

## MIND.Funga - DA PESQUISA COM MACROFUNGOS DAS MATAS NEBULARES DE SANTA CATARINA À POPULARIZAÇÃO E INOVAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

Eloisa Leopoldo<sup>1\*</sup>, Mahatmã Titton<sup>2</sup>, Thiago K. Cardoso<sup>2</sup>, Kelmer Martins-Cunha<sup>1</sup>, Diogo Henrique Costa-Rezende<sup>3</sup>, Fernanda Karstedt<sup>3</sup>, Genivaldo Alves-Silva<sup>4</sup>, Elisandro Ricardo Drechsler-Santos<sup>5\*</sup>

1. Estudante de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
2. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Fungos, Algas e Plantas (PPGFAP-UFSC)
3. Pesquisadores colaboradores do grupo de pesquisa MIND.Funga (MICOLAB-UFSC)
4. Pós-doutorando PPGFAP-UFSC
5. Professor do CCB-UFSC - Departamento de Botânica - MICOLAB / Orientador

\* autores correspondentes: eloisa.leopoldo01@gmail.com; drechslersantos@yahoo.com.br

### Resumo

As matas nebulares (MN) são ecossistemas únicos, submetidos a diversas ameaças, hospedam uma a funga em perigo. Conhecer a diversidade dos fungos desses locais e promover ações de acesso a esse conhecimento à população em geral são prioridades. Com objetivo de conhecer e divulgar a diversidade da funga das MN catarinenses, foi construído um banco de dados para um app de reconhecimento de espécies e realizadas publicações em redes sociais. O trabalho foi dividido em três partes: análises macromorfológicas, montagem da base de imagens e divulgação científica no *Instagram* (IG). Dos 1200 espécimes coletados, 269 são Ascomycota e 927 Basidiomycota. O treino da inteligência artificial do aplicativo teve 400 espécies e 19 mil fotografias (2.200 tratadas). O IG atualmente tem mais de 2 mil seguidores e 31 postagens são deste projeto. Os dados ampliaram o conhecimento sobre os fungos das MN catarinenses.

**Palavras-chave:** Funga; Inteligência Artificial; Divulgação científica.

**Apoio financeiro:** FAPESC/CNPq.

### Introdução

Os fungos compreendem organismos que desempenham importantes funções ecossistêmicas sendo um dos principais decompositores de matéria orgânica. Atualmente são reconhecidas aproximadamente 145 mil espécies de fungos (ANTONELLI et al., 2020), o que compreende um baixo número de espécies quando comparado às estimativas mais conservadoras sobre diversidade do grupo (3.8 milhões de espécies, Hawksworth & Lucking 2017).

Muitos destes fungos são ainda desconhecidos em ambientes extremos e sensíveis às mudanças climáticas, como ecossistemas de altitude (Bruijnzeel et al., 2011). As matas nebulares (MN) correspondem a ambientes restritos e naturalmente fragmentados. Sua principal característica é a presença constante de nuvens na vegetação, abrigando grande diversidade biológica e alto nível de endemismos (IBGE, 2012; Olmo-Ruiz et al., 2017). Em Santa Catarina, as MN podem ser encontradas na Floresta Ombrófila Densa e na Floresta Ombrófila Mista (Falkenberg & Voltolini, 1995). No Brasil, além da crise climática global, as MN sofrem ameaças de natureza antrópica (Falkenberg & Voltolini, 1995; Still, Foster & Schneider, 1999), com muitas espécies da flora, fauna e funga em risco de extinção. Diante dessa situação, é necessário conhecer a diversidade fúngica das matinhas nebulares catarinenses.

Além das pesquisas, ações de divulgação e acesso ao conhecimento sobre a diversidade e conservação desses fungos pela população em geral são fundamentais. As últimas décadas têm sido marcadas pela geração massiva de conteúdo científico nos diversos meios, sendo o uso de ferramentas digitais no ensino básico uma das estratégias utilizadas para modernizar o ensino e estimular o interesse por ciência nos alunos (Greenfield, 2009; Macedo et al. 2013; Patiño et al. 2017). Esse conhecimento científico precisa também extrapolar a sala de aula. Nesse sentido as atividades de divulgação científica são uma importante ferramenta para difusão desse saber, pois através dela é feita uma ponte entre os cientistas e a sociedade em geral (LORDÉLO & PORTO, 2012).

Com isto, este trabalho tem como objetivo conhecer e divulgar a diversidade da funga das MN catarinenses, construindo um banco de dados para o uso em um aplicativo de reconhecimento de espécies e promovendo ações de divulgação científica sobre os fungos através de redes sociais, com o intuito de estimular a conscientização da população sobre a existência e conservação da Funga.

### Metodologia

O trabalho está dividido em três frentes: i) análise das coletas de campo; ii) desenvolvimento do banco de imagens para o aplicativo e iii) divulgação científica dos trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa.

Nas expedições de campo, os macrofungos foram fotografados em seu substrato, coletados, etiquetados e acondicionados em caixas plásticas. Como metadados associados, foram anotados o número de coleta, a data, o tipo de substrato e as coordenadas geográficas do local aferidas por meio de GPS. As

amostras foram processadas a partir da retirada de pequenas porções dos espécimes para extração de DNA e análises filogenéticas moleculares, e as fotografias foram passadas para o banco de dados no computador com registro em planilha eletrônica, onde foi anotada uma identificação prévia dos espécimes coletados. Posteriormente, os fungos foram desidratados à 40 °C durante 1-2 dias. Após completa secagem, os espécimes foram acondicionados em sacos plásticos *ziplock* juntamente com a sua etiqueta de identificação.

A pandemia de COVID-19 tornou inviável algumas das atividades planejadas, o que impediu o uso do laboratório para análises morfológicas e moleculares, sendo preciso adaptação ao trabalho remoto. As análises foram realizadas através das fotografias detalhadas dos espécimes, as quais foram incorporadas na nuvem (*Google Drive*). Os espécimes foram determinados e planilhados de acordo com o seu grupo morfológico (morfogrupos) e filo (Ascomycota ou Basidiomycota). Os morfogrupos são determinações prévias.

Para o aplicativo de reconhecimento de espécies foi construído um banco de dados com imagens de macrofungos. Esse banco contém fotografias divididas em pastas para cada espécie, o qual foi utilizado para treinar uma rede neural convolucional, que compõe o conjunto de inteligência artificial (IA) capaz de reconhecer táxons a partir do padrão de imagens dos esporomas. A base foi curada para o treino da IA, as fotografias escolhidas foram identificadas por especialistas, editadas para um fundo especial de treinamento da rede, enquadradas e analisadas perante a qualidade. Também foi montado uma planilha com informações levantadas sobre cada espécie que serão apresentadas ao usuário juntamente com o resultado e sugestão de nome dada pelo aplicativo.

A divulgação científica consistiu em apresentar ao público os trabalhos realizados pelo GP MIND.Funga/MICOLAB, além de levar informação e conhecimento sobre a diversidade da funga em geral. A divulgação desses trabalhos se deu através do *Instagram* do MIND.Funga. As postagens foram desenvolvidas na plataforma online de design gráfico *Canva*® (<https://www.canva.com/>), sendo elas em forma de carrossel, fotos, vídeos curtos, vídeos longos para IGTV e *stories*.

## Resultados e Discussão

As expedições de campo no âmbito do projeto foram realizadas nas seguintes áreas de MN: RPPN Campo do Zinco (Benedito Novo/SC), Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (São Bonifácio/SC), RPPN Portal das Nascentes (Urubici/SC), Parque Nacional de Aparados da Serra Geral (Cambará do Sul/RS-SC), Parque Nacional de São Joaquim (SC), RPPN Prima Luna (Nova Trento/SC) e Reserva São Francisco (Nova Veneza/SC). Foram coletadas 1200 amostras, sendo 269 Ascomycota e 927 Basidiomycota. Quatro espécimes, diante da dificuldade de determinação, foram marcadas como "Não Identificadas". Dos 14 morfogrupos de Basidiomycota, os mais representativos foram "Ressupinados/Efuso-reflexo" com 277 espécimes, seguido de "Estipitado Lamelar" com 238 espécimes e "Séssil poroide" com 235 espécimes. Já em Ascomycota, dos cinco morfogrupos os mais representativos foram "Xylarioides" com 103 espécimes, seguido de "Discoides" com 82 espécimes e "Hypocreoide" com 72 espécimes.

As análises morfológicas por imagens foram bastante desafiadoras, os fungos são organismos onde a delimitação de grupos perpassa por análises multifatoriais (macro e micromorfologia, biologia molecular, ecologia da espécie, etc.). Mesmo com as limitações, os resultados são bastante promissores. O montante de espécimes coletados nas matas nebulares catarinenses é superior ao já informado, de 740 espécies para as matas nebulares brasileiras, por Olmo-Ruiz et al. (2017). Neste mesmo artigo, o número de registros de fungos de Ascomycota e Basidiomycota em MN brasileiras é de 286 espécimes e 452 espécimes, respectivamente, o que evidencia a enorme lacuna existente. Além disso, o único trabalho a descrever fungos em uma MN de Santa Catarina é de Silveira & Guerrero em 1991 (Falkenberg & Voltolini 1995) há 27 anos atrás. Desde então o projeto ao qual este trabalho está inserido é o único com significativa amostragem de macrofungos em diversas áreas de MN na Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa de Santa Catarina.

A primeira versão do banco de dados com as imagens para o treinamento da rede neural convolucional contou com 19 mil fotografias de 400 espécies de macrofungos, sendo 2.200 dessas imagens enquadradas e tratadas seguindo as regras de curadoria para um melhor aproveitamento da rede neural. Após esta primeira versão, o banco de imagens continua sendo alimentado para que cada vez mais se tenha uma maior variabilidade morfológica de cada espécie, melhorando assim o reconhecimento a partir da IA. Um dos grandes diferenciais do aplicativo MIND.Funga, que está em desenvolvimento, é a curadoria das imagens, onde especialistas em taxonomia de fungos analisam imagens e contribuem para a ampliação e precisão da base de dados (DHILLON et al., 2020). Ajustes, adequações e incorporação de imagens estão sendo realizadas para que o desempenho seja ainda mais vantajoso. Ainda, está em andamento a implementação do *layout* oficial do aplicativo. A utilização de métodos de inteligência artificial para reconhecimento de espécies em diferentes grupos de organismos é bastante promissora e vêm obtendo resultados positivos (ROSA, 2018; MOURA, 2020; BARROS et al., 2021; NOCELI, COELHO & BAFFA, 2021; PINHEIRO & SOARES, 2021).

Os primeiros dados gerados sobre a divulgação científica do grupo de pesquisa são de março de 2021, onde o perfil apresentava 104 publicações, 1200 seguidores e uma média de 3000 contas alcançadas. Em setembro de 2021, o perfil já contava com 137 publicações e mais de 2 mil seguidores, alcançando mais de 10 mil perfis. Ao total foram publicadas 87 postagens ao longo do último ano (setembro 2020/ setembro 2021), das quais 31 são deste projeto, do total 56 foram do tipo carrossel, 18 fotos, 9 vídeos curtos e 3 vídeos longos para *Instagram*. As publicações com maior alcance orgânico (ou seja, sem promoção paga) foram os vídeos

curtos com a média de 840 contas alcançadas, seguido dos vídeos longos com média de 681 contas. A chegada da pandemia de COVID-19 reafirmou a importância da divulgação científica, com o deslocamento para o trabalho remoto e as crescentes desinformações sobre conteúdos científicos nas redes sociais, ficou clara a necessidade dos grupos de pesquisa utilizarem novas ferramentas para dialogar e informar a população em geral. Além de estabelecer esse diálogo com o público, o uso da divulgação científica em redes sociais se mostrou uma nova ferramenta para o ensino em sala de aula, onde os professores utilizam esses materiais para inovar e atualizar suas aulas, permitindo uma significação dos conceitos científicos pelos alunos (COLPO, WENZEL & SCHERER, 2021; MICELI & ROCHA, 2022).

### Conclusões

Os dados dos 1.200 espécimes de macrofungos das matas nebulares catarinenses representam uma grande diversidade ainda por ser descrita e também útil para mapear as espécies e avaliá-las segundo os critérios de ameaça da IUCN, sendo este um passo importante para a conservação da funga das MN catarinenses. A primeira versão do banco de dados permitiu o primeiro treino da rede neural convolucional. Assim que as novas versões forem testadas e aprovadas, o aplicativo estará disponível para utilização em programas de educação científica e de ciência cidadã (PCC), sendo este PCC, o primeiro com fungos no Brasil. Com as publicações, a divulgação científica se mostrou estratégica para a difusão do conhecimento também gerado pelo GP MIND.Funga, pois vem alcançando diferentes setores da sociedade.

### Referências bibliográficas

- ANTONELLI, A.; FRY, C.; SMITH, R.J.; SIMMONDS, M.S.J.; KERSEY, P.J.; PRITCHARD, H.W.; ABBO, M.S.; ACEDO, C.; ADAMS, J.; AINSWORTH, A.M.. State of the World's Plants and Fungi 2020. **Royal Botanic Gardens, Kew**, [S.L.], p. 1-100, set. 2020. Royal Botanic Gardens, Kew. <http://dx.doi.org/10.34885/172>.
- BRUIJNZEEL, L., KAPPELLE, M., MULLIGAN, M., & SCATENA, F. (2011). Tropical montane cloud forests: State of knowledge and sustainability perspectives in a changing world. In L. Bruijnzeel, F. Scatena, & L. Hamilton (Eds.), **Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management** (International Hydrology Series, pp. 691-740). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511778384.074.
- BARROS, Caio Martim; FREITAS, Emanuel Diego Gonçalves de; BRAGA, Antonio Rafael; BOMFIM, Isac Gabriel Abrahão; GOMES, Danielo G.. Aplicando Redes Neurais Convolucionais em Imagens para Reconhecimento Automatizado de Abelhas Melíferas (*Apis mellifera* L.). In: WORKSHOP DE COMPUTAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (WCAMA), 12. , 2021, Evento Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021 . p. 19-28. ISSN 2595-6124. DOI: <https://doi.org/10.5753/wcama>. 2021.15733.
- COLPO, Camila Carolina; WENZEL, Judite SCHERER. Uma revisão acerca do uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências: inferências e possibilidades. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 3-23, 21 maio de 2021. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2021.e67344>.
- DAHLBERG, A. & MUELLER, G.M. (2011) Applying IUCN red-listing criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. **Fungal Ecology** 4(2): 147-162.
- DHILLON A, VERMA GK. Convolutional neural network: a review of models, methodologies and applications to object detection. **Progress in Artificial Intelligence**. 2020 Jun;9(2):85-112.
- FALKENBERG, Daniel de Barcellos; VOLTOLINI, Julio Cesar. The Montane Cloud Forest in Southern Brazil. In: HAMILTON, Lawrence S.; JUVIK, James O. SCATENA, F. N. (ed.). **Tropical montane cloud forests**. New York: Springer-Verlag, Cap. 8. p. 1-425, 1995.
- GREENFIELD, P. M. (2009) Technology and informal education: What is taught, what is learned. **Science** 323(5910): 69-71
- HAWKSWORTH, D.L. & LÜCKING, R. (2017) Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. **Microbiology spectrum** 5(4).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: sistema fitogeográfico: inventário das formações florestais e campestres: técnicas e manejo de coleções botânicas: procedimentos para mapeamentos**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE, Rio de Janeiro, 272 p.
- LORDÊLO, F.S.; PORTO, C.M. Divulgação Científica Cultura Científica: Conceitos E Aplicabilidade. **Rev. Ciênc. Ext.** [S.L.], v.8, n.1, p.1-18, 2012.
- MICELI, Bruna Sarpa; ROCHA, Marcelo Borges. Percepções de professores de ciências naturais sobre divulgação científica: análise de um curso de extensão. **Revista Cocar**, [S.L.], v. 16, n. 34, p. 1-17, mar. 2022.
- NOCELI, Diego Nunes; COELHO, Alessandra Martins; BAFFA, Matheus de Freitas Oliveira. Uma Abordagem Multiclasse para a Caracterização de Flores Utilizando Redes Neurais Convolucionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE COMPUTAÇÃO DOS INSTITUTOS FEDERAIS (ENCOMPIF), 8. , 2021, Evento Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de

Computação, 2021. p. 65-72. ISSN 2763-8766. DOI: <https://doi.org/10.5753/encompif.2021.15952>.

OLMO-RUIZ, Mariana del; GARCÍA-SANDOVAL, Ricardo; ALCÁNTARA-AYALA, Othón; VÉLIZ, Mario; LUNA-VEGA, Isolda. Current knowledge of fungi from neotropical montane cloud forests: distributional patterns and composition. **Biodiversity And Conservation**, [S.L.], v. 26, n. 8, p. 1919-1942, 28 mar. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-017-1337-5>.

PATIÑO, M.L., PADILLA, J. & MASSARANI, L. Diagnóstico de la Divulgación de la Ciencia en América Latina: Una mirada a la práctica en el campo. **Fibonacci e RedPOP**, Ciudad de México. p. 144 , 2017.

ROSA, Renan de Paula. Método De Classificação De Pragas Por Meio De Rede Neural Convolucional Profunda. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Computação Aplicada, Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

SILVEIRA, R.M.B., and R.T. GUERRERO. 1991. Aphyllophorales poliporoides (Basidiomycetes) do Parque Nacional de Aparados da Serra, Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto de Biociências**, 48:3-121.

STILL, Christopher J.; FOSTER, Prudence N.; SCHNEIDER, Stephen H. Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. **Nature**, [S.L.], v. 398, n. 6728, p. 608-610, abr. 1999. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/19293>.