

LÍVIA MELO ALVES DE MORAIS

**Isolamento e conservação de fungos com potencial plastífero em sedimentos e
redes de pesca do Rio dos Bugres - SP**

São Vicente - SP

2025

LÍVIA MELO ALVES DE MORAIS

**Isolamento e conservação de fungos com potencial plastífero em sedimentos e
redes de pesca do Rio dos Bugres - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Biociências, Campus do Litoral Paulista, como parte
dos requisitos para obtenção do Grau de bacharel em
Ciências Biológicas, com habilitação em Biologia
Marinha.

Orientadora: Professora Dr^a. Cristiane Angélica Ottoni

Coorientadora: Mariana Ferreira Martins Cardoso

SÃO VICENTE - SP

2025

M827i Moraes, Livia

Isolamento e conservação de fungos com potencial plastífero em sedimentos e redes de pesca do Rio dos Bugres - SP / Livia Moraes. -- São Vicente, 2025

33 p.

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

Orientadora: Cristiane Ottoni

Coorientadora: Mariana Cardoso

1. Fungos Filamentosos. 2. Rio dos Bugres. 3. Degradação. 4. Microplásticos. 5. Biorremediação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Universidade Estadual Júlio Mesquita Filho (UNESP), pela base, infraestrutura e aprendizado ao longo do curso, além de todos os anos de experiência acadêmica e extracurricular. Se não fosse à UNESP, não conheceria grande parte de pessoas excepcionais que me ensinaram tanto e não teria vivido experiências que me agregariam o crescimento pessoal que adquiri nesse processo. É uma honra ser UNESP, especialmente UNESP São Vicente.

Agradeço à Profa. Dra Cristiane Angélica Ottoni, por ter me acolhido no laboratório e me ajudado com toda sua orientação durante esse período, especialmente por tornar o processo da pesquisa algo não estressante e assustador. Do mesmo jeito, agradeço à Mariana pela co-orientação e me ajudar sempre que precisei, de responder uma mensagem às 20h da noite de um domingo até para me abrigar quando fomos no congresso em Poços de Caldas.

Aos colegas de laboratório, principalmente ao Arthur, que me ensinou todos os processos que sei no laboratório e me ajudou em diversas etapas da pesquisa, até para deixar o ambiente de trabalho um local confortável e descontraído.

À atlética e a Liga Universitária de Esportes Universitários, que me ensinou trabalho em equipe, responsabilidade, parceria e empatia. Junto, agradeço aos colegas que conheci por conta da atlética e da LIEU. Obrigada por compartilharem a experiência que tivemos juntos e por terem sido um respiro da faculdade em todos os nossos encontros.

Agradeço aos amigos de Bragança, em especial à Anna, Lavínia e Cardozo, por serem meus amigos de maior longa data e estarem comigo sempre que eu precisasse de um ambiente diferente da faculdade. Vocês são muito especiais, e sei que nossa amizade ainda tem muitos anos à frente.

Quero agradecer à Laura, ou Pucô, por ter entrado na minha vida tão de repente e me cativado com tanta facilidade, além de ter me apresentado o laboratório que hoje faço a minha pesquisa. Seu jeito alegre e acolhedor foi essencial para esse ano desafiador, com certeza ter te conhecido foi uma das coisas que me ajudaram a passar por ele.

À Isabel(l)a Marques. Obrigada por me ouvir, em todos os sentidos e em todos os momentos. Obrigada por me mostrar que sempre estará comigo, por ser um ponto de escape e um local confortável, aconchegante e acolhedor. Obrigada por todas as risadas, momentos alegres e momentos mornos. Obrigada pelos anos de amizade na faculdade, e por passar por ela comigo. A faculdade com certeza foi mais leve e divertida por conta de você.

Agradeço também aos demais colegas de faculdade, que tornam os corredores do campus mais amigáveis e as saídas de campo algo não apenas acadêmico, mas descontraídas, até na turma que só teve saídas embaixo da chuva.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) que concedeu apoio financeiro através da bolsa de estudos de Iniciação Científica (processo nº 408782/2024-2), muito importante para o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, e com muita importância, agradeço meus pais e minha irmã. Agradeço por todo apoio que tive durante meus anos de graduação, por sempre apoiarem minhas decisões, nos erros e nos acertos, desde de cursar Biologia Marinha em uma cidade à horas da nossa cidade, até as decisões tomadas durante e agora no fim do curso. Agradeço por me darem um refúgio confortável que eu poderia voltar quando eu quisesse sair do contexto universitário. Todo esse apoio foi essencial para que eu pudesse me formar, especialmente sabendo que tenho muito amor e carinho ao meu redor.

À todos, muito obrigada. Amo vocês!

RESUMO

A poluição por microplásticos (MPs) representa um dos maiores desafios ambientais da atualidade, especialmente em ecossistemas aquáticos costeiros. O Rio dos Bugres, localizado no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (SP), é considerado um dos ambientes mais contaminados por MPs no mundo, com concentrações superiores a 93 mil partículas por quilograma de sedimento. Neste contexto, fungos filamentosos (Ffs) emergem como organismos promissores para processos de biodegradação devido à sua capacidade de secretar enzimas oxidativas e hidrolíticas capazes de degradar polímeros sintéticos. O presente estudo teve como objetivo isolar, preservar e caracterizar Ffs derivados marinhos presentes em sedimentos e redes de pesca (RP) descartadas no Rio dos Bugres, avaliando sua diversidade em função de parâmetros geoquímicos ambientais. Foram realizadas coletas em três pontos ao longo do rio, com registro dos parâmetros de pH, salinidade, temperatura e teor de matéria orgânica (TMo). Os isolamentos foram conduzidos em meio mínimo e ágar batata dextrose com adição de NaCl, utilizando diluições seriadas e placas de diferentes tamanhos. Observou-se crescimento fúngico apenas nas placas de 150 mm, resultando na obtenção de 10 linhagens fúngicas preservadas pelos métodos de suspensão em glicerol a -80°C e método Castellani a 4°C . Os resultados demonstraram que o ponto 1, caracterizado por menor salinidade (0), temperatura de 24°C e menor TMo (38,1%), apresentou a maior abundância fúngica, com 5 isolados, enquanto o ponto 3, com maior salinidade (25), menor temperatura ($22,5^{\circ}\text{C}$), maior TMo (69,6%) e maior profundidade, exibiu a menor abundância, com 1 isolado. O ponto 2 apresentou valores intermediários de salinidade (10), temperatura (23°C), TMo (44%) e abundância fúngica, sendo encontrado apenas 3 isolados. Esse padrão sugere que a matéria orgânica não foi o único fator limitante para o crescimento dos fungos, mas que a salinidade, temperatura e disponibilidade de oxigênio dissolvido atuaram de forma significativa no desenvolvimento fúngico nesse ambiente. A RP coletada no ponto 3 apresentou baixa diversidade fúngica (1 isolado), resultado consistente com as condições ambientais adversas do local. Os dados reforçam que a distribuição e abundância de Ffs em ambientes costeiros impactados resulta de interações complexas entre múltiplos fatores ambientais. Este trabalho estabelece fundamentos essenciais para futuras investigações sobre o potencial biodegradador de fungos frente aos MPs, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias biotecnológicas de biorremediação alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Palavras chave: Fungos filamentosos; Rio dos Bugres; Degradação; Microplásticos; Biorremediação.

ABSTRACT

Microplastic (MP) pollution represents one of the greatest environmental challenges of today, particularly in coastal aquatic ecosystems. The Bugres River, located in the Santos–São Vicente Estuarine System (São Paulo State, Brazil), is considered one of the most MP-contaminated environments in the world, with concentrations exceeding 93,000 particles per kilogram of sediment. In this context, filamentous fungi (FFs) emerge as promising organisms for biodegradation processes due to their ability to secrete oxidative and hydrolytic enzymes capable of degrading synthetic polymers. This study aimed to isolate, preserve, and characterize marine-derived FFs present in sediments and discarded fishing nets (FN) from the Bugres River, evaluating their diversity in relation to environmental geochemical parameters. Samples were collected at three sites along the river, with records of pH, salinity, temperature, and total organic matter content (TOM). Fungal isolation was performed using minimal medium and potato dextrose agar supplemented with NaCl, applying serial dilutions and plates of different sizes. Fungal growth was observed only on 150 mm plates, resulting in the recovery of 10 fungal strains preserved using glycerol suspension at -80°C and the Castellani method at 4°C . The results showed that site 1, characterized by lower salinity (0), a temperature of 24°C , and lower TOM (38.1%), exhibited the highest fungal abundance, with five isolates. In contrast, site 3, which presented higher salinity (25), lower temperature (22.5°C), higher TOM (69.6%), and greater depth, showed the lowest abundance, with only one isolate. Site 2 displayed intermediate salinity (10), temperature (23°C), TOM (44%), and fungal abundance, with three isolates recovered. This pattern suggests that organic matter was not the sole limiting factor for fungal growth, and that salinity, temperature, and dissolved oxygen availability played significant roles in fungal development in this environment. The fishing net collected at site 3 showed low fungal diversity (one isolate), consistent with the adverse environmental conditions at this location. Overall, the data reinforce that the distribution and abundance of FFs in impacted coastal environments result from complex interactions among multiple environmental factors. This study establishes essential foundations for future investigations into the biodegradation potential of fungi against MPs, contributing to the development of biotechnological bioremediation strategies aligned with the Sustainable Development Goals.

Keywords: Filamentous fungi; Bugres River; Degradation; Microplastics; Bioremediation.

Lista de abreviaturas e siglas

Mt	Milhões de toneladas
MPs	Microplásticos
PA	Poliamida
PP	Polipropileno
PE	Polietileno
SESS	Sistema Estuarino de Santos e São Vicente
Ff	Fungos filamentosos
pH	Potencial Hidrogênico
PS	Poliestireno
PET	Polietileno tereftalato
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
MM	Meio mínimo
MMS	Meio mínimo sólido
BDA	Ágar batata dextrose
BDANaCl	Ágar batata dextrose com adição de NaCl 5%
TMo	Teor de matéria orgânica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos específicos	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 Coleta e isolamento	15
3.2 Identificação macroscópica dos isolados fúngicos	16
3.3 Preservação	16
3.4 Caracterização geoquímica dos sedimentos	16
4. RESULTADO	18
4.1 Isolamento dos fungos	18
4.2 Identificação macroscópica dos isolados fúngicos	20
4.3 Caracterização geoquímica dos sedimentos	22
5. DISCUSSÃO	26
6. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Iniciada em 1907, a produção de plásticos sintéticos revolucionou a sociedade, impactando profundamente os modos de vida desde o início do século XX até os dias atuais [1]. As propriedades destes polímeros, como rigidez, flexibilidade, permeabilidade, baixa densidade e custo reduzido de produção, transformaram não apenas as formas de armazenamento de objetos, mas também os modos como nos vestimos e praticamos a medicina moderna [2]. A gestão de resíduos plásticos representa um desafio crescente, em grande parte devido à elevada resistência dos materiais que os compõem. Além disso, a ampla variedade de tipos de plásticos disponíveis, formados por diferentes resinas e aditivos, e, portanto, com distintas propriedades físico-químicas, dificulta os processos de separação, descarte e reciclagem adequados [2,3].

As projeções globais sobre a produção e o consumo de plásticos até o ano de 2050 são baseadas em análises de tendências históricas, associadas a cenários prospectivos que consideram intervenções voltadas à sustentabilidade. Os resultados indicam que o uso mundial de plásticos deverá crescer de 464 milhões de toneladas (Mt) em 2020 para 884 Mt em 2050, com um acúmulo estimado de até 4.725 Mt de materiais plásticos em estoque no mesmo período, considerando o acúmulo desde o ano 2000 [4]. Embora os ecossistemas terrestres e aquáticos estejam intrinsecamente conectados e exerçam influência mútua, os oceanos têm se consolidado como os principais receptores finais dos resíduos plásticos. É estimado que mais de 260.000 toneladas de plástico circulem atualmente na superfície dos oceanos, consequência direta de práticas ineficientes de descarte e gestão de resíduos sólidos [5]. Neste contexto, a poluição plástica marinha constitui hoje uma das mais graves ameaças ambientais globais, afetando praticamente todos os ecossistemas oceânicos, independentemente de sua localização geográfica [6].

Os plásticos, ao serem introduzidos no ambiente marinho, ficam sujeitos à ação das correntes oceânicas, da radiação solar e das variações de temperatura. Além disso, processos oxidativos, ciclos de congelamento e descongelamento e a processos biológicos contribuem para sua lenta fragmentação e degradação, podendo levar de décadas a centenas de anos, resultando na formação de partículas progressivamente menores, conhecidas como microplásticos (MPs) secundários [1,7].

O termo MPs foi introduzido por Thompson *et al.* [8] para designar fragmentos plásticos de pequenas dimensões, atualmente definidos como partículas com tamanho compreendidos entre 1 µm a 5 mm. Os MPs são classificados de acordo com sua origem em primários e secundários [9]. Os MPs primários são produzidos intencionalmente e amplamente utilizados em produtos como cosméticos, esfoliantes, sabonetes líquidos e pastas de dente, enquanto os MPs secundários, como referido anteriormente, se originam da fragmentação e degradação de itens

plásticos maiores expostos às condições ambientais [10]. Entre as principais fontes terrestres de aporte plástico ao ambiente marinho se destacam o escoamento pluvial e urbano, os transbordamentos de sistemas de esgoto, o descarte inadequado de resíduos sólidos, as emissões industriais, a abrasão de pneus, as atividades de construção civil e o despejo ilegal de materiais. No ambiente marinho, as operações pesqueiras, náuticas e de aquicultura se destacam como as principais responsáveis pelo aumento de resíduos plásticos e, consequentemente, de MPs nos oceanos [11].

As redes de pesca (RP), confeccionadas principalmente de poliamida (PA), polipropileno (PP) ou polietileno (PE) [12], constituem uma das principais fontes de MPs nos oceanos. Segundo Mutuku *et al.* [13], a distribuição desses contaminantes no ambiente marinho apresenta elevada variabilidade espacial, resultado da interação entre processos físicos, químicos e biológicos, bem como das próprias características dos polímeros. Essa complexidade gera perfis de concentração heterogêneos entre as diferentes matrizes oceânicas. Em geral, os sedimentos acumulam maiores quantidades de MPs e atuam como reservatórios de longo prazo, enquanto as concentrações na coluna d'água tendem a ser mais instáveis por dependerem da hidrodinâmica, das correntes, da turbulência e de fatores sazonais [14]. Além disso, o tipo e a granulometria dos sedimentos, a dinâmica hidrológica e a proximidade de fontes poluidoras influenciam diretamente essa distribuição [14,15]. Esses MPs podem causar danos físicos, obstruções e prejuízo na absorção de nutrientes em organismos marinhos, como peixes, aves e tartarugas e, ainda, alcançar a alimentação humana por meio do consumo de frutos do mar contaminados, representando risco à saúde pública [15,16]. Portanto, reduzir a entrada de MPs no ambiente marinho é essencial para a conservação dos ecossistemas e para a segurança alimentar.

O crescimento populacional e o aumento no consumo de plásticos estão diretamente relacionados. À medida que a população brasileira cresceu, o país se tornou o quarto maior produtor de lixo plástico do mundo, gerando cerca de 11,3 Mts por ano [17]. Como consequência, também é observada uma maior concentração de MPs na costa brasileira. Ribeiro *et al.* [18] destacam que a cidade de Santos, localizada no Estado de São Paulo, está entre as mais contaminadas por MPs em todo o mundo.

Dentro do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (SESS), está localizado o Rio dos Bugres, influenciado por passivos ambientais relevantes, como o antigo lixão de Sambaibatuba, em São Vicente, e por descargas oriundas de comunidades de palafitas desprovidas de saneamento básico [19]. Um estudo recente conduzido por Parra *et al.* [20] indicou que o rio figura como o segundo mais poluído por MPs no mundo, com concentrações superiores a 93 mil partículas de MPs por quilograma de sedimento em um de seus pontos amostrados.

A condição socioeconômica da comunidade costeira do Rio dos Bugres e de outras áreas constituintes do SESS influencia diretamente a liberação de MPs na água e, consequentemente, no mar, uma vez que grande parte desses poluentes têm origem terrestre. A ausência de direitos fundamentais, como o acesso ao saneamento básico, expõe a população local a diversos riscos relacionados à saúde pública, incluindo a contaminação por MPs. A falta de infraestrutura adequada favorece o descarte incorreto de resíduos sólidos, o que contribui para a poluição do rio por essas partículas [17,20].

A intensificação da poluição por plásticos e MPs em ecossistemas aquáticos têm direcionado grande parte dos esforços científicos para a identificação de organismos capazes de biodegradar materiais recalcitrantes. Entre os microrganismos com maior potencial biotecnológico, os fungos filamentosos (Ff) têm se destacado devido à sua robustez fisiológica, elevada plasticidade adaptativa e notável capacidade de secreção enzimática [21].

Em ambientes submetidos a pressões seletivas associadas à contaminação por MPs, como alterações na disponibilidade de nutrientes, presença de compostos tóxicos e heterogeneidade estrutural dos substratos, os Ff frequentemente exibem vantagens competitivas, promovendo seu estabelecimento e a formação de biofilmes especializados sobre superfícies poliméricas [22]. A adesão inicial ao polímero é seguida pela secreção de um amplo repertório de enzimas extracelulares, incluindo lacases, peroxidases, esterases, lipases e outras hidrolases, que atuam sinergicamente na oxidação, clivagem e despolimerização de cadeias sintéticas. Esses processos podem envolver desde modificações superficiais, aumento da hidrofobicidade, introdução de grupos funcionais oxidativos e redução da massa molecular, até etapas subsequentes de assimilação metabólica dos oligômeros gerados. Evidências recentes sugerem que variações ambientais, como temperatura, pH, salinidade e disponibilidade de oxigênio dissolvido, modulam fortemente a expressão gênica e a atividade catalítica dessas enzimas, influenciando a eficiência degradativa dos Ff em ecossistemas marinhos [21-23].

Apesar da gravidade da contaminação, inexistem estudos sobre o potencial biodegradativo de Ff presentes no Rio dos Bugres, representando uma lacuna crítica no entendimento dos processos microbianos locais. Schindler e Zucker [24], avaliaram a capacidade do fungo derivado marinho *Alternaria alternata* em biodegradar os MPs de poliestireno (PS), polietileno tereftalato (PET) e PP em um ambiente marinho simulado. O estudo demonstrou que *A. alternata* priorizou a degradação do PS em detrimento de PET e PP. Os autores relacionaram o resultado a um conjunto de fatores, como características estruturais do MP, capacidade de adesão à superfície plástica, que promoveu a redução da hidrofobicidade, e presença de um sistema enzimático constituído de enzimas oxidativas e hidrolíticas. Aguiar *et al.* [25] sinalizaram que fungos derivados marinhos do gênero *Aspergillus* são bons candidatos a

biodegradar MPs de PE de baixa densidade. Os autores sugerem que seja fundamental o isolamento e identificação de novos fungos derivados marinhos, assim como, explorar mais detalhadamente as enzimas envolvidas nesse processo para compreender e otimizar plenamente suas capacidades de biodegradação.

Nesse contexto, o isolamento, a preservação e a identificação de Ff associados aos sedimentos e às RP descartadas no Rio dos Bugres constituem etapas essenciais para compreender a diversidade funcional microbiana presente em um sistema estuarino altamente impactado por MPs e ainda pouquíssimo investigado. Esses organismos desempenham papel relevante na transformação de polímeros sintéticos devido à secreção de enzimas oxidativas e hidrolíticas, tornando-se como candidatos promissores para estratégias de biorremediação.

Ao integrar essa abordagem biotecnológica aos princípios da economia circular e às diretrizes internacionais de sustentabilidade. O projeto apresenta forte aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente aqueles relacionados à mitigação da poluição hídrica (ODS 6), ao manejo responsável de resíduos plásticos (ODS 12) e à proteção de ecossistemas aquáticos e terrestres (ODS 14 e 15). Assim, este estudo fundamenta o desenvolvimento de alternativas inovadoras e ambientalmente sustentáveis para reduzir a carga de MPs em ambientes costeiros e contribuir para a compreensão dos processos microbiológicos que modulam a degradação de polímeros em sistemas naturais.

2. OBJETIVOS

Avaliar a diversidade de Fungos Filamentosos derivados marinhos presentes em sedimentos e aderidos a RP descartadas no Rio dos Bugres com possível capacidade em biodegradar fibras de rede de pesca e microplásticos.

2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo principal deste estudo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Coletar, isolar e preservar fungos aderidos a sedimentos e redes de pesca no Rio dos Bugres - SP;
- Analisar os parâmetros físico químicos do sedimento (pH, salinidade, temperatura e teor de matéria orgânica);

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta e isolamento

As linhagens fúngicas foram isoladas a partir de amostras de sedimentos e rede de pesca coletados com uma pá de jardim em Manguezais localizados no estado de São Paulo, Brasil. As coletas ocorreram no Rio dos Bugres, no sistema estuarino de Santos/São Vicente em três pontos (Ponto 1: 23°56'46"S 46°23'03"W; Ponto 2: 23°56'31"S 46°23'28"W; Ponto 3: 23°56'17"S 46°23'46"W) (Figura 1).

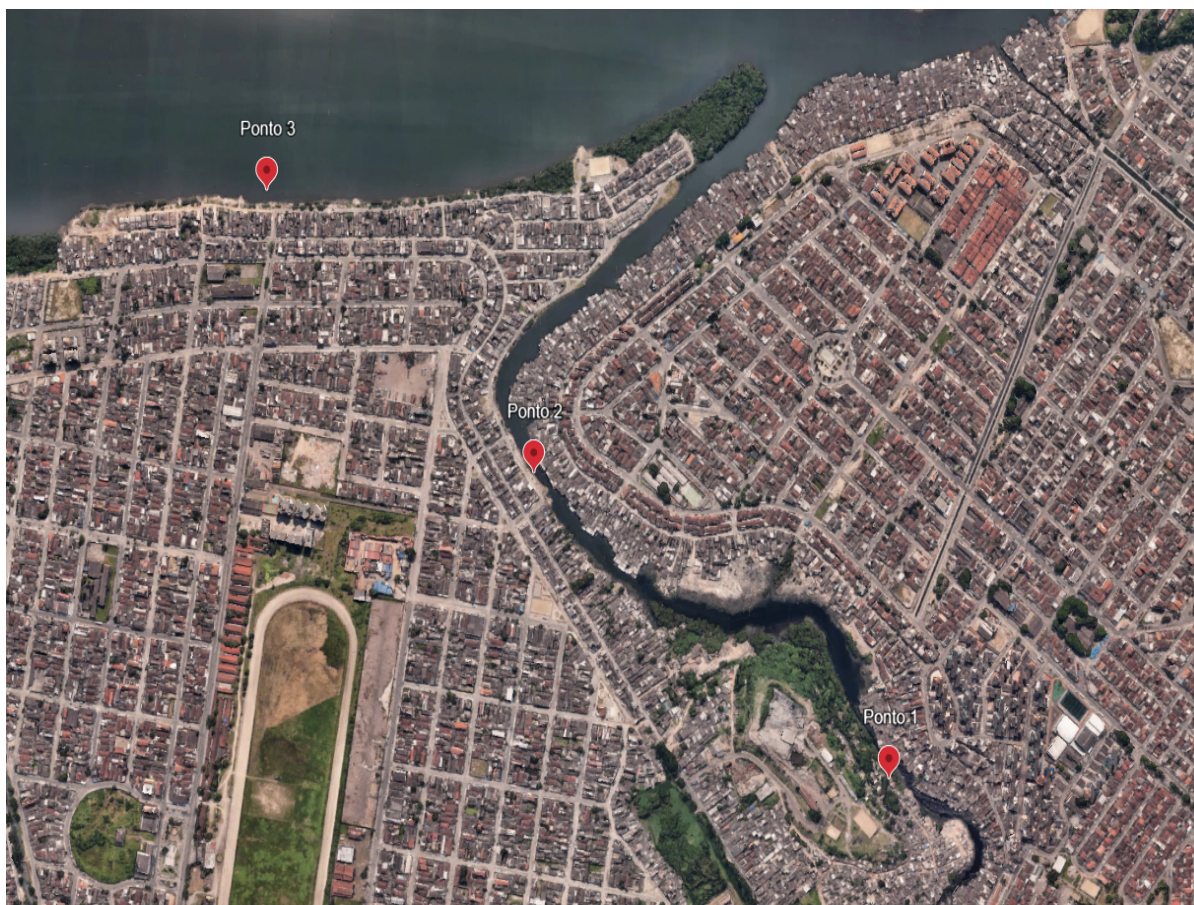


Figura 1 - Pontos de coleta (Fonte: Google Earth, outubro de 2025)

As amostras de sedimento (~20g, em um quadrante de 5 cm²) e RP (~5 cm²/10 g) foram assepticamente individualmente incorporadas a frascos de vidro de 50 mL estéreis, acamadas em caixa térmica e transportadas para o Laboratório de Micologia e Aplicações Biotecnológicas e Nanotecnológicas, localizado no Instituto de Biociências da UNESP, São Vicente - SP.

Um grama de cada amostra de sedimento e RP foi individualmente incorporado a frascos Erlenmeyer de 250 mL contendo 25 mL de meio mínimo estéril (MM, em g·L⁻¹): NaNO₃, 2,0; KH₂PO₄, 0,7; K₂HPO₄, 0,3; KCl, 0,5; MgSO₄·7H₂O, 0,5; FeSO₄·7H₂O, 0,1. Os frascos foram incubados a 30 °C, sob agitação a 50 rpm por 1 hora. Após esse período, as amostras foram

submetidas à filtração e o filtrado resultante foi utilizado para a preparação de diluições seriadas (10^{-5} a 10^{-3}).

De cada diluição, alíquotas de 50 μL foram semeadas assepticamente em placas de Petri de 90 mm contendo MM sólido (MMS, com adição de $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de ágar) e ágar batata dextrose (BDA) com adição de NaCl 5% (BDANaCl). Adicionalmente, quatro alíquotas de 50 μL da diluição de 10^{-5} foram inoculadas em quatro placas de Petri de 150 mm, uma para cada amostra analisada. As placas foram incubadas a 30°C por 14 dias.

Posteriormente, foi realizado o processo de isolamento por repicagem sucessiva no objetivo de manter apenas um fungo por placa. Cada isolado recebeu uma nomenclatura: o primeiro número baseado no ponto de coleta, RB (Rio dos Bugres) caso fosse uma amostra de sedimento e RP caso fosse a amostra de rede de pesca e em uma numeração sequencial do fungo.

3.2 Identificação macroscópica dos isolados fúngicos

Na identificação macroscópica dos isolados fúngicos, foram observados características das linhagens como o padrão de crescimento, pigmentação do verso e anverso, textura e produção de esporos, atributos morfológicos considerados por Winn [43]. Linhagens que eram visualmente idênticas foram descartadas para manter a unicidade dos isolados.

Quando era observado diferenças morfológicas na placa, essas características eram marcadas na placa com caneta com o objetivo de separar cada fungo e realizar uma repicagem isolada.

3.3 Preservação

As linhagens fúngicas isoladas foram preservadas como suspensões de conídios em glicerol a 20% e armazenadas a -80°C e, adicionalmente foram mantidos pelo método Castellani [27] (discos de MMS ou BDANaCl imersos em frascos contendo água estéril, e conservados a 4°C).

3.4 Caracterização geoquímica dos sedimentos

Para a caracterização geoquímica dos locais de coleta dos isolados fúngicos, foram registrados *in situ* os parâmetros de pH, salinidade e temperatura.

Em laboratório, o teor de matéria orgânica (TMO) dos sedimentos foi determinado conforme metodologia adaptada de Calvet e Tucker [26]. Inicialmente, cerca de 10 g de sedimento úmido provenientes dos pontos 1 e 2, e cerca de 4 g provenientes do ponto 3, (por conta da dificuldade de coleta do material), foram secos em estufa a 50°C por 6 dias. Após a secagem, as amostras foram desagregadas em almofariz, e o peso inicial (Pi) foi registrado.

Em seguida, cada amostra foi transferida para um béquer de 250 mL, ao qual foi adicionado peróxido de hidrogênio (30%) em volume suficiente para recobrir o sedimento (≈ 50 mL). A mistura foi então aquecida a 70 °C por 3 semanas, período necessário para promover a oxidação da matéria orgânica presente. Após esse processo, foram adicionados 100 mL de água destilada ao béquer, e os resíduos orgânicos flutuantes foram removidos com o auxílio de uma peneira. Posteriormente, as amostras foram lavadas com 600 mL de água destilada e novamente secas em estufa a 50 °C por 4 dias. O peso final (Pf) foi então determinado. O TMo foi calculado por meio da seguinte equação:

$$\text{TMo} = (\text{Pi} - \text{Pf}) \times 100;$$

onde:

TMo = teor de matéria orgânica (%);

Pi = peso seco inicial do sedimento;

Pf = peso seco final do sedimento.

4. RESULTADO

4.1 Isolamento dos fungos

Os procedimentos de filtração, diluição seriada e cultivo resultaram na obtenção de 30 placas de Petri com diâmetro de 90 mm e 4 placas de 150 mm. Após sete dias de incubação, não foi observado crescimento de colônias fúngicas nas 30 placas menores (tabela 1), sendo o crescimento restrito apenas às quatro placas de 150 mm (tabela 2).

Tabela 1 - Dados das linhagens fúngicas (placas de Petri 90mm).

Crescimento linhagens fúngicas (placas de Petri 90mm)				
Diluição	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Rede de pesca
10^{-5}	0	0	0	0
10^{-4}	0	0	0	0
10^{-3}	0	0	0	0

Tabela 2 - Dados das linhagens fúngicas (placas de Petri 150mm).

Crescimento linhagens fúngicas (placas de Petri 90mm)				
Isolamentos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Rede de pesca
Primeiro isolamento	1	1	1	1
Segundo isolamento	4	8	1	4
Último isolamento	5	3	1	1

Novas cepas fúngicas foram isoladas a partir das quatro placas do primeiro isolamento, resultando em: 1RB1 a 1RB4: Ponto 1 (Figura 7); 2RB1 a 2RB8: Ponto 2 (Figura 8); 3RB1: Ponto 3 (Figura 9); RP1 a RP4: Amostras obtidas da RP (Figura 10).

Por fim, as placas que foram separadas para serem preservadas foram as 1RB3, 1RB5, 1RB6, 1RB7, 1RB9 (figura 2), 2RB1, 2RB3, 2RB4 (figura 3), 3RB5 (figura 4), RP4 (figura 5), totalizando 10 placas finais. Vale ressaltar que, esses não são os mesmos que os sucessores da placa mãe, mas foram renomeados com o mesmo nome para a facilidade no entendimento.

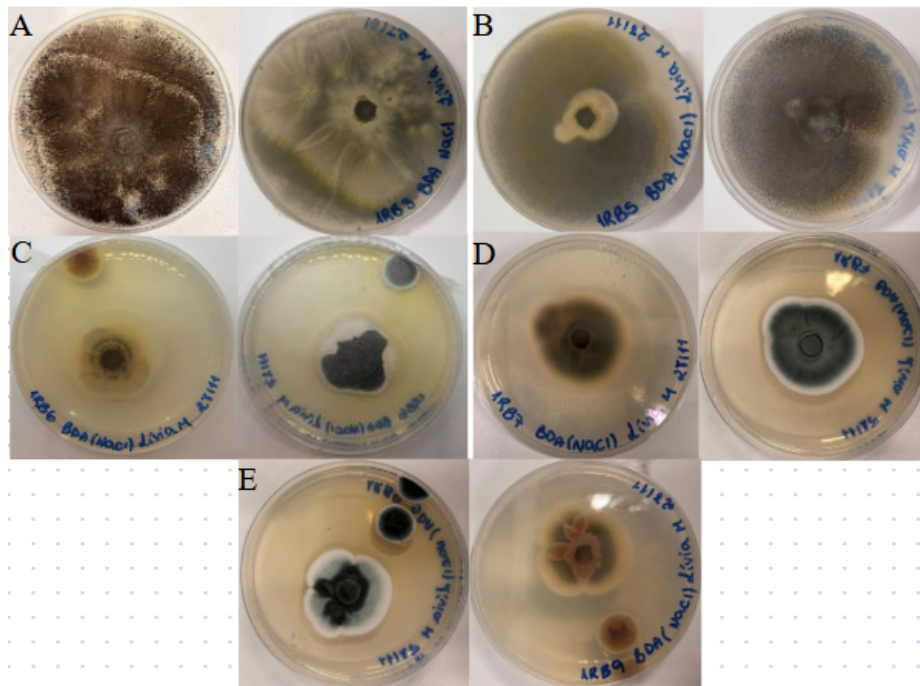


Figura 2- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas dos fungos isolados e crescidos em BDA do ponto 1. **A:** 1RB3; **B:** 1RB5; **C:** 1RB6; **D:** 1RB7; **E:** 1RB9;

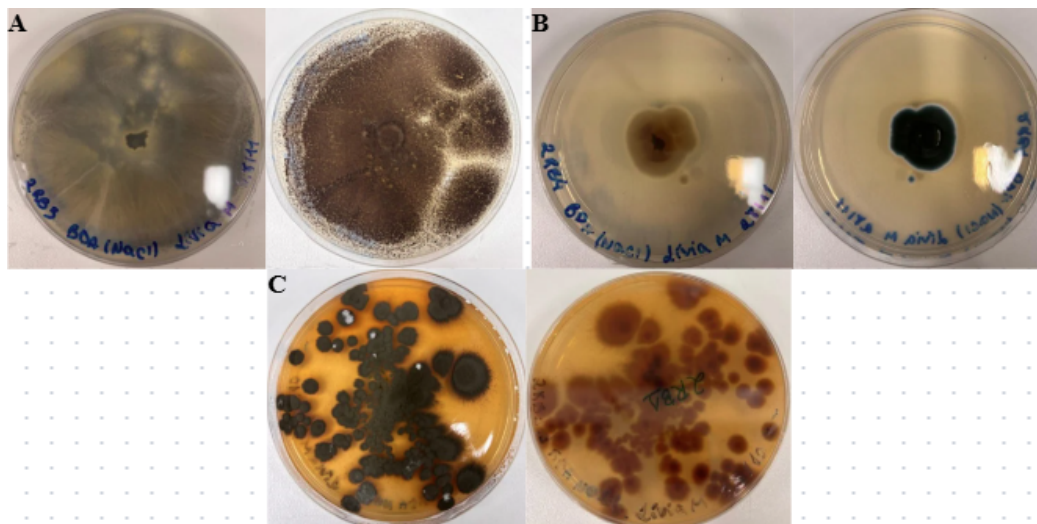


Figura 3- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas dos fungos isolados e crescidos em BDA do ponto 2. **A:** 2RB3; **B:** 2RB4; **C:** 2RB1;

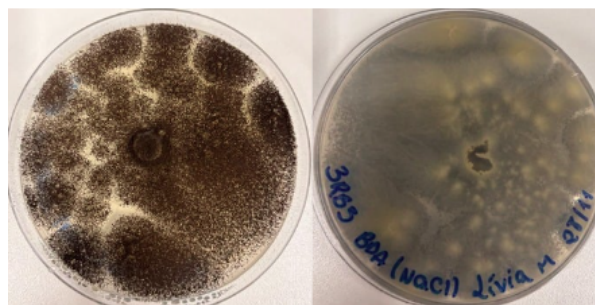


Figura 4- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas do fungo final (3RB5) isolados e crescidos em BDA do ponto 3.

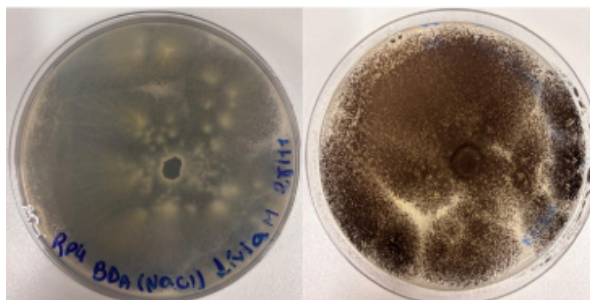


Figura 5- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas do fungo final (RP4) isolados e crescidos em BDA da RP.

4.2 Identificação macroscópica dos isolados fúngicos

Com o primeiro isolamento, foi notado que havia mais de um fungo por placa, através dos aspectos dos atributos morfológicos de cada placa (figura 6).

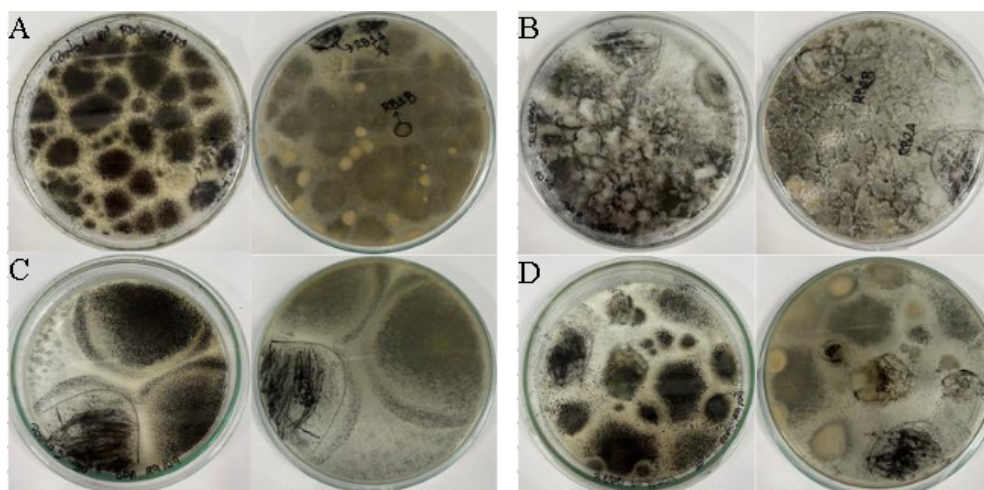


Figura 6- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas dos fungos isolados e crescidos em BDA. **A:** Ponto 1; **B:** Ponto 2; **C:** Ponto 3; **D:** Rede de pesca.

Um exemplo da diferença morfológica entre os fungos é na imagem A da figura 6, na qual é possível observar no anverso da placa mais de um pigmento. Nas próximas linhagens fúngicas também foram identificadas diferenças macroscópicas, como um diferente padrão de crescimento na imagem D da figura 8.

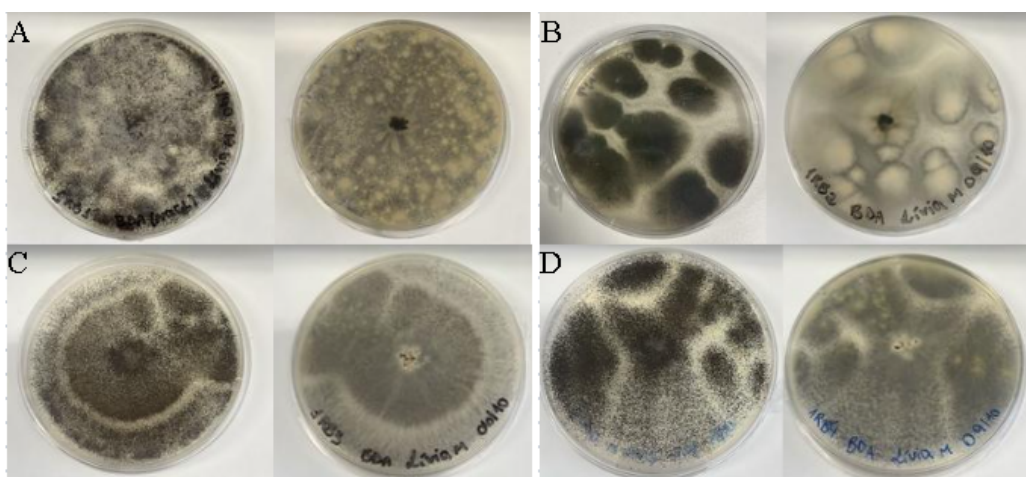


Figura 7 - Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas dos fungos isolados e crescidos em BDA do ponto 1. **A:** 1RB1; **B:** 1RB2; **C:** 1RB3; **D:** 1RB4.

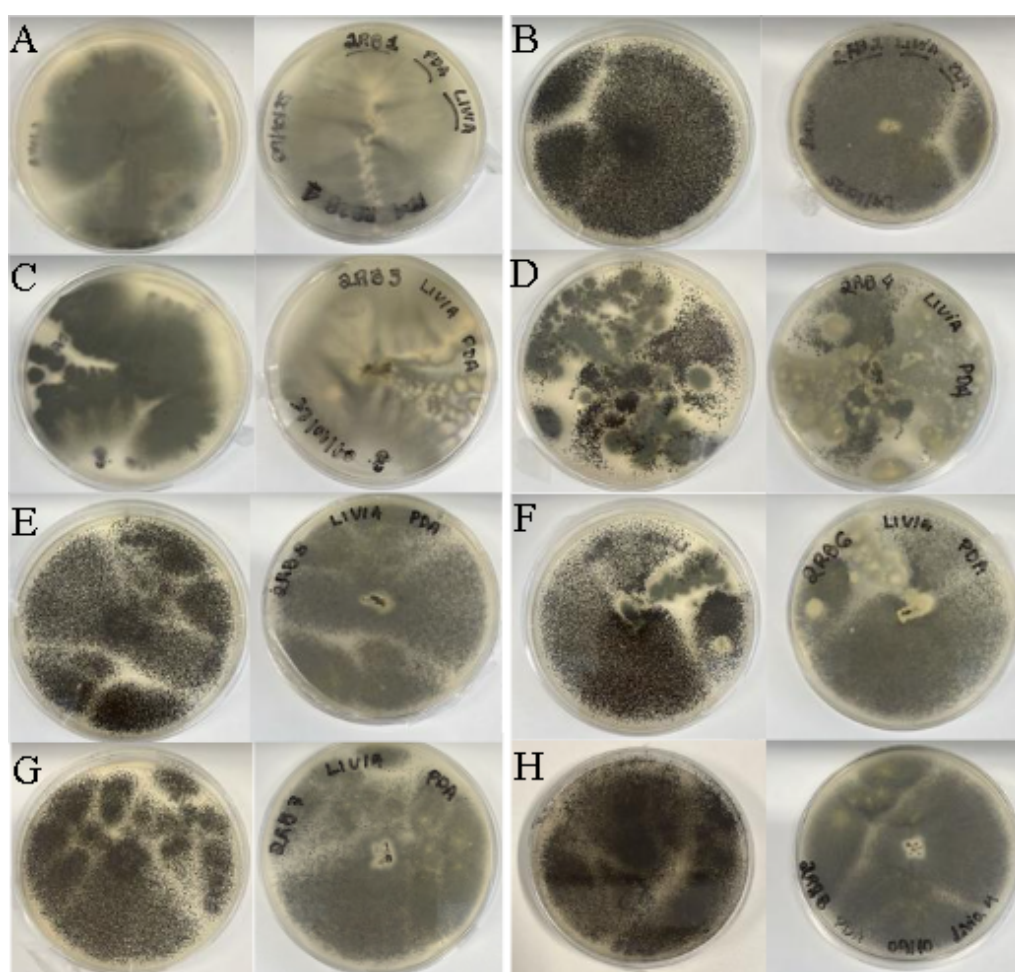


Figura 8- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas dos fungos isolados e crescidos em BDA do ponto 2. **A:** 2RB1; **B:** 2RB2; **C:** 2RB3; **D:** 2RB4; **E:** 2RB5; **F:** 2RB6; **G:** 2RB7; **H:** 2RB8.

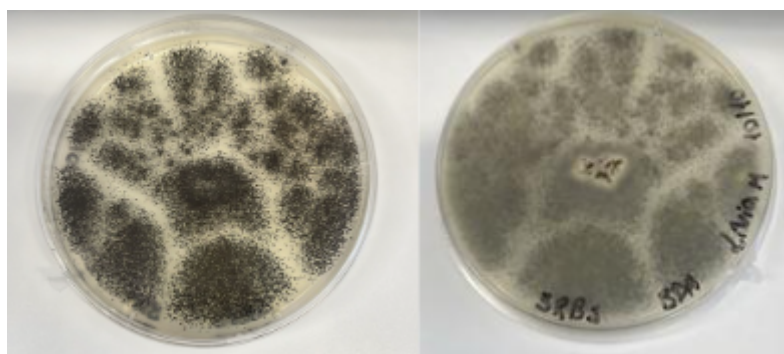


Figura 9- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas dos fungos isolados e crescidos em BDA do ponto 3 (3RB1).

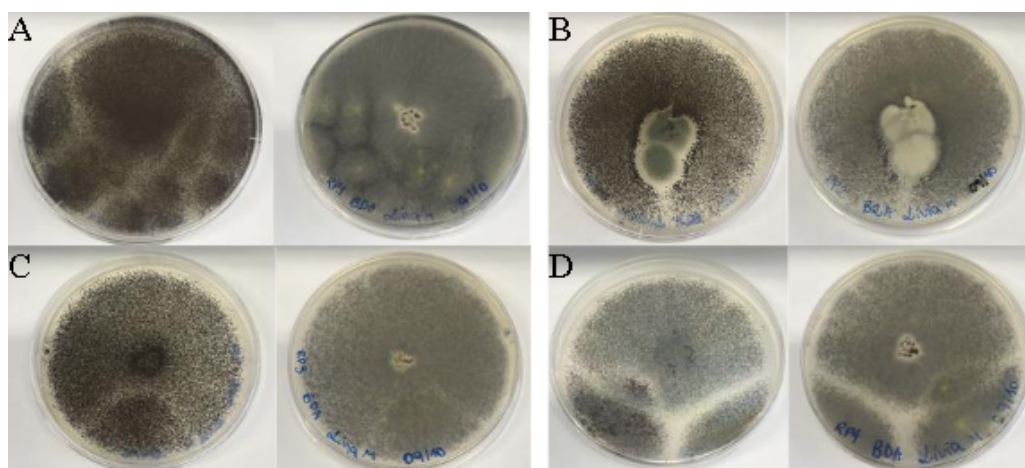


Figura 10- Aspecto macroscópico do verso e anverso das linhagens fúngicas dos fungos isolados e crescidos em BDA da rede de pesca. **A:** RP1; **B:** RP2; **C:** RP3; **D:** RP4;

4.3 Caracterização geoquímica dos sedimentos

Foram coletados os parâmetros temperatura, salinidade e pH de cada ponto amostral para analisar a influência na diversidade e quantidade de fungos coletados e em seu desenvolvimento.

Tabela 3 - Dados dos pontos de coleta.

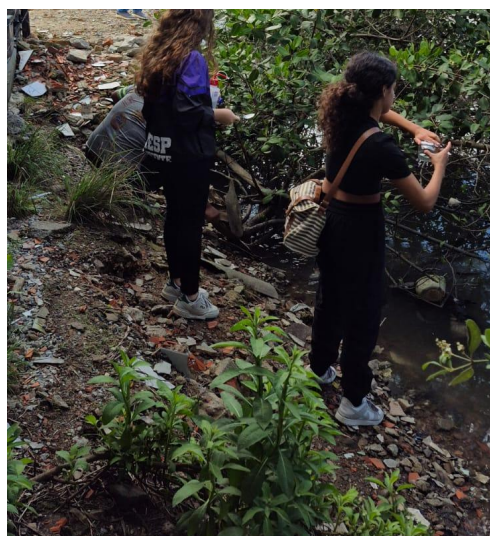
Parâmetros Físico Químicos	Ponto Amostral		
	1	2	3
Temperatura	24°C	23°C	22,5°C
Salinidade	0	10	25
pH	5	6	5

O Ponto 1 apresentou a maior temperatura e os menores valores de salinidade, pH. Este ponto estava localizado na região mais interna do rio e mais distante do mar aberto, caracterizando-se pela presença de diversas moradias no entorno e por um acúmulo expressivo de resíduos sólidos ao longo de sua margem (Figura 11).



Figuras 11 - Ponto de coleta 1

O Ponto 2, embora tenha exibido maiores valores de pH, apresentou valores intermediários nos demais parâmetros. Este local possuía maior área de aterramento associadas às moradias, com predomínio de resíduos provenientes de materiais de construção na borda do rio, e reduzida presença de lama (Figura 12).



Figuras 12 - Ponto de coleta 2.

O Ponto 3 apresentou a maior salinidade e a menor temperatura entre todos os pontos amostrados, características compatíveis com sua localização mais próxima da região de mar aberto (Figura 4). A coleta nesse ponto foi mais desafiadora devido à maior profundidade em comparação aos demais, o que resultou em menor disponibilidade de sedimento para amostragem. Além disso, foi nesse ponto que se coletou a amostra de RP utilizada no estudo, a qual havia sido previamente usada por pescadores locais nas proximidades da área (Figura 13).

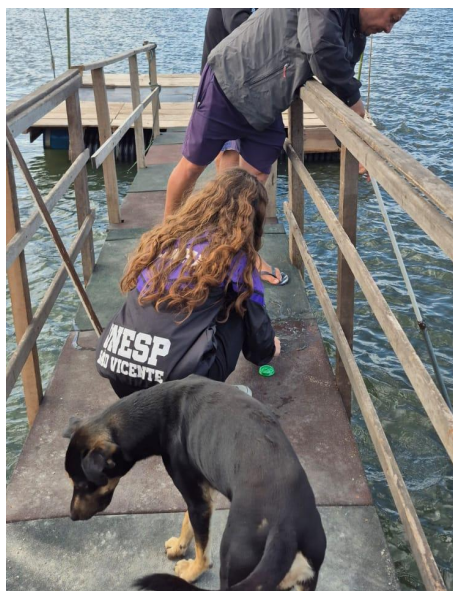


Figura 13 - Ponto de coleta 3



Figura 14 - Rede de pesca

Após os sedimentos serem submetidos a secagem na estufa, maceração e pesagem, foram obtidos os valores de Pi de cada ponto amostral, conforme tabela 2. O Pi do Ponto 1 apresentou 9,655 g, o do Ponto 2 de 10,009 g e do Ponto 3 de 3,835 g.

Tabela 4 - TMo nos diferentes pontos de coleta

Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Pi	9,655	Pi	10,009	Pi	3,835
Pf	9,274	Pf	9,569	Pf	3,139
TMo	38,1%	TMo	44%	TMo	69,6%

Após os processos de oxidação da matéria orgânica, lavagem do sedimento e secagem nova em estufa, os valores de Pf foram de 9,274 g, 9,569 g e 3,139 g para os Pontos 1, 2 e 3 respectivamente. A diferença entre as pesagens inicial e final corresponde ao teor de matéria orgânica dos sedimentos, resultando em 38,1% de TMo no Ponto 1, 44% no Ponto 2 e 69,6% no Ponto 3. Assim, o Ponto 3 apresentou a maior concentração de matéria orgânica entre os locais amostrados.

5. DISCUSSÃO

A obtenção de isolados fúngicos a partir de todos os pontos amostrais, bem como da RP, evidencia que esses substratos atuam como importantes reservatórios microbianos, mesmo sob condições ambientais adversas. Estudos anteriores já indicavam a elevada capacidade de sobrevivência de fungos em ambientes desfavoráveis [35; 37; 39], e os resultados do presente estudo corroboram a hipótese de que ambientes contaminados favorecem a seleção de microrganismos com alta capacidade adaptativa.

Apesar de ter sido possível observar crescimento fúngico nas quatro placas de Petri de 150 mm, nenhuma das placas de Petri padrão de 90 mm apresentou desenvolvimento microbiano detectável. Esse resultado pode estar relacionado ao processo de filtração e diluição seriada, o qual provavelmente reduziu a concentração de esporos fúngicos, diminuindo a probabilidade de crescimento em placas de menor área. Nas placas de 150 mm foram aplicadas quatro alíquotas de 50 µL cada, aumentando o volume total inoculado e, conseqüentemente, a chance de estabelecimento de colônias. Assim, o maior volume distribuído e a maior área disponível nas placas de 150 mm podem ter favorecido o desenvolvimento e a visualização dos isolados.

A matéria orgânica é amplamente reconhecida como um dos principais fatores que regulam a abundância, a diversidade e a atividade metabólica dos fungos, por atuar como fonte primária de carbono e energia para microrganismos [36]. Estudos demonstram que os fungos são os principais responsáveis pela decomposição de compostos orgânicos, por meio da produção de enzimas extracelulares, desempenhando papel central na ciclagem do carbono e de nutrientes nos solos e sedimentos [30, 31]. Além disso, ambientes com maior disponibilidade de matéria orgânica tendem a apresentar maior abundância e atividade fúngica, uma vez que esse recurso estimula diretamente o crescimento e o metabolismo microbiano [36]. Ao longo de gradientes ambientais, como em zonas de transição marinho-terrestre, é comum que variações na quantidade e, principalmente, na qualidade da matéria orgânica promovam mudanças na estrutura das comunidades fúngicas, favorecendo fungos especializados na degradação de material vegetal mais complexo, conforme descrito por Dini *et al.* [31].

No presente estudo, os teores de matéria orgânica aumentaram do Ponto 1 (38,1%) para o Ponto 2 (44%) e atingiram maior valor no Ponto 3 (69,6%). Entretanto, observou-se um padrão distinto do esperado com base na literatura, uma vez que o Ponto 3, embora apresentasse o maior teor de matéria orgânica, exibiu menor quantidade de isolados, enquanto o Ponto 1, com menor teor de matéria orgânica, apresentou maior abundância. Esse resultado indica que, embora a matéria orgânica seja um fator fundamental para o desenvolvimento dos fungos, sua influência não atuou de forma isolada, e outros fatores ambientais podem ter exercido papel determinante na distribuição dos isolados, como pH, salinidade, temperatura, presença de contaminantes, além

da qualidade da matéria orgânica disponível. Dessa forma, os dados reforçam que a relação entre fungos e matéria orgânica é complexa e multifatorial, podendo variar conforme as condições específicas de cada ambiente.

Os valores de pH dos sedimentos analisados variaram pouco entre os pontos, sendo 5 no Ponto 1, 6 no Ponto 2 e novamente 5 no Ponto 3, caracterizando um ambiente predominantemente ácido. Esses resultados estão de acordo com estudos que indicam o pH como um dos principais fatores na seleção e estruturação das comunidades fúngicas em sedimentos, atuando como um importante filtro ambiental para a sobrevivência e dominância das espécies. Trabalhos realizados em ambientes extremos demonstram que diferentes grupos de fungos apresentam preferências específicas por faixas de pH, com alguns sendo favorecidos em condições mais ácidas e outros valores próximos da neutralidade. Assim, o predomínio de pH ácido nos três pontos amostrados pode ter influenciado diretamente a composição e o desenvolvimento fúngico [32, 40].

O Ponto 1, caracterizado por salinidade zero e temperatura de 24 °C, apresentou a maior abundância de fungos, enquanto o Ponto 3, com salinidade elevada (25) e temperatura de 22,5 °C, exibiu a menor abundância. O Ponto 2 apresentou valores intermediários de salinidade (10) e temperatura (23 °C). Esse padrão está de acordo com Gao *et al.* [34], que demonstraram que a salinidade é um dos principais fatores reguladores da diversidade e da estrutura das comunidades fúngicas em sedimentos, com maior diversidade associada a ambientes de baixa salinidade. Embora a temperatura influencie a distribuição de alguns grupos fúngicos, sua atuação é descrita como secundária em comparação à salinidade. Assim, os dados deste estudo reforçam que o aumento da salinidade pode atuar como um fator limitante para a ocorrência de fungos, reduzindo sua abundância em ambientes mais salinos.

Em ecossistemas aquáticos, é comum que regiões mais profundas apresentem menor concentração de oxigênio devido à reduzida circulação da água, menor incidência de luz e diminuição da atividade fotossintética [41]. A disponibilidade de oxigênio dissolvido é um dos principais fatores que regulam a ocorrência de fungos aquáticos, considerando que a maioria dos fungos filamentosos apresenta maior crescimento em ambientes com maior teor de oxigênio dissolvido [42]. O Ponto 3 caracteriza-se por maior profundidade e menor renovação hídrica, sugerindo potencial redução de oxigênio disponível. Assim, é plausível inferir que essa condição tenha contribuído para a menor abundância de isolados fúngicos observados.

Observou-se que a RP coletada apresentou apenas um fungo isolado, valor idêntico ao registrado no Ponto 3, que também exibiu a menor abundância fúngica entre os sedimentos analisados. Esse padrão contrasta parcialmente com a literatura, que aponta que substratos plásticos tendem a abrigar comunidades fúngicas menos diversas e menos abundantes que

sedimentos naturais, como demonstrado por Florio *et al.* [33]. Resultados semelhantes foram observados por Philippe *et al.* [38] que observaram que plásticos imersos em ambiente marinho atuam como substratos para colonização fúngica, mas geralmente abrigam comunidades mais restritas e específicas, menos diversas que aquelas do ambiente circundante.

Apesar desse padrão, os resultados obtidos mostram que a RP e o sedimento do Ponto 3 apresentaram a mesma quantidade de fungos, ainda que ambos exibam valores inferiores aos demais pontos. Essa similaridade pode estar relacionada ao fato de que a RP utilizada foi coletada justamente no Ponto 3, sugerindo que a baixa abundância fúngica pode refletir características ambientais locais, como maior salinidade, menor temperatura, maior profundidade, que reduz o potencial de oxigênio, e baixa disponibilidade de fungos capazes de colonizar o plástico da RP. Assim, embora os plásticos geralmente suportarem menor diversidade fúngica, as condições ambientais adversas no Ponto 3 podem ter contribuído para equiparar a baixa abundância entre o plástico e o sedimento deste local.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e análises conduzidas ao longo deste estudo, foi possível responder às questões que nortearam a pesquisa e esclarecer dúvidas que surgiram durante o processo investigativo. Embora alguns padrões observados não coincidam integralmente com o que é amplamente descrito na literatura, como a expectativa de que maiores teores de matéria orgânica resultem em maior presença de fungos nos sedimentos, os dados demonstram que essa relação pode ser influenciada por outros fatores ambientais igualmente relevantes.

Um exemplo disso é o Ponto 3, que apresentou o maior teor de matéria orgânica, porém a menor quantidade de fungos isolados. Esse resultado é compreensível ao considerar que o local possui elevada salinidade, menor temperatura e menor disponibilidade de oxigênio dissolvido disponível devido à profundidade, condições que, conforme diversos estudos, podem limitar tanto o desenvolvimento quanto a diversidade de fungos em ambientes costeiros. Por outro lado, o Ponto 1, apesar de apresentar o menor teor de matéria orgânica, exibiu a maior abundância fúngica, o que pode ser atribuído à sua menor salinidade em comparação aos demais pontos, favorecendo o estabelecimento de uma comunidade fúngica mais diversa e ativa.

Os resultados referentes à RP também reforçam a influência direta das condições ambientais locais na colonização fúngica de substratos plásticos. A presença de apenas um fungo na rede, número equivalente ao observado no Ponto 3, sugere que a baixa diversidade não se deve exclusivamente às características seletivas do plástico, mas sobretudo às condições ambientais adversas predominantes nesse ponto. Assim, a comparação entre sedimentos e plástico evidencia que a estrutura da comunidade fúngica resulta da interação entre tipo de substrato e fatores ambientais locais.

De forma geral, o presente trabalho demonstra que a distribuição e abundância de fungos filamentosos em ambientes costeiros não dependem exclusivamente de um único parâmetro isolado, mas resultam de uma complexa interação entre características físicas, químicas e biológicas. A compreensão desses padrões é fundamental para ampliar o conhecimento sobre a ecologia de fungos em ambientes impactados, especialmente em regiões sujeitas à presença de MPs, resíduos derivados de atividades humanas e locais com maior acúmulo de lixo.

Por fim, este estudo destaca a importância das etapas de isolamento e preservação como componentes centrais não apenas para a execução da pesquisa, mas também para a construção de uma base micológica robusta que possa subsidiar futuras investigações ecológicas e biotecnológicas. A coleção de isolados obtida representa um recurso relevante para estudos voltados à tolerância a contaminantes, às interações entre fungos e substratos e, particularmente, ao potencial biodegradador frente aos MPs. Assim, além de cumprir seus objetivos iniciais, esta

pesquisa estabelece fundamentos importantes para estudos aplicados que buscam compreender e explorar o papel dos fungos na degradação de polímeros e na mitigação dos impactos causados pelos MPs em ambientes costeiros.

REFERÊNCIAS

- [1] Frias, J.P.G.L., Nash, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollut Bull* 138: 145-147, 2019.
- [2] Zhai, X. *et al.* Characterization and quantification of microplastics in indoor environments. *Heliyon* 9: e15901, 2023.
- [3] Ishimura, Y. *et al.* Does simplification of plastic waste separation promote plastic recycling?. *J Mater Cycles Waste Manag* 27:316-329, 2025.
- [4] Dokl, M. *et al.* Global projections of plastic use, end-of-life fate and potential changes in consumption, reduction, recycling and replacement with bioplastics to 2050. *Sustain Prod Consump* 51: 498-518, 2024.
- [5] Fulke, A.B. *et al.* Global marine plastic pollution: Sources, distribution, implications on human health and mitigation strategies. *Cont Shelf Res* 105578, 2025.
- [6] Shekh, M.R., Kumar, V. Impact of plastic pollution on ecosystems: a review of adverse effects and sustainable solutions. *Environ Monit Assess* 197, 264, 2025.
- [7] Morgana, S. *et al.* First report of microplastic presence in marine sediments from a shallow-water mud volcano (Northern Tyrrhenian Sea). *Mar Pollut Bull* 220, 118364, 2025.
- [8] Thompson, R.C. *et al.* Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304, 838, 2004.
- [9] Kang, Q. *et al.* Microplastics in soils: A comprehensive review. *Sci Total Environ* 960, 178298, 2025.
- [10] Dayal, L. *et al.* Abundance of microplastics in marine and freshwater ecosystem and its impact on biotic and abiotic components. *Water Air Soil Pollut* 235, 416, 2024.
- [11] Nayanathara, P.G.C. *et al.* The world of plastic waste: A review. *Clean Mater* 11, 100220, 2024.
- [12] Uğur Karadurmuş, U., Bilgili, L. Environmental impacts of synthetic fishing nets from manufacturing to disposal: A case study of Türkiye in life cycle perspective. *Marine Pollut. Bull* 198, 115889, 2024.
- [13] Mutuku, J. *et al.* The abundance of microplastics in the world's oceans: A systematic review. *Oceans* 5, 398-428, 2024.
- [14] Liu, T. *et al.* From land to sea: Hydrological source tracking of microplastics in coastal sediments. *Environ Res* 283, 122132, 2025.

- [15] Kutralam-Muniasamy, G. *et al.* Microplastic diagnostics in humans: “The 3Ps” Progress, problems, and prospects. *Sci Total Environ* 856, 159164, 2023.
- [16] Zhao, S. *et al.* The distribution of subsurface microplastics in the ocean. *Nature* 641, 51-61, 2025.
- [17] Herrera, N.R. Microplásticos: Uma análise utilizando o modelo DPSIR (Drivers, Pressures, State, Impacts, Responses) sobre a situação do Brasil. UNIFESP. 2022.
<https://hdl.handle.net/11600/63797>
- [18] Ribeiro, V.V. *et al.* Oysters and mussels as equivalent sentinels of microplastics and natural particles in coastal environments, *Sci Total Environ* 874, 162468, 2023.
- [19] Schepis, W. R. *et al.* Toxicidade aguda e contaminação por metais em sedimentos do rio dos Bugres, Ilha de São Vicente, SP. *Braz J Aquat Sci Tech* 20, 42-53, 2016.
- [20] Parra, D. F. *et al.* Microplastics in Santos São Vicente estuarine-Hotspot in sediments caused by low energy hydrodynamic events in strongly populated areas. *Marine Poll Bull* 210, 117286, 2025.
- [21] Chigwada, A.D. *et al.* Ecological and genomic perspectives on fungal plastic biodegradation: Research progress, opportunities and challenges. *Ecol Genet Genom* 36, 100378, 2025.
- [22] Steinbach, R. M. *et al.* Marine fungi degrade plastic and can be conditioned to do it faster. *Mycologia* 117, 1-8, 2024.
- [23] Ragu Prasath, A., Chinnasamy, R. Microplastic pollution and eco-friendly approaches to microplastic degradation: the role of fungal enzymes in a sustainable future. *Nanotechnol Environ Eng* 10, 61, 2025.
- [24] Schindler Y., Zucker, I. Microplastic removal and biodegradation by native mediterranean fungus *Alternaria alternata*. *ACS EST Water* 5, 4079-4088, 2025.
- [25] Aguiar, A. Bioprospecting of mangrove filamentous fungi for the biodegradation of polyethylene microplastics. *J Mar Sci Eng* 12, 1629, 2024.
- [26] Calvet, F., Tucker, M. E. Outer ramp cycles in the Upper Muschelkalk of the Catalan Basin, northeast Spain. *Sediment Geol* 185-198, 1988.
- [27] Castellani, A. Further researches on the long viability and growth of many pathogenic fungi and some bacteria in sterile distilled water. *Mycopathol Mycol Appl* 20, 1-6, 1963.
- [28] Spina, F. *et al.* Low density polyethylene degradation by filamentous fungi. *Environ Pollut* 274, 116548, 2021.

- [29] Mohamed, H. *et al.* Biodegradation of poly (vinyl alcohol) by an oryctophragmus rhizosphere-associated fungus *Penicillium brevicompactum* OVR-5, and its proposed PVA biodegradation pathway. *World J Microbiol Biotechnol* 38, 10, 2022.
- [30] Chen, X. *et al.* A natural moisture gradient affects soil fungal communities on the South Shore of Hulun Lake, Inner Mongolia, China. *J. Fungi*, 9, 549, 2023.
- [31] Dini, A, F. *et al.* Ecological succession reveals potential signatures of marine–terrestrial transition in salt marsh fungal communities. *ISME J.*, 10, 1984-1997, 2016.
- [32] Djemiel, C. *et al.* Unraveling biogeographical patterns and environmental drivers of soil fungal diversity at the French national scale. *EGUsphere*, 2023, 1-39, 2023.
- [33] Florio, F, M. *et al.* The culturable mycobiota of sediments and associated microplastics: From a harbor to a marine protected area, a comparative study. *J. Fungi*, 8, 927, 2022.
- [34] Gao, M. *et al.* Diversity and distribution of Fungi in the marine sediments of Zhanjiang Bay, China. *J. Fungi*, 10 867, 2024.
- [35] Gnani, G. Marine fungi from a crude-oil polluted site in Mediterranean Sea: diversity and selection of potential bioremediation agents. 2016.
- [36] Gu, Y. *et al.* Biotic and abiotic properties mediating sediment microbial diversity and function in a river–lake continuum. *Front. Microbiol.*, 15, 1479670, 2024.
- [37] Lin, W. *et al.* Impact of environmental factors on diversity of fungi in sediments from the Shenzhen River Estuary. *Arch. Microbiol*, 205, 96, 2023.
- [38] Philippe, A. *et al.* Colonization and biodegradation potential of fungal communities on immersed polystyrene vs. biodegradable plastics: a time series study in a marina environment. *J. Fungi*, 10, 428, 2024.
- [39] Sey, E; Belford, E, JD. Heavy metals tolerance potential of fungi species isolated from gold mine tailings in Ghana. *JEHSD*, 2021.
- [40] Zhang, T. *et al.* Soil fungal community composition differs significantly among the Antarctic, Arctic, and Tibetan Plateau. *Extremophiles*, 24, 821-829, 2020.
- [41] Del’duca, A. *et al.* Oxygen Concentration and Its Implications for Microbial Structure and Metabolism: A Case Study in a Deep Tropical Reservoir. *Diversity*, 16, 444, 2024.
- [42] Schoelein, C, I, H. *et al.* Riqueza dos fungos ingoldianos e aquáticos facultativos no Parque Municipal do Ibirapuera, São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea*, 41, 61-76, 2014.
- [43] Winn W, C. *et al.* Koneman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiolgy. LWW, 2006.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: LÍVIA MELO ALVES DE MORAIS

Título: "Isolamento e conservação de fungos com potencial plastífero em sedimentos e redes de pesca do Rio dos Bugres"

Orientador: Profa. Dra. Cristiane Angélica Ottoni

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Profa. Dra. Cristiane Angélica Ottoni	Aprovado
MSC. Arthur Pérez Aguiar	Aprovada
Dra. Roberta Alves Merguizo Chinellato	Aprovada

PARECER:

Após as correções realizadas pela banca,
o trabalho foi aprovado quanto a apresentação e
conteúdo do documento.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Livia Melo Alves de Moraes** obteve o seguinte conceito:



APROVADO

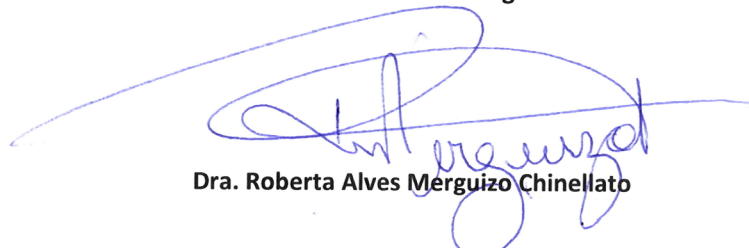


REPROVADO

São Vicente, 12 de dezembro de 2025.


Profa. Dra. Cristiane Angélica Ottoni


MSC. Arthur Pérez Aguiar


Dra. Roberta Alves Merguizo Chinellato