diferentemente da Tabela 2, que apresenta resultados gerais das observações de fungos, foi organizada de acordo com o local selecionado no iNaturalist. Observa-se um número elevado de identificações no parque em comparação com os demais pontos da cidade. Vale ressaltar que, embora os monitores estivessem apoiando os registros, foram identificadas falhas na localização. Algumas fotos classificadas como “Sem identificação pontual em Araras” e/ou “Vila Michelin” podem ter sido registradas durante a Bioblitz, mas possivelmente foram inseridas no iNaturalist em outro momento ou o observador não se atentou a esse detalhe no momento do envio. Além disso, é importante citar a proximidade do bairro “Jardim Luiza Maria” com o local de estudo.

A concentração de registros em locais de fácil acesso não é uma limitação exclusiva deste estudo. Dados de ciência cidadã tendem a refletir trajetórias, preferências e disponibilidade dos participantes, produzindo vieses espaciais e taxonômicos. Em vez de descartar esses dados, o mais adequado é reconhecê-los e interpretá-los como parte da dinâmica do método: áreas mais frequentadas recebem mais observações, espécies maiores ou mais coloridas tendem a ser mais registradas e organismos discretos permanecem subdetectados (Dickinson; Zuckerberg; Bonter, 2010; Callaghan et al., 2021; Mason et al., 2025).

Tabela 3 - Número de registros em diferentes locais no município de Araras-SP.

Local de registro	Nº de registros
Vila Michelin	13
Parque Ecológico Municipal de Araras	11
Sem identificação pontual em Araras	02
Jardim Belvedere	02
Lago Municipal de Araras	02
Fundação Herminio Ometto	01
Jardim Luiza Maria	01

Local de registro	Nº de registros
Jardim Rosana	01
Pesqueiro JJ	01

Fonte: Autoria própria, com os dados de iNaturalist, 2026.

No Quadro 10 foram catalogados 16 registros de fungos em diferentes níveis taxonômicos pela cidade, além de um registro ainda não identificado. Como esperado, a maioria foi catalogada em áreas verdes urbanas, principalmente no parque ecológico, considerando os possíveis erros de geolocalização mencionados anteriormente. Além disso, também deve se considerar a concentração espacial dos observadores nos limites estabelecidos devido ao tempo de duração do evento.

Essa variação no nível de identificação é esperada para fungos. Diferentemente de aves, plantas ornamentais ou insetos conspícuos, muitos macrofungos exigem observação de caracteres que não aparecem em uma única fotografia, como superfície fértil, corte do basidioma, mudança de cor, odor, esporada, ornamentação de esporos e estruturas microscópicas. Assim, registros em nível de gênero, família ou ordem continuam sendo úteis como evidência de ocorrência e como material educativo, mas não devem ser forçados a nível de espécie quando os dados disponíveis não sustentam essa decisão (Lodge et al., 2004; Prylutskyi, 2024).

Quadro 10 - Lista de fungos encontrados em Araras organizadas pelo número de ocorrências do organismo e em nível taxonômico de acordo com o registro no iNaturalist em Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Subfamília, Gênero e Espécie.

Nº de ocorrência	Domínio	Reino	Ordem	Família	Subfamília	Gênero	Espécie
06	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Hymenochaetales</i>	<i>Hymenochaetaceae</i>	-	Não identificado	Não identificado
05	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	Não identificado	Não identificado	-	Não identificado	Não identificado
04	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Callistosporiaceae</i>	-	<i>Macrocybe</i>	<i>Macrocybe titans</i>
03	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Lecanorales</i>	<i>Parmeliaceae</i>	-	<i>Parmotrema</i>	Não identificado
02	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Lecanorales</i>	<i>Parmeliaceae</i>	<i>Parmelioideae</i>	Não identificado	Não identificado
02	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Peltigerales</i>	<i>Collemataceae</i>	-	<i>Leptogium</i>	<i>Leptogium milligranum</i>
01	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Lecanorales</i>	Não identificado	-	Não identificado	Não identificado
01	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Polyporales</i>	Não identificado	-	Não identificado	Não identificado
01	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Boletales</i>	<i>Sclerodermataceae</i>	-	<i>Pisolithus</i>	Não identificado
01	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Lecanorales</i>	<i>Physciaceae</i>	-	<i>Rinodina</i>	Não identificado
01	<i>Eukarya</i>	<i>Fungi</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Agaricaceae</i>	-	<i>Chlorophyllum</i>	<i>Chlorophyllum hortense</i>

Nº de ocorrência	Domínio	Reino	Ordem	Família	Subfamília	Gênero	Espécie
01	Eukarya	Fungi	Agaricales	Psathyrellaceae	-	Coprinellus	<i>Coprinellus disseminatus</i>
01	Eukarya	Fungi	Helotiales	Drepanopezizaceae	-	Diplocarpon	<i>Diplocarpon mespili</i>
01	Eukarya	Fungi	Teloschistales	Physciaceae	-	Heterodermia	<i>Heterodermia albicans</i>
01	Eukarya	Fungi	Polyporales	Meruliaceae	-	Phlebia	<i>Phlebia subceracea</i>
01	Eukarya	Fungi	Caliciales	Caliciaceae	-	Pyxine	<i>Pyxine subcinerea</i>
01	Eukarya	Fungi	Polyporales	Polyporaceae	-	Trametes	<i>Trametes sanguinea</i>

Legenda:

Reino Ordem Família Subfamília Gênero Espécie

Fonte: Autoria própria, com os dados de iNaturalist, 2026.

A partir dos dados obtidos é possível afirmar que a ciência cidadã tem se mostrado eficiente na contribuição de registros de fungos, não só em riqueza, mas em como todo esse processo contribui para a democratização do conhecimento. Ainda assim, é preciso alcançar mais pessoas interessadas por esse grupo e tentar convencer outras de sua relevância, e são com ações como essa, que permitem a integração ciência-comunidade, colocando o cidadão como agente ativo de produção de conhecimento que mais resultados surgirão.

Esse aspecto educativo é uma contribuição central da ciência cidadã. Projetos participativos não se limitam a produzir dados: eles também podem modificar a forma como os participantes percebem grupos pouco valorizados, como os fungos. Ao fotografar, discutir e tentar identificar organismos encontrados em áreas urbanas, os participantes passam a reconhecer a presença da funga no cotidiano e a relacioná-la com decomposição, ciclagem de nutrientes, conservação de áreas verdes e saúde ambiental (Bonney et al., 2009; Chandler et al., 2017).

A concentração de registros no Parque Ecológico deve ser interpretada considerando o desenho da atividade. Como a BioBlitz mobilizou participantes em um local específico, é esperado que a distribuição dos registros reflita o esforço amostral e não apenas a distribuição real dos fungos no município. Em ciência cidadã, esse tipo de viés espacial é comum: áreas mais visitadas, mais seguras, mais acessíveis ou associadas a eventos educativos tendem a acumular mais observações.

A presença de registros em diferentes níveis taxonômicos também é esperada para fungos. Alguns organismos possuem aparência externa suficiente para reconhecimento preliminar, enquanto outros exigem observação microscópica, coleta de material ou consulta a

especialistas. Assim, registros identificados apenas como *Fungi*, *Basidiomycota*, *Agaricomycetes* ou em níveis intermediários não devem ser descartados. Eles ainda indicam ocorrência, ajudam a mapear pontos de interesse e podem orientar coletas futuras.

Sintetizando as três frentes de trabalho, o Quadro 11 organiza a lista de fungos gerada da classificação do levantamento bibliométrico, coleta laboratorial e ciência cidadã.

Quadro 11 - Lista dos fungos citados no levantamento bibliográfico (LB), no iNaturalist (CC) e em laboratório (LT), além do seu papel nas pesquisas e no ambiente.

LB	Descrição	LT	Descrição	CC	Descrição
<i>Alternaria sp.</i>	Fitopatôgeno oportunista	<i>Polyporales</i>	Decompositor de madeira	<i>Lecanorales</i>	Líquens
<i>Trichoderma sp.</i>	Indução de crescimento vegetal	<i>Polyporaceae</i>	Decompositor de madeira	<i>Polyporales</i>	Decompositores de madeira
<i>Beauveria bassiana</i>	Entomopatogênico / controle biológico	<i>Ganodermataceae</i>	Decompositor de madeira	<i>Hymenochaetaceae</i>	Decompositores e parasitas de madeira
<i>Torulaspora globosa</i>	Levedura de controle biológico	<i>Trametes</i>	Decompositor de madeira	<i>Parmelioidea</i>	Líquens
<i>Trichosporon asahii</i>	Levedura de controle biológico	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Decompositor de madeira	<i>Parmotrema</i>	Líquens
<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	Fitopatôgeno			<i>Pisolithus</i>	Ectomicorrízico
<i>Puccinia kuehnii</i>	Ferrugem da cana-de-açúcar			<i>Rinodina</i>	Líquens
<i>Puccinia melanocephala</i>	Ferrugem da cana-de-açúcar			<i>Macrocybe titans</i>	Cogumelo sapróbio
<i>Elsinoe fawcettii</i>	Levedura fitopatôgena			<i>Chlorophyllum hortense</i>	Cogumelo sapróbio
<i>Aureobasidium melanogen</i>	Levedura negra			<i>Leptogium milligranum</i>	Líquen
<i>Torulaspora delbrueckii</i>	Levedura indutora de crescimento			<i>Coprinellus disseminatus</i>	Cogumelo sapróbio
<i>Candida pseudointermedia</i>	Levedura indutora de crescimento			<i>Diplocarpon mespili</i>	Fitopatôgeno
<i>Cryptococcus laurentii</i>	Levedura indutora de crescimento			<i>Heterodermia albicans</i>	Líquen
<i>Colletotrichum abscissum</i>	Fitopatôgeno de citros			<i>Phlebia subceracea</i>	Decompositor de madeira
<i>Trichoderma asperellum</i>	Controle biológico			<i>Pyxine subcinerea</i>	Líquen
<i>Trichoderma harzianum</i>	Controle biológico			<i>Trametes sanguinea</i>	Decompositor de madeira
				Não identificado	Não identificado

Legenda:

■ Não identificado ■ Ordem ■ Família ■ Subfamília ■ Gênero ■ Espécie

Fonte: Autoria própria.

Quando comparada ao levantamento bibliométrico, a ciência cidadã mostrou uma contribuição diferente. Enquanto a bibliometria revelou predominância de estudos agrícolas e

laboratoriais, os registros do iNaturalist evidenciaram fungos observáveis em espaços públicos e cotidianos. Essa diferença reforça que a ciência cidadã não substitui a pesquisa especializada, mas amplia o campo de observação e ajuda a revelar organismos pouco percebidos pela população e pouco priorizados em estudos regionais.

A comparação com o capítulo laboratorial também é relevante. Os fungos coletados e preservados em laboratório oferecem material rastreável e potencialmente identificável com maior rigor, enquanto os registros cidadãos ampliam o número de observações e a participação social. A combinação das duas abordagens é mais forte do que qualquer uma isoladamente: os registros cidadãos apontam onde procurar e quais organismos chamam atenção, e o laboratório permite aprofundar a caracterização de amostras selecionadas.

A comparação entre ciência cidadã e laboratório mostra que os dois eixos respondem a perguntas diferentes. A ciência cidadã amplia o esforço observacional e revela onde as pessoas encontram ou percebem fungos; o laboratório, por sua vez, permite isolar, cultivar, testar e preservar materiais específicos. Portanto, a ausência de correspondência direta entre os táxons registrados no iNaturalist e os morfotipos cultivados não deve ser tratada como contradição. Ela reflete diferenças de escala, método e objetivo entre observação em campo e caracterização experimental.

O uso de plataformas participativas para documentar fungos já tem sido apontado como uma alternativa promissora para ampliar registros de fungos em escala local e regional. Entretanto, estudos recentes também destacam que esses dados são mais fortes quando analisados em conjunto com curadoria especializada, conhecimento ecológico do substrato e, quando possível, material preservado em coleção (Prylutskyi, 2024; Riquelme; Furci; Silva-Flores, 2025; May et al., 2024). Por isso, neste trabalho, a ciência cidadã deve ser entendida como abordagem complementar à bibliometria e ao laboratório, e não como substituição da identificação taxonômica formal.

6.5 CONCLUSÃO

Comparada aos registros do levantamento bibliográfico e laboratorial, a ciência cidadã mostrou-se especialmente útil como estratégia educativa e como ferramenta de ampliação do esforço de observação. A revisão bibliográfica se restringe ao registro e uso de fungos com viés agrícola, enquanto a coleta de espécimes para análise laboratorial foi significativamente mais limitada quando comparada aos registros gerados pela ciência cidadã, mas encontradas

similaridades na relevância ecológica dos fungos. A diferença na quantidade de amostra entre laboratório e ciência cidadã pode ser atribuída tanto à sazonalidade dos espécimes quanto ao maior alcance proporcionado pela participação coletiva na busca e documentação desses organismos.

Portanto, os registros de ciência cidadã analisados neste capítulo demonstram que a participação de estudantes, professores, moradores e visitantes pode ampliar a visibilidade dos fungos urbanos em Araras-SP e, conseqüentemente, favorecer o desenvolvimento da educação científica, tendo em vista o protagonismo desses indivíduos na busca, observação e investigação dos fungos encontrados, bem como na reflexão sobre suas funções ecológicas e sua relação com o ambiente. Dessa forma, a atividade contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e para o fortalecimento do engajamento dos participantes com a biodiversidade local.

Além disso, a atividade permitiu reunir observações em áreas verdes e em outros pontos do município, contribuindo para a construção de uma base inicial de registros da funga local. No entanto, seus resultados exigem curadoria, pois podem apresentar limitações de geolocalização, identificação taxonômica incompleta e dependência da qualidade das fotografias. Assim, os registros participativos devem ser interpretados como dados complementares, e não como substitutos da coleta, da caracterização morfológica e da preservação em laboratório.

Em síntese, a integração entre bibliometria, laboratório e ciência cidadã oferece um caminho consistente para iniciar o estudo da funga urbana de Araras-SP e para promover maior reconhecimento público da importância ecológica dos fungos.

7 CONCLUSÕES GERAIS

A integração entre levantamento bibliométrico, coleta laboratorial e ciência cidadã permitiu construir uma leitura inicial da funga urbana de Araras-SP, especialmente no contexto do Parque Ecológico e Cultural Gilberto Rügger Ometto. Embora cada eixo tenha alcance e limitações próprias, a combinação entre eles torna o trabalho mais consistente: a bibliometria mostra o que já foi estudado, o laboratório gera material verificável e preservado, e a ciência cidadã amplia a observação pública sobre fungos em áreas urbanas. A Tabela 14 (Capítulo 3) sintetiza essa integração entre as três fontes de informação utilizadas nesse trabalho.

Os resultados do Capítulo 1 indicam que a produção científica regional sobre fungos existe, mas está concentrada principalmente em temas agrícolas, fitopatológicos e biotecnológicos. Essa predominância não diminui a importância dos estudos encontrados; ao contrário, mostra a força da pesquisa regional em áreas aplicadas. Contudo, também evidencia uma lacuna: fungos urbanos, macrofungos associados a áreas verdes públicas e registros ecológicos de ocorrência ainda são pouco explorados em Araras e municípios próximos.

No Capítulo 2, a coleta exploratória no Parque Ecológico demonstrou que a área possui fungos macroscópicos associados principalmente a troncos mortos e substratos lenhosos, reforçando seu papel como ambiente favorável à observação de organismos decompositores. A caracterização laboratorial permitiu separar morfotipos, avaliar crescimento, registrar estruturas microscópicas, realizar triagens enzimáticas preliminares, mesmo que não sejam dos fungos identificados e iniciar uma coleção fúngica local. Esses resultados são importantes mesmo sem identificação taxonômica definitiva, pois criam material preservado para futuras confirmações morfológicas e moleculares.

O Capítulo 3 mostrou que a ciência cidadã amplia o esforço de observação e contribui para a visibilidade dos fungos urbanos. Os registros do iNaturalist e da BioBlitz não devem ser interpretados como inventário taxonômico completo, pois dependem da qualidade das fotografias, da geolocalização, da participação dos observadores e da curadoria por identificadores. Ainda assim, esses dados são valiosos para educação científica, sensibilização ambiental e reconhecimento preliminar de áreas com maior frequência de registros.

Em conjunto, os três capítulos demonstram que a funga urbana de Araras pode ser estudada de forma integrada, combinando revisão da produção científica, procedimentos laboratoriais e participação social. O principal avanço do trabalho não está apenas na lista de

organismos registrados, mas na construção de um caminho metodológico para que futuras pesquisas ampliem a identificação, a preservação e a divulgação dos fungos locais.

Como continuidade, recomenda-se que os isolados preservados sejam reavaliados com chaves taxonômicas específicas, microscopia mais detalhada e, se possível, identificação molecular. Também é recomendável ampliar as coletas em diferentes épocas do ano, pois a ocorrência de corpos de frutificação depende de umidade, temperatura, substrato e estágio de decomposição. Por fim, a continuidade das atividades de ciência cidadã pode fortalecer a educação ambiental no município e contribuir para formar uma base pública de registros da funga urbana de Araras-SP.

Também é importante que a continuidade do trabalho diferencie claramente três níveis de evidência: ocorrência observacional, caracterização morfológica/cultural e identificação taxonômica. Essa distinção evita extrapolações indevidas e mostra que a funga urbana pode ser abordada por diferentes métodos, cada um com potências e limites próprios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abreu, J. A. S.; Rovida, A. F. D. S.; Pamphile, J. A. Fungos de interesse: aplicações biotecnológicas. **Revisão Uningá**, v. 21, n. 1, p. 55-59, 2025.
2. Albagli, Sarita. Ciência cidadã: conceitos e práticas. **Revista Ciência & Cultura**, v.77, n.1, p.27-31, 2024. ISSN 0009-6725. Doi: <http://dx.doi.org/10.48207/2317-6660.20250004>.
3. Almeida, Lucas Porphirio de. **Impacto do tamanho de parcelas na resposta de genótipos de cana-de-açúcar às ferrugens marrom e alaranjada em experimentos de campo**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/16261>.
4. Alterthum, F. **Biotecnologia industrial: fundamentos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020.
5. **Arquivos do Instituto Biológico**. Instituto Biológico, v. 79, n. 4, p. 549-556, 2012.
6. Baldrian, Petr. Forest microbiome: diversity, complexity and dynamics. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 41, n. 2, p. 109-130, 2017.
7. Bauer, R.; Garnica, S.; Oberwinkler, F.; Riess, K.; Weiß, M.; Begerow, D. Entorrhizomycota: um novo filo fúngico revela novas perspectivas sobre a evolução dos fungos. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, 2015.
8. Bezerra, Gabrielle Alves. **Isolamento e seleção de microrganismos de cana-de-açúcar com potencial de promoção de crescimento vegetal**. 2021. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/15091>.
9. Bispo, Rafaela Letícia Brito. **Isolamento e seleção de leveduras promotoras de crescimento vegetal de solo sob cultivo de milho orgânico**. 2022. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/17043>.

10. Bittencourt, Felipe; Karstedt, Fernanda; Pulgarín, Melissa Palacio; Wangenheim, Aldo von; Santos, Elisandro Ricardo Drechsler. **Protocolo de captura de imagens de macrofungos**. 1. ed. Florianópolis, Santa Catarina: Officio, 2022.
11. Boddy, Lynne; Watkinson, Sarah C. Wood decomposition, higher fungi, and their role in nutrient redistribution. **Canadian Journal of Botany**, v. 73, p. 1377-1383, 1995.
12. Bonney, Rick et al. Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. **BioScience**, v. 59, n. 11, p. 977-984, 2009.
13. Bosqueiro, Ariane Silva. **Leveduras como agentes de controle de *Alternaria alternata* em tomates no pós-colheita: mecanismos, resistência a estresses e formulação**. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/11419>.
14. Bosqueiro, A. S. B.; Bizarria Júnior, R.; Rosa-Magri, M. M. Potential of *Trichosporon asahii* against *Alternaria sp.* and mechanisms of action. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 1, p. 20-25, 2020.
15. **Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 62, de 26 de agosto de 2003.
16. California Academy of Sciences and National Geographic Society. **iNaturalist**. Versão 1.36.8. [EUA], 2011.
17. Callaghan, Corey T. et al. Large-bodied birds are over-represented in unstructured citizen science data. **Scientific Reports**, v. 11, 2021. Doi: 10.1038/s41598-021-98584-7.
18. Canto, E. S. M.; Costa, D. V. S.; Sousa, L. S.; Antunes, P. G.; Bentes, V. S.; Sousa, Y. S.; Santo, T. T. dos. Avaliação da produção de atividade enzimática por fungos filamentosos coletados de solo amazônico. **Biotecnologia Microbiana**, v. 1, p. 142-156, 2023.
19. Capelato, Karina. **Análise biogeográfica de líquens como indicadores da poluição do ar da cidade de Araras - SP**. 2007. 101 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007.
20. Capelari, M. e Zadrazil, F. Lignin degradation and in vitro digestibility of wheat straw treated with brazilian tropical species of white rot fungi. **Folia Microbiol.**, v. 42, p. 481-487, 1997.
21. Castro, Fernanda Ticianelli de. **Tratamentos biológicos na produção de mudas e produtividade de pimentão (*Capsicum annuum L.*)**. 2024. Trabalho de Conclusão

- de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/21160>.
22. Cavalcante, R. V.; Borin, L.; Rosseto, L.; Pascotte, D. P.; Moraes Pedroso, C. Diagnose Ambiental do Parque Cultural e Ecológico “Gilberto Rügger Ometto”, Araras – SP, Brasil. **Revista Científica da FHO|Uniararas**, v. 1, p. 45-54, 2013.
 23. Cavalier-Smith, T. A revised six-kingdom system of life. **Biological Reviews**, v. 73, p. 203-266, 1998.
 24. Chandler, Mark et al. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. **Biological Conservation**, v. 213, p. 280-294, 2017.
 25. Costa, Itana da Purificação. **Isolamento, seleção e identificação de fungos filamentosos produtores de enzimas de interesse para indústria de alimentos a partir de *Moringa oleifera* Lam., Moringaceae**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2024. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/16623>.
 26. Dickinson, Janis L.; Zuckerberg, Benjamin; Bonter, David N. **Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits**. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, v. 41, p. 149-172, 2010.
 27. Donthu, Naveen; Kumar, Satish; Mukherjee, Debmalya; Pandey, Nitesh; Lim, Weng Marc. How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285-296, 2021.
 28. Dorta, Caroline. **Avaliação das leveduras *Torulaspora globosa* e *Trichosporon asahii* no controle da podridão negra em frutos de tomate**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/13651>.
 29. Ekiz, E., Oz, E., Abd El-Aty, AM, Proestos, C., Brennan, C., Zeng, M., Tomasevic, I., Elobeid, T., Çadırcı, K., Bayrak, M., & Oz, F. Exploring the Potential Medicinal Benefits of Ganoderma lucidum: From Metabolic Disorders to Coronavirus Infections. **Foods**, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/foods1207151>.
 30. Doweld, A. B. ***Prosylabus tracheophytorum*: Uma experiência com o sistema de plantas vasculares (*Tracheophyta*)**. Moscou: GEOS, n. 28, p. 200, 2001.
 31. Doweld, A. B. Novitates nomenclaturales. **Index Fungorum**, n. 42, 2013.

32. Fernandes, M., Gugliotta, A.M., Silva, D.S., Pires, R.M. 2024. **Fungos trametóides (*Polyporaceae*, *Basidiomycota*) do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga**. São Paulo: Estado de São Paulo, 2023. <https://doi.org/10.1590/2236-8906e202023>.
33. Fidalgo, Oswaldo; Bononi, Vera Lúcia Ramos. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 32, 1984.
34. Galindo, L. J.; López-García, P.; Torruella, G.; Karpov, S.; Moreira, D. Phylogenomics of a new fungal phylum reveals multiple waves of reductive evolution across Holomycota. **Nature Communications**, v. 12, 2021.
35. Glänzel, Wolfgang. **Bibliometrics as a research field: a course on theory and application of bibliometric indicators**. 2003.
36. Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
37. **Goiás**. Secretaria de Saúde do Estado de Goiás. Módulo 8: detecção e identificação de fungos de importância médica. Goiânia, 2017.
38. Guerrero, Rosa Trinidad e Silveira Rosa Mara Borges da. **Glossário ilustrado de fungos: termos e conceitos aplicados à micologia**. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2003.
39. Guzmán-Dávalos, L. e Gúzman, G. Estudio ecológico comparativo entre los hongos (macromicetos) de los bosques tropicales y los de coníferas del sureste de Mexico. **Boletín de la sociedad mexicana de micología**, Monterrey, n. 13, p. 89-126, 1979.
40. Haelewaters, Danny et al. The power of citizen science to advance fungal conservation. **Conservation Letters**, v. 17, n. 3, 2024.
41. Hankin, L.; Anagnostakis, S. L. The use of solid media for detection of enzyme production by fungi. **Mycologia**, v. 67, n. 3, p. 597-607, 1975.
42. Hawksworth, David L.; Lücking, Robert. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. **Microbiology Spectrum**, v. 5, n. 4, 2017.
43. Heilmann-Clausen, Jacob et al. How citizen science boosted primary knowledge on fungal biodiversity in Denmark. **Biological Conservation**, v. 237, 2019.
44. Humber, R. A. **Entomophthoromycota: um novo filo e reclassificação para fungos entomophthoroides**. Mycotaxon, v. 120, p. 477-492, 2012.
45. Inforsato, Fábio José e Porto, André Luiz Meleiro. Atividade enzimática de celulase pelo método DNS de fungos isolados de sementes em germinação. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n 4, p. 444-465, 2016.

46. Instituto de Estudos Avançados e Estratégias da UFSCar. Grupo de Trabalho Temático Biodiversidade para o Futuro: GTT BioFuturo. Instituto de Estudos Avançados e Estratégias da UFSCar, 2024.
47. James, T. Y. et al. Reconstruindo a evolução inicial dos fungos usando uma filogenia de seis genes. **Nature**, v. 443, p. 818-822, 2006.
48. Janusz G, Pawlik A, Sulej J, Swiderska-Burek U, Jarosz-Wilkolazka A, Paszczynski A. Lignin degradation: microorganisms, enzymes involved, genomes analysis and evolution. **FEMS Microbiol Rev**, p. 941-962, 2017. Doi: 10.1093/femsre/fux049.
49. Jesus, Gabriel Scanavachi de. **Bioprospecção de fungos filamentosos e leveduras para a produção de enzimas visando obtenção de etanol de segunda geração**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/18722>.
50. Kasana, Ramesh C.; Salwan, Richa; Dhar, Hena; Dutt, Som; Gulati, Arvind. A rapid and easy method for the detection of microbial cellulases on agar plates using Gram's iodine. **Current Microbiology**, v. 57, p. 503-507, 2008.
51. Karasinski, D. et al. Anthoporia, a new genus in the *Polyporales* (*Agaricomycetes*). **Polish Botanical Journal**, p. 7-14, 2016. Doi: 10.1515/pbj-2016-0017.
52. Karpov SA, Mamkaeva MA, Aleoshin VV, Nassonova E, Lilje O, Gleason FH. Morphology, phylogeny, and ecology of the *aphelids* (*Aphelidea*, *Opisthokonta*) and proposal for the new superphylum *Opisthosporidia*. **Front Microbiol**, 2014. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00112>.
53. Lima, Wéllima Timóteo de. **Método para classificação da reação de genótipos de cana-de-açúcar às ferrugens marrom e alaranjada**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/14657>.
54. Lodge, D. Jean; Ammirati, Joseph F.; O'Dell, Thomas E.; Mueller, Gregory M. Collecting and describing macrofungi. In: **Biodiversity of Fungi: inventory and monitoring methods**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004.
55. Maia, L. C.; Carvalho Junior, A. A. **Os fungos do Brasil**. In: Forzza, RC., org., et al. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 1, p. 43-48, 2010.

56. Marinho, Ana Leticia Galante. **Prospecção de enzimas amilolíticas a partir de fungos filamentosos isolados do alimento larval de abelhas sem ferrão nativas do Brasil**. 2023. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Doi: <http://orcid.org/0009-0000-9341-7435>.
57. Mason, Brittany M. et al. iNaturalist accelerates biodiversity research. **BioScience**, v. 75, n. 11, p. 953-965, 2025.
58. May, T. W. Use of target species in citizen science fungi recording schemes. **Biodiversity Information Science and Standards**, v. 5, e73960, 2021.
59. Mendes, Wanderson; Brida, Maria Teixeira Gonçalves; Carvalho, Nayane; Santos, Miguel; Oliveira, Tarcisio; Benassi, V. M. **Caracterização macroscópica de fungos filamentosos visando identificar potenciais aditivos alimentares para otimização de processos na indústria alimentícia**. P. 1-9, 2022. Doi: 10.29327/167959.1-5.
60. Menezes, Aline Anjos de; Leite, Amanda Barreto Xavier; Otsuka, Amanda Yumi; Jesus, Luciana Santos de; Cáceres, Marcela Eugenia da Silva. Novas ocorrências de líquens corticícolas crostosos e microfoliosos em vegetação de Caatinga no semiárido de Alagoas. **Acta Botanica Brasilica**, 2011.
61. Miguez, Nataly G.; Mason, Brittany M.; Qiu, Jiangxiao; Cao, Haojie; Callaghan, Corey T. Urban greenspaces benefit both human utility and biodiversity. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 107, 2025.
62. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Instituto Nacional da Mata Atlântica**. Ciência cidadã: conectando ciência e sociedade em prol da conservação e sustentabilidade da Mata Atlântica. Boletim do Museu de Biologia. Prof. Mello Leitão, v. 1, n. 2, 2024.
63. **Ministério do Meio Ambiente**. Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. Brasília: MMA, 2011.
64. Moore, R. T. Taxonomic proposals for the classification of marine yeasts and other yeast-like fungi including the smuts. **Botanica Marina**, v. 23, n. 6, p. 361-373, 1980.
65. Morais, Giovana Cabello de. **Uma nova raça fisiológica de *Puccinia kuehnii* virulenta a variedade RB966928**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/19421>.

66. Mueller, Gregory M.; Bills, Gerald F.; Foster, Mercedes S. (ed.). Biodiversity of Fungi: inventory and monitoring methods. Amsterdam: **Elsevier Academic Press**, 2004.
67. Nakasone, Karen K.; Peterson, Stephen W.; Jong, Shung-Chang. Preservation and distribution of fungal cultures. *In*: Biodiversity of Fungi: inventory and monitoring methods. Amsterdam: **Elsevier Academic Press**, 2004.
68. Nguyen, P.-Y.; Astell-Burt, T.; Rahimi-Ardabili, H.; Feng, X. Green Space Quality and Health: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, 2021.
69. Oliveira, G. K.; Barreto, F. Z.; Balsalobre, T. W. A.; Chapola, R. G.; Hoffmann, H. P.; Carneiro, M. S. Molecular evaluation and phenotypic screening of brown and orange rust in *Saccharum* germplasm. **PLOS ONE**, v. 19, n. 7, 2024.
70. Page, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, 2021.
71. Petrônio, Luana Carolina de Franco. **Óleo essencial de limão para controle de *Alternaria alternata* (Fr:Fr.) Keissler f. sp. citri**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/20409>.
72. Pitt, John I.; Hocking, Ailsa D. **Fungi and Food Spoilage**. 4. ed. Cham: Springer, 2022.
73. Prylutskyi, Olexandr. State-of-the-art of iNaturalist as a source of data on fungi: potential and limitations for mycological research. **Citizen Science: Theory and Practice**, v. 9, n. 1, 2024.
74. **Rede Brasileira de Ciência Cidadã**. Carta aberta da RBCC: recomendações e boas práticas à ciência cidadã no Brasil. 2025.
75. Ribeiro, M. C.; Soares, M. M. S. R. **Microbiologia prática: roteiro e manual**. São Paulo: Atheneu, 2002.
76. Riquelme, C.; Furci, G.; Silva-Flores, P. iNaturalist as a platform for documenting Chilean funga. **Lilloa**, v. 62, n. 1, p. 61-83, 2025.
77. Rocha, Renata Kühl. **Solubilização *in vitro* de fosfato por *Torulaspora globosa***. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/9149>.

78. Ronquim,, Júlio Cesar Sammarco. **Qualidade físico-química e tolerância à *Phyllosticta citricarpa*, *Elsinoe fawcettii* e “*Candidatus Liberibacter spp.*” em genótipos de limão (*Citrus limon*).** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/16175>.
79. Ruffatto, Kettlin; Ziem, Jeferson Henrique; Maciel, Mônica Jachetti. Avaliação da viabilidade de células fúngicas em diferentes tipos de armazenamento. **Revista Estudo & Debate**, v. 28, n. 2, 2021.
80. Samson, Robert A.; Houbraken, Jos; Thrane, Ulf; Frisvad, Jens C.; Andersen, Birgitte. **Food and Indoor Fungi**. 2. ed. Utrecht: Westerdijk. Fungal Biodiversity Institute, 2019.
81. Santos, Elisandro Ricardo Drechsler dos. **Material complementar ao livro Sistemática Vegetal I: Fungos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
82. Schüßler, A.; Schwarzott, D.; Walker, C. Um novo filo fúngico, Glomeromycota: evolução e filogenia. **Mycological Research**, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.
83. Schoch, Conrad L. et al. **Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for *Fungi***. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 109, n. 16, p. 6241-6246, 2012.
84. Silveira, Verlande Duarte. **Micologia**. 5 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, p. 336, 1995.
85. Snyder, Hannah. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 333-339, 2019.
86. Soares, Izabel Aparecida; Flores, Andressa Caroline; Zanettin, Luana; Pin, Heloana Karoline; Mendonça, Marcos Marques; Barcelos, Rodrigo Patera; Trevisol, Luciane Regina; Carvalho, Rosimere Domingos; Schauren, Dionéia; Rocha, Carmem Lucia de Mello Sartori Cardoso da; Baroni, Suzymeire. Identification of the amylolytic potential of mutant strains of the filamentous fungi *Aspergillus nidulans*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 700-705, 2010.
87. Souza, Felipe Gomes de. **Reação de genótipos de cana-de-açúcar à ferrugem alaranjada nos ciclos de cana-planta e de cana-soca**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São

- Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/14644>.
88. Spatafora, J. W. et al. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. **Mycologia**, v. 108, n. 5, p. 1028-1046, 2016.
 89. Tanabe Y, Watanabe MM, Sugiyama J. Evolutionary relationships among basal fungi (Chytridiomycota and Zygomycota): Insights from molecular phylogenetics. *J Gen Appl Microbiol*. p. 267-76, 2005. Doi: 10.2323/jgam.51.267.
 90. Teather, Ronald M.; Wood, Philip J. **Use of Congo red-polysaccharide interactions in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from the bovine rumen.** *Applied and Environmental Microbiology*, v. 43, n. 4, p. 777-780, 1982.
 91. Tedersoo, L.; Sánchez-Ramírez, S.; Kõljalg, U.; Bahram, M.; Döring, M.; Schigel, D.; May, T.; Ryberg, M.; Abarenkov, K. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal Diversity**, v. 90, p. 135-159, 2018.
 92. Thiers, Barbara M. et al. The Macrofungi Collection Consortium. **Applications in Plant Sciences**, v. 6, n. 2, 2018.
 93. Uzan, Juliana. **Podridão abacaxi da cana-de-açúcar: reação de variedades, controle químico e diversidade patogênica.** 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/11721>.
 94. Větrovský, Tomáš et al. GlobalFungi, a global database of fungal occurrences from high-throughput-sequencing metabarcoding studies. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, 228, 2020.
 95. White MM, James TY, O'Donnell K, Cafaro MJ, Tanabe Y, Sugiyama J (2006). Phylogeny of the Zygomycota based on nuclear ribosomal sequence data. **Mycologia** 98(6):872–884. Doi: <https://doi.org/10.3852/mycologia.98.6.872>.
 96. Whittaker, R. H. On the broad classification of organisms. **Quarterly Review of Biology**, v. 34, p. 210-226, 1959.
 97. Wijayawardene, N.N., Hyde, K.D., Mikhailov, K.V. et al. **Classes and phyla of the kingdom *Fungi*.** *Fungal Diversity* 128, 1–165 (2024). Doi: <https://doi.org/10.1007/s13225-024-00540-z>.
 98. Xing, Jia-Hui & Sun, Yi-Fei & Han, Yu-Li & Cui, Bao-Kai & Dai, Yu-Cheng. (2018). Morphological and molecular identification of two new *Ganoderma* species on *Casuarina equisetifolia* from China. *MycoKeys*. P. 93-108. Doi:10.3897/mycokeys.34.22593.

99. Zorel, Daiane. **Chemical and microbiological attributes of soil cultivated with sugar cane under conventional and organic managements**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2011.
100. Zunkeller, Andreza Bonetto. **Óleos essenciais de tangerinas para manejo de podridão floral dos citros (*Colletotrichum abscissum*)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/211>.