



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CLARA APARECIDA SOARES E SOUZA

**ATIVIDADE *IN VITRO* DO ÓLEO ESSENCIAL DOS FRUTOS *DE Schinus*
terebinthifolius SOBRE OS FUNGOS XILÓFAGOS *Pleorotus ostreatus*
E *Rhodonía placenta***

Prof. Dr. Henrique Trevisan
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO - 2025



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CLARA APARECIDA SOARES E SOUZA

ATIVIDADE *IN VITRO* DO ÓLEO ESSENCIAL DOS FRUTOS DE *Schinus terebinthifolius* SOBRE OS FUNGOS XILÓFAGOS *Pleorotus ostreatus* E *Rhodonía placenta*

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. HENRIQUE TREVISAN
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO - 2025

ATIVIDADE IN VITRO DO ÓLEO ESSENCIAL DOS FRUTOS DE *Schinus terebinthifolius* SOBRE OS FUNGOS XILÓFAGOS *Pleorotus ostreatus* E *Rhodonia placenta*

ANA CLARA APARECIDA SOARES E SOUZA

APROVADA EM: 05/12/2025

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Henrique Trevisan - UFRRJ
Orientador

Prof. Dra. Natane Amaral Miranda Padua - UFRRJ
Membro

Dr. Vinicius José Fernandes, UFRRJ/IB
Membro interno

Dedico este trabalho aos meus pais e a todos
que acreditaram em mim nos melhores nos
mais difíceis momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, Alexandra e Francisco, que lutaram durante toda a minha existência para que eu tivesse uma vida feliz e digna. Vocês são parte de toda essa conquista, assim como das futuras.

À minha amiga de anos que considero como irmã, Domênica. Você também faz parte de tudo isso e jamais teria conseguido sem o seu apoio.

Ao Professor Henrique Trevisan, ao Vinícius Fernandes e ao Laboratório de Biodeterioração da Madeira, que fizeram este trabalho ser possível de acontecer. Sou grata à toda orientação, paciência e ensinamentos nesse período em que trabalhamos juntos.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) representado pela Bióloga, Coordenadora de Recursos Naturais, Fabiana Gomes Ruas, por fornecer amostras do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius*.

À professora Gilmara Pires de Moura Palermo, por intermediar o contato com o INCAPER e auxiliar em questões técnicas sobre o óleo essencial de *Schinus terebinthifolius*.

À Fundação Parques e Jardins, destaco agradecimento à Priscila, Chacal, Ghandi, Mário, Amanda e Marcos por todo o conhecimento que é passado a cada dia de trabalho. Agradeço também à Juliana e ao Matheus, que se aventuraram comigo nesse estágio e seguimos juntos. Vocês são incríveis.

Ao grupo de extensão PET Floresta e aos amigos que conheci ao fazer parte deste grupo. Tivemos uma jornada maravilhosa juntos, construindo aprendizado e risadas nas horas vagas. Sempre seremos petianos.

Aos amigos da turma 2018.2, especialmente à Mariana, Júlia, Dayane, Beatriz, Pedro, William, Alessandra e Matheus Augusto. Amo ter conhecido vocês e sou grata por todo o apoio nesses anos de graduação.

À Marcelle, que sempre se faz presente mesmo que nos mínimos detalhes. Obrigada por tudo durante esses anos, sobretudo nesse último período da graduação. Você deixa tudo mais fácil.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e aos professores que tive durante a graduação.

RESUMO

A madeira é um material renovável aplicado a diferentes setores, porém sua durabilidade é frequentemente comprometida pela ação de fungos xilófagos. Neste contexto, os óleos essenciais emergem como alternativas sustentáveis aos produtos químicos usados para aumentar a durabilidade da madeira. Portanto, o presente estudo objetivou avaliar a atividade fungistática *in vitro* do óleo essencial extraído dos frutos da espécie florestal *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-vermelha) sobre o desenvolvimento dos fungos xilófagos *Rhodonía placenta* e *Pleurotus ostreatus*. O óleo foi testado em concentrações de 0,43; 0,87; 1,75 e 3,5 µL/mL, diluídas em meio BDA, com análise de crescimento do halo micelial (área e perímetro). Os dados foram analisados pelo teste de Student-Newman-Keuls, à 5% de significância. Os resultados demonstraram efeito fungistático para ambas as espécies de fungos. Para *R. placenta*, a concentração de 3,5 µL/mL promoveu as maiores inibições, com redução de 32,5% na área e 16,1% no perímetro do halo micelial. Em *P. ostreatus*, o efeito foi mais pronunciado, registrando-se 36,7% de redução na área e 18,3% no perímetro, na mesma concentração. Infere-se que a composição química do óleo, rica em monoterpenos, pode estar correlacionada com o mecanismo de ação fungistático, que envolve a desestabilização da membrana celular fúngica. Conclui-se que o óleo essencial de *S. terebinthifolius* apresenta ação fungistática, *in vitro*, para os fungos *R. placenta* e *P. ostreatus*. Recomenda-se novas investigações, utilizando concentrações do óleo, superiores as empregadas neste trabalho, e ainda, testes de campo.

Palavras-chave: aroeira-vermelha; podridão parda; podridão branca; preservante natural; madeira.

ABSTRACT

Wood is a renewable material used across different sectors, however, its durability is often compromised by the action of xylophagous fungi. In this context, essential oils have emerged as sustainable alternatives to chemical products commonly used to enhance wood durability. Therefore, this study aimed to evaluate the in vitro fungistatic activity of the essential oil extracted from the fruits of the forest species *Schinus terebinthifolius* Raddi (Brazilian peppertree) on the development of the xylophagous fungi *Rhodonina placenta* and *Pleurotus ostreatus*. The oil was tested at concentrations of 0.43, 0.87, 1.75, and 3.5 $\mu\text{L/mL}$, diluted in PDA medium, with analysis of mycelial halo growth (area and perimeter). Data were analyzed using the Student–Newman–Keuls test at a 5% significance level. The results demonstrated fungistatic effects for both fungal species. For *R. placenta*, the concentration of 3.5 $\mu\text{L/mL}$ promoted the highest inhibition, with reductions of 32.5% in halo area and 16.1% in perimeter. In *P. ostreatus*, the effect was even more pronounced, with reductions of 36.7% in area and 18.3% in perimeter at the same concentration. It is inferred that the chemical composition of the oil, rich in monoterpenes, may be correlated with its fungistatic mechanism of action, which involves destabilization of the fungal cell membrane. It is concluded that the essential oil of *S. terebinthifolius* exhibits in vitro fungistatic activity against *R. placenta* and *P. ostreatus*. Further investigations using oil concentrations higher than those employed in this study, as well as field tests, are recommended.

Keywords: Brazilian peppertree; brown-rot; white-rot; natural preservative; wood.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	1
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3.1 Análise da atividade in vitro do óleo essencial de <i>S. terebinthifolius</i> sobre os fungos <i>R. placenta</i> e <i>P. ostreatus</i>	3
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
4.1 Efeito do óleo essencial de <i>S. terebinthifolius</i> sobre o fungo <i>R. placenta</i>	5
4.2 Efeito do óleo essencial de <i>S. terebinthifolius</i> sobre o fungo <i>P. ostreatus</i>	6
4.3 Análise do efeito fungistático entre os fungos xilófagos à ação do óleo essencial de <i>S. terebinthifolius</i>	8
5. CONCLUSÃO	9
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9

1. INTRODUÇÃO

Um material renovável com emprego em diferentes áreas produtivas é a madeira, sendo comumente utilizado na indústria moveleira, construção civil, produção de celulose e energia. Apesar de suas propriedades favoráveis e diversa trabalhabilidade, sua baixa durabilidade natural por ser um material orgânico, é frequentemente comprometida pela ação de organismos xilófagos. Estes microrganismos deterioram a madeira resultando em perdas físicas, estéticas e mecânicas (Araújo, 2020), prejudicando a vida útil e a qualidade do material.

Os fungos xilófagos compreendem um grupo diverso de microrganismos que usam a madeira como fonte de nutrientes e substrato, tendo um papel ecológico essencial através da decomposição da matéria lignocelulósica. Sevilha (2025) relata que esses organismos colonizam a madeira em condições favoráveis de umidade, oxigênio e temperatura, degradando a parede celular vegetal. Em ambientes urbanos e rurais, esse é um desafio para a durabilidade das estruturas e de produtos de madeira. Dentre os tipos de fungos existentes, os fungos apodrecedores se destacam pelo seu modo de ação exercido sobre os constituintes da parede celular. Conforme Alcântara *et al.* (2015), os fungos de podridão parda atacam preferencialmente os polissacarídeos estruturais como a celulose e hemiceluloses, enquanto os fungos de podridão branca apresentam a capacidade simultânea de degradar polissacarídeos e a lignina.

Devido ao ataque desses organismos, diferentes métodos de preservação foram desenvolvidos com o objetivo de aumentar a durabilidade da madeira. Entre os preservantes químicos tradicionais, destaca-se o arseniato de cobre cromatado (CCA), amplamente utilizado pela sua eficácia contra organismos xilófagos (Mendes *et al.*, 2014). No entanto, a sua composição tóxica e com potencial de contaminação ambiental e ameaça à saúde humana, têm motivado restrição ao uso, o que gera a busca por alternativas sustentáveis. Assim, os óleos essenciais aparecem como uma alternativa para o tratamento da madeira por sua atividade antimicrobiana atribuída à compostos inibidores do crescimento de microrganismos deterioradores, além de serem amplamente utilizados na medicina popular por suas propriedades farmacológicas e terapêuticas (Ribeiro *et al.*, 2025).

Dentre a diversidade vegetal disponível para a produção de óleos essenciais, a *Schinus terebinthifolius* Raddi destaca-se pela sua composição rica em bioativos com ação antimicrobiana e antioxidante (Carneiro, 2021). O óleo essencial extraído de seus frutos possui atividade inibitória a diversos organismos, incluindo fungos, o que reforça o seu potencial como agente preservante natural (Santos *et al.*, 2014). Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a atividade fungistática *in vitro* do óleo essencial extraído dos frutos da espécie florestal *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-vermelha) sobre o desenvolvimento dos fungos xilófagos *Rhodonía placenta* e *Pleurotus ostreatus*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A madeira é um dos materiais naturais de maior destaque devido à versatilidade e relevância econômica, abrangendo diferentes áreas no mercado. Em vista do setor de florestas plantadas, contribui para a geração de empregos e renda, com atualmente 2,8 milhões de empregos gerados de forma direta e indireta (IBÁ, 2025). Assim, a madeira é essencial para a indústria, garantindo a oferta de matéria-prima contínua (Araújo *et al.*, 2017). Além disso, o seu manejo sustentável representa um ativo estratégico, o que amplia o seu potencial de uso e fortalece a economia florestal brasileira.

De acordo com Araújo (2020), a madeira é um material notável com propriedades físicas e mecânicas tais como resistência, densidade, baixa condutividade térmica e estabilidade

dimensional, além de características visuais como cor e textura. Essas propriedades são influenciadas diretamente pela estrutura anatômica que variam pela proporção de fibras, vasos e parênquima. Além disso, a genética de cada espécie define os padrões de crescimento, enquanto condições ambientais como a disponibilidade de nutrientes e o clima articulam essas expressões ao longo do tempo, impactando o desempenho e a qualidade da madeira em diferentes aplicações (Lima *et al.*, 2021).

A durabilidade natural, por ser uma capacidade própria de resistência sem a aplicação de tratamentos preservativos (Neto *et al.*, 2024), está diretamente relacionada à composição da madeira por extrativos secundários como flavonoides, taninos e compostos fenólicos que atuam como barreira química inibindo o ataque de microrganismos (Carvalho *et al.*, 2015). No entanto, a madeira está suscetível à ação de diversos agentes biológicos cuja atividade e ocorrência são influenciadas pelas condições ambientais favoráveis como umidade e temperatura.

De acordo com Lima *et al.* (2021), entre esses agentes causadores da deterioração se encontram bactérias, fungos, insetos, moluscos e crustáceos. Apesar de espécies florestais com maior teor desses metabólitos apresentarem tendência a menor suscetibilidade à agentes deterioradores, nessas condições favoráveis, os microrganismos agem diretamente sobre a parede celular, gerando alterações físico-químicas que se manifestam através da perda de massa, diminuição da resistência e implicações estéticas do material (Santos, 2015).

Entre os organismos responsáveis pela degradação da madeira, Lazarotto *et al.* (2016) relatam que os fungos xilófagos se destacam por danos significativos ao degradar a parede celular da madeira, sendo classificados conforme o seu padrão de degradação. O fungo *Rhodonía placenta* (Fr.) Niemelä, K.H. Larss. & Schigel é um basidiomiceto classificado como agente de podridão parda, pela sua capacidade de degradar os polissacarídeos da madeira (celulose e hemicelulose), resultando em um rastro com o aspecto escurecido (Netto, 2025). Outro fungo basidiomiceto, o *Pleorotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., de podridão branca capaz de degradar simultaneamente os polissacarídeos e a lignina. A consequência dessa ação é a descoloração da madeira, deixando-a com um aspecto esbranquiçado e fragilizada (Vivian *et al.*, 2015).

Segundo Guimarães e Castro (2018), entende-se por preservação da madeira o emprego de métodos e técnicas aplicados com o objetivo de prolongar sua vida útil. Esses métodos atuam por meio da alteração da estrutura química da madeira, tornando-a menos atrativa a organismos xilófagos, como fungos e insetos. Historicamente, a utilização de preservantes químicos sintéticos prevalece devido a sua eficácia através de mecanismos tóxicos sobre os microrganismos. No contexto brasileiro, o arseniato de cobre cromatado (CCA) destaca-se por ser um biocida utilizado em larga escala, especialmente em condição de elevada umidade e contato com o solo. Apesar de sua comprovada eficiência, o CCA levanta preocupações ambientais e sanitárias uma vez que seus componentes podem sofrer lixiviação ao longo do tempo, contaminando lençóis freáticos e o solo, além de apresentarem potencial bioacumulação em organismos vivos (Santos *et al.*, 2022; Hoerlle; Brehm, 2016).

Nesse contexto, os impactos têm motivado a busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente e à saúde humana, como o uso de extratos vegetais. Os óleos essenciais têm se destacado como agentes preservativos promissores devido à sua origem natural e à presença de compostos bioativos com reconhecida atividade biológica (Mariano, 2019). Esses óleos são compostos voláteis extraídos de diferentes partes de plantas aromáticas como folhas, sementes, cascas e flores, atuando por mecanismos que comprometem a integridade celular de forma que o crescimento e o metabolismo sejam inibidos (Souza; Demenighi, 2016). Além disso, representam uma estratégia viável para o desenvolvimento de formulações preservativas com menor impacto ambiental.

A *Schinus terebinthifolius* Raddi, componente da família anacardiaceae, destaca-se entre as espécies com potencial para produção de óleo essencial. Popularmente conhecida como aroeira-vermelha ou aroeira-pimenteira, é nativa do território brasileiro com ampla distribuição geográfica ocorrendo de Sergipe até o Rio Grande do Sul. Essa espécie ocorre naturalmente em diferentes formações vegetais como Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual (Carvalho, 2008).

Seu óleo essencial extraído principalmente dos frutos, é utilizado na medicina popular como anti-inflamatório, antimicrobiano, cicatrizante e antisséptico (Lorenzi; Matos, 2008; Braga *et al.*, 2007). Segundo Silva *et al.* (2021), a composição do óleo é rica em monoterpenos e sesquiterpenos como α -pineno, β -pineno, limoneno e germacreno D, metabólitos com reconhecida atividade antifúngica, conferindo uma promissora aplicação como agente preservativo da madeira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Análise da atividade in vitro do óleo essencial de *S. terebinthifolius* sobre os fungos *R. placenta* e *P. ostreatus*

O estudo foi realizado no Laboratório de Biodeterioração da Madeira pertencente ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, campus Seropédica - RJ. Para a execução do experimento, utilizou-se os fungos *Rhodonía placenta* e *Pleorotus ostreatus* previamente isolados e mantidos em meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA). O óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* foi obtido mediante hidrodestilação dos frutos, enviado pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Foram preparados dois meios de cultura para o experimento: um constituído por BDA puro, e o outro por uma mistura homogênea de BDA e DMSO a 1,5% de concentração. A concentração de DMSO utilizada deu-se a partir de testes anteriormente realizados para que se descobrisse a concentração não tóxica ao crescimento dos fungos, e nem que influenciasse em seu comportamento, assim como foi adicionada 1 gota de corante líquido preto a ambos os meios para facilitar a futura observação do desenvolvimento dos fungos, previamente testado.

A incorporação do óleo essencial de *S. terebinthifolius* deu-se a partir de uma solução padrão preparada com 350 μ L do óleo e 1 mL de DMSO a 1,5% (Figura 1).

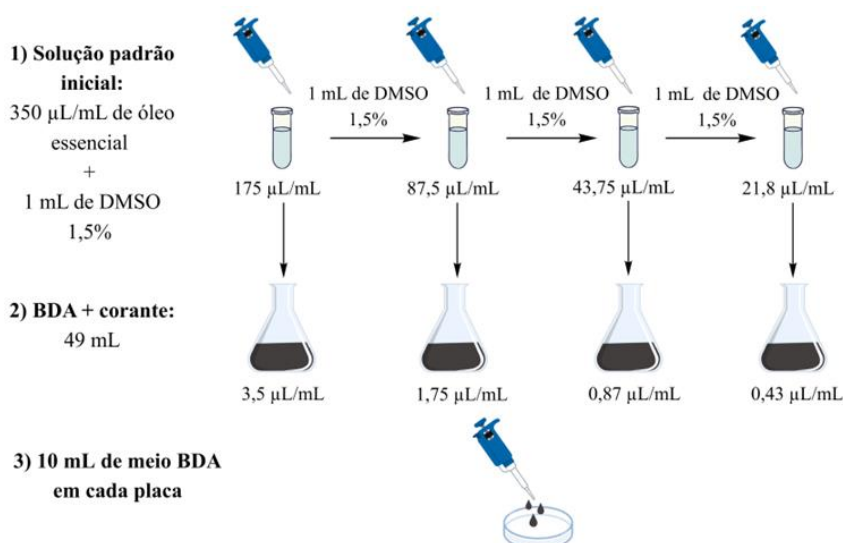


Figura 1. Diluição do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi em meio de cultura BDA com corante preto, em quatro concentrações.

Posteriormente, foram incorporadas individualmente 1 mL de cada solução em frascos Erlenmeyer contendo 49 mL do meio de cultura BDA, resultando em meios finais correspondentes aos tratamentos utilizados: testemunha, controle com DMSO a 1,5%, e as concentrações de óleo essencial de 3,5; 1,75, 0,87 e 0,43 µL/mL. Em seguida, de cada um desses meios pipetou-se 10 mL, os quais foram vertidos em 60 placas de Petri de diâmetro 71 mm e raio 35,5 mm, sendo 30 placas para os fungos *R. placenta* e *P. ostreatus*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições por tratamento de cada fungo.

Após a solidificação dos meios sob luz ultravioleta por 40 minutos (procedimento adotado para diminuir o risco de contaminações), os discos de inóculo dos fungos *R. placenta* e *P. ostreatus* foram transferidos para as placas em capela de fluxo laminar horizontal. Em seguida, as placas foram armazenadas em câmara climatizada a 25°C, 75 ± 10% de UR, onde permaneceram por 7 dias (*P. ostreatus*) e 8 dias (*R. placenta*). Este período foi estabelecido com base no tempo necessário para que as placas com BDA puro atingissem a colonização total pelo micélio fúngico, sendo então o parâmetro utilizado para a desmontagem do experimento.

A avaliação do crescimento radial médio do halo micelial foi realizada a partir do disco de inóculo inicial de 8,67 mm. O crescimento radial do halo foi medido diariamente com um paquímetro digital, através da aferição do raio em quatro posições perpendiculares. Dessa forma, o raio médio de crescimento foi calculado, subtraindo-se o raio do disco de inóculo. Para cálculo da velocidade média de crescimento radial diária dos fungos *R. placenta* e *P. ostreatus* em meio BDA sob diferentes concentrações do óleo essencial, utilizou-se a equação:

$$VMr = \frac{(Ca_2 - Ca_1) + (Ca_3 - Ca_2) + (Ca_4 - Ca_3) + \dots + (Ca_n - Ca_{n-1})}{N}$$

Onde: **VMr** = Velocidade média diária de crescimento radial (mm/dia); **Ca** = Crescimento médio radial mensurado no dia (mm); **CA** = Crescimento médio radial mensurado no dia anterior; **n** = Número do dia avaliado; **N** = Número total de dias com registro de crescimento micelial.

O cálculo do perímetro e área de crescimento micelial procedeu da análise de cada fotografia digital para realizar a devida mensuração no software ImageJ 1.54g. As fotografias foram tiradas no momento em que as placas contendo apenas o BDA puro estavam totalmente colonizadas pelos fungos. O programa foi calibrado a partir de um quadrado de papel com área conhecida nas dimensões de 1 cm x 0,5 cm, inserido durante as fotografias como proporção real. O perímetro foi demarcado com uma linha amarela e devidamente medido, de forma que possibilitasse o cálculo do halo micelial (Figura 2).

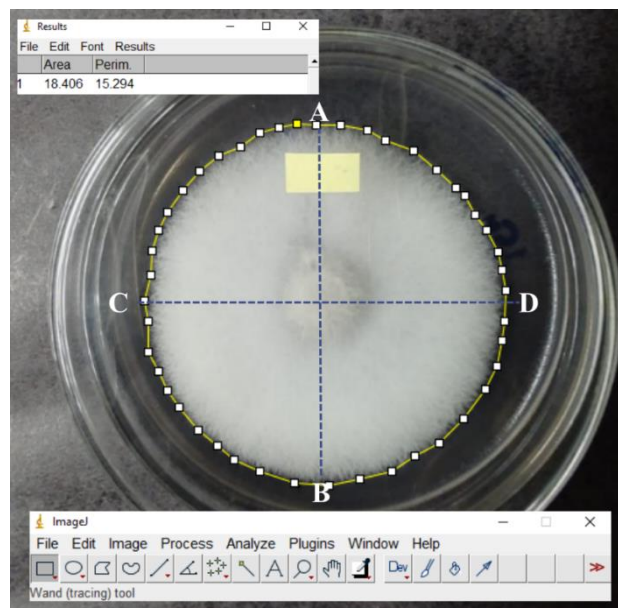


Figura 2. Procedimento para demarcação e mensuração do perímetro e área do halo micelial (linha amarela) no software ImageJ e do raio micelial nos eixos A, B, C e D (linha azul), mensurado no paquímetro. O quadrado amarelo delimita uma área conhecida para a calibração do programa.

A análise estatística dos dados foi feita no programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007). Para isso, a normalidade foi conferida pelo teste de Lilliefors (5% de significância). Constatada distribuição não normal, empregou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com pós-teste de Student-Newman-Keuls (SNK) (5% de significância), para análise de variâncias dos postos médios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do óleo essencial de *S. terebinthifolius* sobre o fungo *R. placenta*

O fungo *Rhodonina placenta* apresentou crescimento radial médio diário do halo micelial, em meio BDA puro e adicionado com DMSO 1,5%, ambos, na ordem de 2,12 mm/dia, iniciando o seu desenvolvimento a partir do segundo dia após a inoculação. A avaliação do crescimento médio diário do raio do halo micelial, para as concentrações do óleo essencial de 0,43; 0,87; 1,75 e 3,5 $\mu\text{L/mL}$ foram, respectivamente, 1,96; 1,94; 1,76 e 1,55 mm/dia. Ao oitavo dia, notou-se que o meio de cultura composto por BDA puro, encontrava-se colonizado por completo pelo fungo *R. placenta*, com 34,09 mm de raio micelial médio (Figura 3).

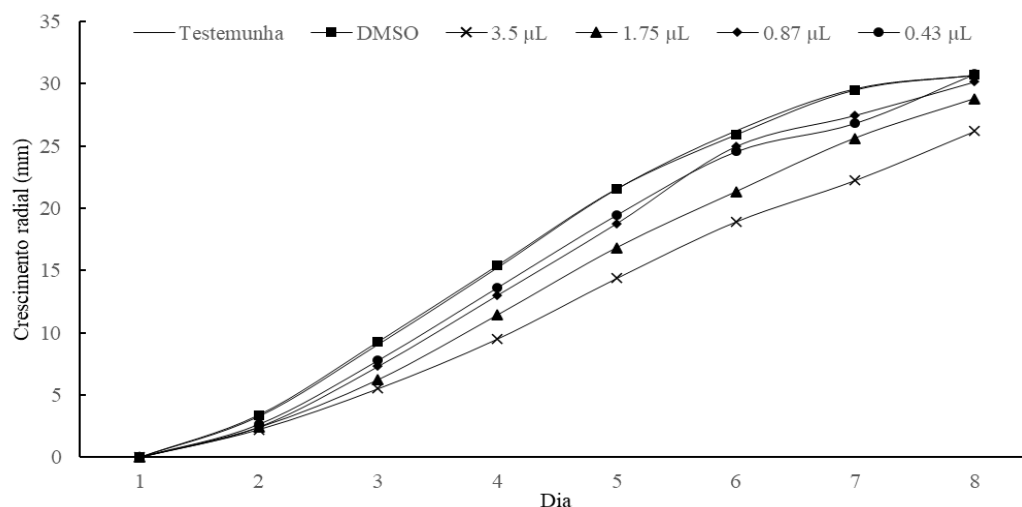


Figura 3: Crescimento radial médio, aos oito dias, do halo micelial do fungo *R. placenta*, em meio de cultura BDA com quatro concentrações do óleo essencial de *S. terebinthifolius*.

A partir da análise de Student-Newman-Keuls a 5% de significância, no software BioEstat 5.0, verificou-se que o óleo essencial foi significativamente mais eficaz nas concentrações de 3,5 e 1,75 µL/mL em inibir o crescimento da área do halo micelial do fungo *R. placenta*. Houve uma diminuição de 32,55% e 23,09%, respectivamente, no crescimento do fungo, nessas concentrações, quando comparadas à testemunha e ao meio com DMSO 1,5%. As concentrações de 0,87 e 0,43 µL/mL apresentaram reduções de 17,08% e 16,11% (Tabela 1).

Tabela 1. Área (mm²) e perímetro (mm) do halo micelial do fungo *Rhodonía placenta* aos oitos dias, submetido a quatro concentrações do óleo essencial de *S. terebinthifolius*.

Fungo	Concentração (µL/mL)	Área (mm ²)	Perímetro (mm)
<i>R. placenta</i>	0	27,81 ± 0,00 a	19,47 ± 0,00 a
	dms0	27,81 ± 0,00 a	19,47 ± 0,00 a
	3,5	18,76 ± 1,77 c	16,34 ± 0,69 c
	1,75	21,39 ± 0,32 bc	17,32 ± 0,12 bc
	0,87	23,06 ± 0,54 ab	17,94 ± 0,19 ab
	0,43	23,33 ± 0,84 ab	18,03 ± 0,29 ab

. Letras distintas, entre linhas, diferem estatisticamente (SNK 5% de significância)

Quanto ao perímetro micelial, o resultado foi semelhante, já que as maiores concentrações reduziram significativamente o perímetro do halo micelial do fungo *R. placenta*. A redução média do crescimento foi de 16,09% no meio BDA com a concentração de 3,5 µL/mL, enquanto a redução de 11,04%, foi observada no meio com 1,75 µL de óleo. Por outro lado, as concentrações de 0,87 e 0,43 µL/mL, foram constatados uma redução de 7,86% e 7,40%, respectivamente (Tabela 1).

4.2 Efeito do óleo essencial de *S. terebinthifolius* sobre o fungo *P. ostreatus*

O fungo *Pleorotus ostreatus* por sua vez, teve o início de crescimento observado a partir do segundo dia após a inoculação, levando sete dias para colonizar completamente a área da placa de Petri, nos tratamentos onde não continham o óleo essencial na sua composição, nesse momento apresentou um raio micelial médio de 30,92 mm, com crescimento médio diário do raio do halo micelial de 2,16 mm/dia. Por outro lado, nos meios de cultura que continham 3,5; 1,75; 0,87 e 0,43 $\mu\text{L/mL}$ de óleo essencial, o crescimento foi 2,09; 1,99; 1,86 e 1,65 mm/dia, respectivamente (Figura 4).

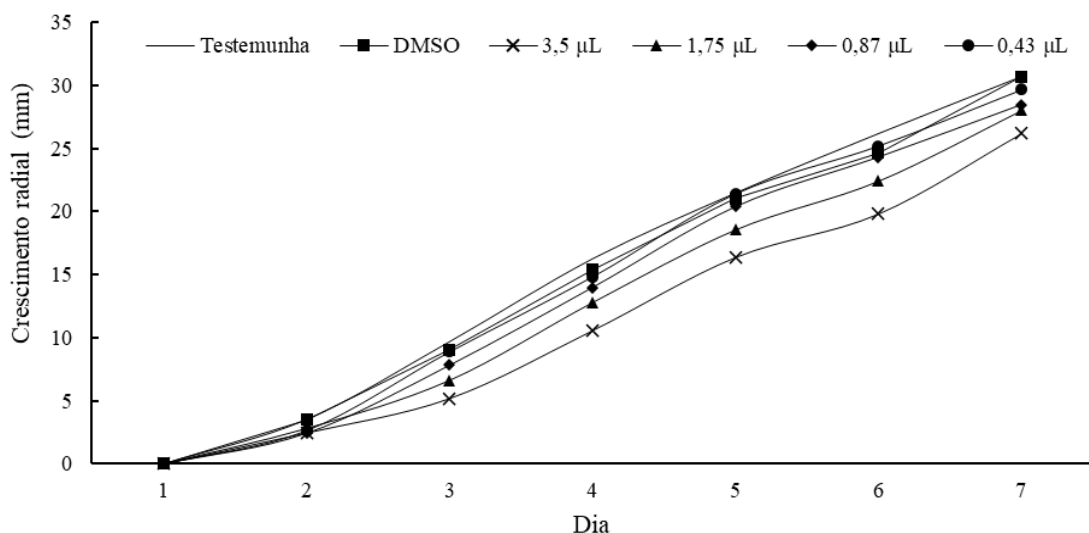


Figura 4: Crescimento radial médio, aos sete dias, do halo micelial do fungo *P. ostreatus*, em meio de cultura BDA com quatro concentrações do óleo essencial de *S. terebinthifolius*.

Em relação ao efeito do óleo sobre a área e perímetro do halo micelial do fungo *P. ostreatus*, registrou-se uma ação mais acentuada, em relação ao que foi observado para o fungo *R. placenta*. Sendo assim, as três maiores concentrações do óleo, quando incorporadas no meio de cultura, promoveram reduções significativas em área e perímetro do halo micelial, em relação a testemunha. Isso proporcionou uma redução da área do halo em torno de 36,70%, na concentração de 3,5 $\mu\text{L/mL}$, seguida 28,23% para a concentração de 1,75 $\mu\text{L/mL}$, 25,06% e 24,63% para 0,87 e 0,43 $\mu\text{L/mL}$. Em relação ao perímetro do halo micelial, as reduções, para as respectivas concentrações, foram: 18,28; 13,56; 11,97 e 11,76% (Tabela 2).

Tabela 2. Área (mm²) e perímetro (mm) do halo micelial do fungo *Pleorotus ostreatus* aos sete dias, submetido a quatro concentrações do óleo essencial de *S. terebinthifolius*.

Fungo	Concentração (µL/mL)	Área (mm ²)	Perímetro (mm)
<i>P. ostreatus</i>	0	27,81 ± 0,00 a	19,47 ± 0,00 a
	dmso	27,81 ± 0,00 a	19,47 ± 0,00 a
	3,5	17,60 ± 0,95 b	15,91 ± 0,69 c
	1,75	19,96 ± 1,22 b	16,83 ± 0,12 c
	0,87	20,84 ± 0,53 b	17,14 ± 0,19 bc
	0,43	20,96 ± 0,70 ab	17,18 ± 0,29 ab

Letras distintas, entre linhas, diferem estatisticamente (SNK 5% de significância)

4.3 Análise do efeito fungistático entre os fungos xilófagos à ação do óleo essencial de *S. terebinthifolius*

A partir dos resultados obtidos, observou-se que o óleo essencial de *S. terebinthifolius* exerceu um efeito fungistático significativo sobre os fungos *R. placenta* e *P. ostreatus*. É possível observar o efeito de forma visual na Figura 5.

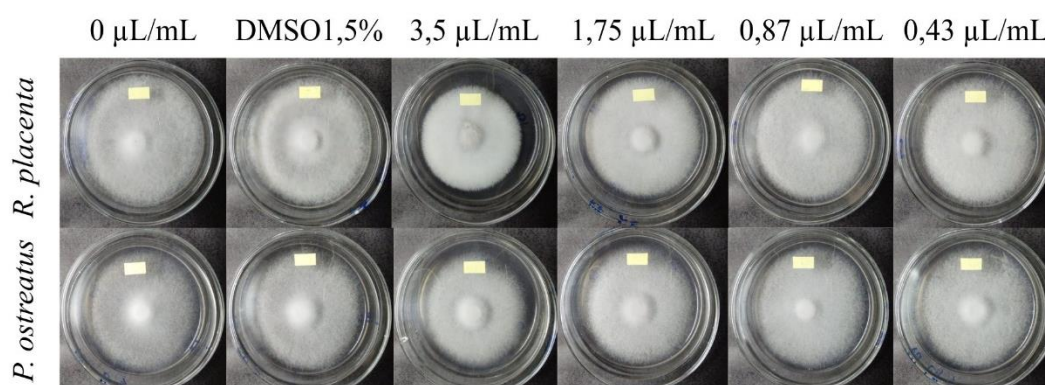


Figura 5. Desenvolvimento dos fungos xilófagos *Rhodonia placenta* (oito dias) e *Pleorotus ostreatus* (sete dias), em meio de cultura BDA, contendo óleo essencial de *S. terebinthifolius*, em quatro concentrações distintas.

Esses resultados podem ser explicados pela desaceleração do metabolismo fúngico, mas não totalmente interrompido, o que pode estar relacionado a fatores como a composição química do óleo e às defesas naturais desses basidiomicetos (Zabel; Morrell, 2020). Sendo assim, Bassolé e Juliani (2012) destacam que, em concentrações mais baixas, os compostos bioativos presentes nos óleos essenciais tendem a ficar acumulados nas membranas celulares, o que modifica a sua permeabilidade e desacelera o crescimento fúngico, caracterizando o efeito fungistático.

Em maiores concentrações, o acúmulo desses compostos gera desorganização estrutural intensa, perda de integridade celular e a morte do microrganismo, o que caracteriza o efeito fungicida (Medeiros et al., 2016; Oliveira et al., 2018). No presente trabalho, esse padrão dose-

dependente foi observado especialmente no fungo *P. ostreatus*, que apresentou maior redução de crescimento conforme aumentou as concentrações do óleo, enquanto o *R. placenta* sugeriu maior resistência fisiológica, apesar de expressar significativa redução em seu desenvolvimento.

O mecanismo responsável por essa inibição parcial de crescimento está possivelmente associado à ação de componentes majoritários do óleo essencial de *S. terebinthifolius* como o α -pineno, β -pineno e limoneno. Por sua natureza lipofílica, esses compostos terpenóides tem a capacidade de desorganizar a bicamada lipídica e se manterem acumulados, aumentando sua permeabilidade (Sokovic et al., 2010). Ou seja, a célula fúngica pode ser capaz de parcialmente reparar os danos de forma que impeça uma lise completa, mas tem a sua capacidade de se dividir e expandir comprometida (Tkaczuk et al., 2020).

Os fungos de podridão parda e branca possuem distintas respostas aos compostos fenólicos e terpenóides presentes nos óleos essenciais. A variabilidade enzimática e estratégias metabólicas nos fungos de podridão parda utilizam mecanismos de oxidação e geração de radicais livres, com defesas antioxidantes e tolerância a substâncias tóxicas, conferindo maior resistências a inibidores externos (Schmidt, 2006; Zabel; Morrell, 2020). Autores como Yang e Clausen (2007), Pánek et al. (2014), afirmam que mesmo que ocorra modificações químicas na madeira, a degradação pelo *R. placenta* reduz, mas não é totalmente eliminada, sendo consumida por este fungo após tempo suficiente.

Por sua vez, fungos caracterizados como podridão branca tendem a ser mais vulneráveis à ação de compostos lipofílicos, como antifúngicos, em sua membrana e parede celular (Vettraino et al., 2023). Conforme Zhang et al. (2016), a sensibilidade dos fungos de podridão branca aos óleos essenciais é fundamentada pelo seu micélio mais suscetível a compostos voláteis de origem vegetal, especialmente os ricos em monoterpenos, favorecendo então os distúrbios oxidativos e metabólitos. Portanto, essa sensibilidade se relaciona ao fato de que, quando comparados aos fungos de podridão parda, esses organismos possuem sistemas antioxidantes menos eficientes.

5. CONCLUSÃO

Dessa maneira, fica evidente que o óleo essencial de *Schinus terebinthifolius*:

- É capaz de reduzir significativamente o desenvolvimento in vitro dos fungos *Rhodonía placenta* (podridão parda) e *Pleorotus ostreatus* (podridão branca);
- Sinaliza um potencial produto natural que tem evidências que pode aumentar a resistência de madeiras à ação desses fungos, cabendo novas investigações;
- Submetido à concentração de 3,5 $\mu\text{L/mL}$, foi mais eficiente para ambos os fungos, reduzindo de forma significativa a área e o perímetro do halo micelial;
- Quanto à sua ação no fungo *P. ostreatus* demonstrou maior sensibilidade ao óleo essencial, apresentando inibição de crescimento mesmo em concentrações menores, enquanto no fungo *R. placenta* respondeu às maiores doses (3,5 e 1,75 $\mu\text{L/mL}$).

Além disso, sugere-se mais pesquisas e estudos para a atividade desse óleo essencial em concentrações mais altas para avaliar o seu potencial antifúngico sobre fungos xilófagos, e que nessas pesquisas seja investigada a ação do óleo essencial em diferentes tipos de madeiras e testes de campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, M. C.; LIMA, E. A. de; GOES, B. C.; HELM, C. V.; AUER, C. G.; ZEFERINO, I. Efeitos do ataque de fungos de podridão nas características da madeira de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 5., 2015, Curitiba. **Novas tecnologias florestais: anais**. Curitiba: Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal, 2015. 6 p.
- ARAÚJO, V. A. *et al.* Importância da madeira de florestas plantadas para a indústria de manufaturados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 37, n. 90, p. 189-200, 2017.
- ARAÚJO, H. J. B. de. Caracterização do material madeira. In: SEABRA, G. (org.). **Educação ambiental: o desenvolvimento sustentável na economia globalizada**. Ituiutaba, MG: Barlavento, 2020. p. 31-44.
- AYRES M.; Ayres Jr M.; Ayres DL.; Santos AAA. BioEstat 5.0 – **Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas**. Sociedade Civil Mamirauá, Tefé, p. 380, 2007.
- CARNEIRO, M. J. **Composição química e atividades biológicas de extratos etanólicos e óleos essenciais de Schinus terebinthifolius Raddi**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências - Área de Fármacos, Medicamentos e Insumos para a Saúde) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.
- CARVALHO, D. E. *et al.* Resistência natural de quatro espécies florestais submetidas a ensaio com fungos apodrecedores. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 271-276, 2015.
- CLAUSEN, C. A. Biodeterioration control by natural compounds. **Forest Products Journal**, v. 60, n. 4, p. 8-12, 2010.
- GUIMARÃES, P. P.; CASTRO, V. G. de (org.). Deterioração e preservação da madeira. Mossoró: EdUFERSA, 2018. p. 135-151.
- HOERLLE, C. R.; BREHM, F. A.; MACIEL, E. F. Reciclagem da madeira tratada com arseniato de cobre cromatado (CCA). **Seminário de Inovação e Tecnologia do IFSul**, v. 4, 2015.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual 2025**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://iba.org>. Acesso em: 7 nov. 2025
- LAZAROTTO, M. *et al.* Identificação de fungos emboloradores em madeira de *Pinus* spp. em laboratório. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 602-605, 2016.
- LIMA, P. A. F. L.; SIQUEIRA, B. L.; SETTE JÚNIOR, C. R. Qualidade da madeira de eucalipto antes e após o tratamento preservativo para uso como mourões de cerca. **Madeiras nativas e plantadas do Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades**. Guarujá: Editora Científica, 2021. p. 319-339.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v. 2. 544 p.

MARIANO, L. G. **Potencialidade de óleos essenciais como preservantes naturais de madeira contra a ação de fungo da podridão branca**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

MEDEIROS, F. C. M. *et al.* Fungicidal activity of essential oils from Brazilian Cerrado species against wood decay fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 114, p. 87-93, 2016.

MENDES, R. F. *et al.* Resistência de painéis compensados de *Pinus taeda* tratados com preservantes ao ataque de fungos xilófagos. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 105-112, 2014.

NETTO, J. V. L. C. **Avaliação da eficiência da furfurilação da madeira de *Pinus* sp. sobre a agregação de resistência a fungos xilófagos e térmitas**. 2025. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

NETO, P. N. M. *et al.* **Resistência biológica e agentes deterioradores da madeira**. Editora Licuri, 2024. p. 73-89.

OLIVEIRA, M. S. *et al.* Chemical composition and antifungal and anticancer activities of extracts and essential oils of *Schinus terebinthifolius* Raddi fruit. **Revista Fitos**, v. 12, n. 2, p. 133-144, 2018.

PÁNEK, M.; REINPRECHT, L.; HRIVNÁK, J. Wood modification with natural extracts and its effect on decay resistance. **Journal of Wood Science**, v. 60, n. 2, p. 112-118, 2014.

Ribeiro, T. R. R. dos.; FERREIRA, L.; MOREIRA, J.; ALVES, M. A utilização da aroeira na medicina tradicional: uma abordagem científica. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2025.

SANTOS, C. E. *et al.* Madeira preservada com CCA: proficuidade, potencial deletério, toxicidade dos resíduos e tecnologias de recuperação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 1, 2022.

SANTOS, Í. dos *et al.* Óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi como controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Lasiodiplodia theobromae*. **Revista GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 4, n. 4, p. 1409-1417, 2014.

SANTOS, L. F. M. **Potencial de deterioração de fungos apodrecedores de madeira em ensaios de laboratório**. 2015. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SEVILHA, R. C. **Avaliação do efeito de fungos prospectados do cerrado em madeira de *Eucalyptus* sp.** 2025. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2025.

SILVA, J. C. da; OLIVEIRA, A. P.; SOUZA, R. V. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 23, n. 2, p. 215-222, 2021.

SOKOVIĆ, M. *et al.* Chemical composition and antifungal activities of essential oils. **Molecules**, v. 15, n. 11, p. 7722-7748, 2010.

SOUZA, R. V.; DEMENIGHI, A. L. Tratamentos preservantes naturais de madeiras de floresta plantada para a construção civil. In: **Anais do Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS)**, 2016. p. 974-985.

TKACZUK, M. *et al.* Fungistatic activity of essential oils as an alternative to synthetic pesticides in the protection of wood. **BioResources**, v. 15, n. 2, p. 2817-2832, 2020.

VETTRAINO, A. M. *et al.* Essential oils from *Thymus* spp. as natural biocide against common brown- and white-rot fungi. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 81, p. 747-763, 2023.

VIVIAN, M. A. *et al.* Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 175-183, 2015.

YANG, V. W.; CLAUSEN, C. A. Antifungal effect of essential oil vapors on *Rhodonias placenta*. **Holzforschung**, v. 61, n. 2, p. 119-123, 2007.

ZABEL, R. A.; MORRELL, J. J. Wood Microbiology: Decay and Its Prevention. 2. ed. San Diego: **Academic Press**, 2020. 476 p.

ZHANG, Z. *et al.* Antifungal activity of monoterpenes against wood white-rot fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 106, p. 157-160, 2016.