



CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITAITUBA - LTDA
FACULDADE DE ITAITUBA - FAI
CURSO DE BACHARELADO DE ENGENHARIA CIVIL

ELLEN MARCIANNY COSTA PINALLI
HENRIQUE BORGES SAMPAIO

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE UM VERNIZ POLIMÉRICO
ARTESANAL PARA PROTEÇÃO DA MADEIRA CONTRA AGENTES
DEGRADANTES ABIÓTICOS**

Itaituba – PA

2026

ELLEN MARCIANNY COSTA PINALLI
HENRIQUE BORGES SAMPAIO

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE UM VERNIZ POLIMÉRICO
ARTESANAL PARA PROTEÇÃO DA MADEIRA CONTRA AGENTES
DEGRADANTES ABIÓTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Itaituba para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Wesley Aguiar Pinto.

PINALLI, Ellen Marcianny Costa; SAMPAIO, Henrique Borges.

Estudo Experimental de um Verniz Polimérico Artesanal para proteção da madeira contra Agentes Degradantes Abióticos - FAI / Ellen Marcianny Costa Pinalli; Henrique Borges Sampaio. Itaituba: FAI, 2026.

105 f. : il.

Orientador: Prof. Es. Wesley Aguiar Pinto.

Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Bacharelado de Engenharia Civil – Faculdade de Itaituba, 2026.

1. Patologia na Madeira. 2. Verniz. I. PINTO, Wesley Aguiar. II Faculdade de Itaituba. Itaituba, BR – PA, 2026.

ELLEN MARCIANNY COSTA PINALLI
HENRIQUE BORGES SAMPAIO

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE UM VERNIZ POLIMÉRICO
ARTESANAL PARA PROTEÇÃO DA MADEIRA CONTRA AGENTES
DEGRADANTES ABIÓTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Itaituba para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Wesley Aguiar Pinto.

BANCA EXAMINADORA

Presidente: _____ Nota: _____
Prof. _____, _____

Avaliador(a): _____ Nota: _____
Prof. _____, _____

Avaliador(a): _____ Nota: _____
Prof. _____, _____

Resultado: _____ Média: _____

Itaituba/PA, ____ de abril de 2026.

*"A mente que se abre a uma nova
idéia jamais voltará ao seu tamanho
original".*

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradecemos de forma especial ao Prof. Esp. Andryo Henrique Freitas da Silva, por ter despertado nosso interesse pelo tema deste TCC por meio da disciplina de patologias na madeira, servindo como inspiração para o desenvolvimento da pesquisa.

Da mesma forma, agradecemos ao Prof. Me. Andrews Malone Pontes da Costa, que foi nosso orientador durante a disciplina de TCC I e que, mesmo após seu desligamento da instituição, continuou participando ativamente do desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos também ao Químico Marcos Antônio Magalhães, amigo do professor Malone, que contribuiu esclarecendo dúvidas e auxiliando no desenvolvimento da composição química apresentada neste TCC.

Agradecemos ao Prof. Esp. Wesley Aguiar Pinto, que assumiu a orientação a partir da disciplina de TCC II e foi fundamental para a continuidade deste trabalho, oferecendo apoio, direcionamento e importantes orientações ao longo desta etapa final.

De forma individual, a acadêmica Ellen Marcianny C. Pinalli gostaria de agradecer aos pais, Edina Costa Pinalli e Marciano Pinalli Schmidt, à tia Caroline Angélica Schmidt e à avó Vera Lúcia Pinalli Schmidt, pelo apoio incondicional, incentivo constante e por todo o suporte oferecido ao longo de sua trajetória acadêmica, sendo fundamentais para a realização deste trabalho. Além disso, expressa gratidão ao companheiro Raul Vinícius Santos Pacheco e aos amigos Amanda Luisa Damasceno, Jeann Davi Nunes Souza e Pedro Ryan Arnour Silva, pelo companheirismo, incentivo, compreensão e apoio nos momentos mais desafiadores, contribuindo de forma significativa para a conclusão desta etapa.

Em nome de Henrique B. Sampaio meus agradecimentos inicialmente ao meu Pai, Aelton Fernandes Sampaio, o homem que eu mais admiro nesse mundo, que se sacrificou tanto para me ajudar a chegar aonde eu cheguei que me apoio e incentivou, sempre tentarei dar orgulho para ele. E não poderia dizer menos da mulher que mais cuida de mim nesse mundo, minha mãe, Zilma Borges Moreira a mãe mais forte nessa terra que apesar de todas as dificuldades que passamos nesses últimos anos, sempre se empenho em ajudar seus filhos e marido a conquistarmos o que podemos apreciar hoje como uma verdadeira vitória.

RESUMO

A madeira é um dos materiais construtivos mais antigos e, ainda hoje, mantém grande relevância na arquitetura e na engenharia civil devido às suas qualidades estéticas, caráter renovável e adequado desempenho estrutural. Entretanto, por se tratar de um material de origem orgânica, está suscetível ao surgimento de patologias que podem comprometer sua durabilidade, essas patologias podem ser classificadas em bióticas, causadas por organismos vivos como fungos, cupins e outros insetos xilófagos, e abióticas, relacionadas a fatores físicos e químicos, como excesso de umidade, radiação ultravioleta, variações térmicas e agentes atmosféricos. Inicialmente, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de um verniz artesanal, desenvolvido pelos autores desse estudo, analisando sua eficácia na proteção contra agentes de degradação e sua influência na durabilidade do material em condições de uso, considerando que a madeira, embora amplamente empregada na construção civil, está sujeita a patologias de origem biótica e abiótica que comprometem sua integridade. Ademais, a metodologia adotada caracteriza-se como bibliográfica, exploratória, descritiva, experimental e de campo, sendo realizada, em um primeiro momento, uma revisão bibliográfica para fundamentação teórica acerca das propriedades da madeira, suas patologias e métodos de proteção, seguida pelo desenvolvimento do verniz, preparação das amostras e aplicação do produto sob condições controladas, analisando variáveis como mistura do verniz, rendimento, número de demãos e tempo de secagem. Posteriormente, os resultados obtidos evidenciaram que o verniz desenvolvido apresentou desempenho satisfatório na proteção da madeira, contribuindo para a redução da absorção de umidade e para a melhoria da resistência frente a agentes degradantes, além de possuir uma boa resistência ao fogo e demonstrar que as condições de aplicação influenciam diretamente sua eficácia. Por fim, conclui-se que o verniz proposto apresenta potencial como alternativa para a proteção de elementos de madeira em áreas internas, pois não possui boa resistência contra raios UV e chuvas constantes, porém ainda colabora para o aumento da durabilidade e desempenho, bem como reforçando a importância do desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas à preservação de materiais naturais no âmbito da construção civil.

Palavras-chave: patologias, madeira, xilófagos, verniz polimérico.

ABSTRACT

The wood is one of the oldest building materials and, even today, remains highly significant in architecture and civil engineering due to its aesthetic qualities, renewable nature, and adequate structural performance. However, because it is a material of organic origin, it is susceptible to the development of defects that can compromise its durability. These defects can be classified as biotic, caused by living organisms such as fungi, termites, and other xylophagous insects, and abiotic, related to physical and chemical factors such as excess moisture, ultraviolet radiation, temperature fluctuations, and atmospheric agents. Firstly, this study aims to evaluate the performance of a handmade varnish, developed by the authors of this study, analyzing its effectiveness in protecting against degradation agents and its influence on the material's durability under actual use conditions, given that wood, although widely used in construction, is susceptible to biotic and abiotic damage that compromises its integrity. Furthermore, the methodology adopted is characterized as qualitative, exploratory, descriptive, experimental, and field-based, and involves, initially involving a literature review to establish a theoretical foundation regarding the properties of wood, its pathologies, and protection methods, followed by the development of the varnish, preparation of the samples, and application of the product under controlled conditions, analyzing variables such as moisture content, coverage, number of coats, and drying time. Subsequently, the results obtained showed that the developed varnish performed satisfactorily in protecting the wood, contributing to reduced moisture absorption and improved resistance to degrading agents, while also demonstrating that application conditions directly influence its effectiveness. Finally, it can be concluded that the proposed varnish shows promise as an alternative for protecting wooden elements, helping to increase their durability and performance, as well as underscoring the importance of developing technological solutions aimed at preserving natural materials in the construction industry.

Keywords: Pathologies, wood, xylophages, polymeric varnish.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seção transversal, radial e tangencial da madeira.....	23
Figura 2 – Etapas da Proliferação do Fungo	30
Figura 3 – Fungos emboloradores na madeira.....	31
Figura 4 – Fungos manchadores na madeira.....	31
Figura 5 - <i>Laetiporus gilbertsonii</i> na madeira	32
Figura 6 – <i>Coniophora puteana</i> na madeira.....	33
Figura 7 – <i>Fibroporia vaillantii</i> na madeira.....	33
Figura 8 - <i>Pycnoporus sanguineus</i> na madeira.....	34
Figura 9 – Cupim <i>Isoptera</i>	36
Figura 10 – <i>Anobium punctatum</i> na madeira.....	36
Figura 11 – Madeira atacada por Teredos	38
Figura 12 – Turus na madeira	38
Figura 13 – Madeira agredida por <i>Martesia striata</i>	38
Figura 14 – Rachadura na madeira.....	40
Figura 15 – Manchas de álcool na madeira.....	41
Figura 16 – Mancha de água na madeira.....	41
Figura 17 – Uso inadequado na madeira	43
Figura 18 – Uso inadequado da madeira	43
Figura 19 – Mistura Experimental 01 após realizar a mistura dos dois materiais.....	56
Figura 20 – Mistura Experimental 01 após o tempo de descanso de 4 dias	56
Figura 21 – Mistura Experimental 02 após a elaboração	57
Figura 22 – Mistura Experimental 02 após descanso de 30 minutos	57
Figura 23 – Mistura Experimental 03.....	58
Figura 24 – Mistura Experimental 04.....	58
Figura 25 – Mistura Experimental 05.....	59
Figura 26 – Mistura Experimental 06.....	59
Figura 27 – Experimento 07	60
Figura 28 – Experimento 08	60
Figura 29 – Experimento 01 após a cura.....	62
Figura 30 – Experimento 02	63
Figura 31 – Experimento 03	63
Figura 32 – Experimento 04	64

Figura 33 – Experimento 05	64
Figura 34 – Experimento 06	65
Figura 35 – Experimento 07	65
Figura 36 – Experimento 08	66
Figura 37 – Experimento 09	66
Figura 38 – Experimento 10	67
Figura 39 – Experimento 11	67
Figura 40 – Experimento 01 após a cura.....	68
Figura 41 – Experimento 02 após a cura.....	69
Figura 42 – Experimento 03 após a cura.....	69
Figura 43 – Experimento 04 após a cura.....	69
Figura 44 – Experimento 05 após a cura.....	69
Figura 45 – Experimento 06 após a cura.....	70
Figura 46 – Experimento 07 após a cura.....	70
Figura 47 – Experimento 08 após a cura.....	71
Figura 48 – Experimento 09 após a cura.....	71
Figura 49 – Experimento 10 após a cura.....	72
Figura 50 – Experimento 11 após a cura.....	72
Figura 51 – Experimento 01 após a cura final	73
Figura 52 – Experimento 02 após a cura final	73
Figura 53 – Experimento 03 após a cura final	73
Figura 54 – Experimento 04 após a cura final	74
Figura 55 – Experimento 05 após a cura final	74
Figura 59– Experimento 06 após a cura final	75
Figura 60 – Experimento 07 após a cura final	75
Figura 58 – Experimento 08 após a cura final	76
Figura 59 – Experimento 09 após a cura final	76
Figura 60 – Experimento 10 após a cura final	76
Figura 61 – Experimento 11 após a cura final	76
Figura 62 – Segunda camada do teste 04.....	77
Figura 63 – Segunda camada do teste 05.....	77
Figura 64 – Segunda camada do teste 01.....	77
Figura 65 – Experimento 07	78
Figura 66 – Experimento 10	78

Figura 67 – Ensaio 01 com camada grossa	79
Figura 68 – Ensaio 01 com camada grossa	79
Figura 69 – Madeira sem revestimento	80
Figura 70 – Ensaio 07 molhado.....	81
Figura 71 – Ensaio 07 seco.....	81
Figura 72 – Ensaio 06 molhado.....	82
Figura 73 – Ensaio 06 seco.....	82
Figura 74 – Ensaio 07 partido ao meio.....	82
Figura 75 – Ensaio 06 partido ao meio.....	82
Figura 76 – Ensaio 06 visto de lado aberto	83
Figura 77 – Ensaio 06 visto de lado aberto	83
Figura 78 – Ensaio 06 visto de cima aberto	83
Figura 79 – Ensaio 01 após a submersão	84
Figura 80 – Ensaio 10 seco.....	85
Figura 81 – Ensaio 10 seco.....	85
Figura 82 – Ensaio 11 seco.....	86
Figura 83 – Ensaio 11 após a chuva	86
Figura 84 – Ensaio 01 com duas camadas após a chuva	86
Figura 85 – madeira sem revestimento	88
Figura 86 – Amostra 1 com 3 camadas.....	88
Figura 87 – Amostra 2 com 2 camadas.....	88
Figura 88 – Amostra 2 com 2 camadas.....	88
Figura 89 – Amostra 2 com 3 camadas.....	89
Figura 90 – Amostra 1 com 3 camadas.....	89
Figura 91 – Experimento 07 após o fogo.....	90
Figura 92 – Experimento 07 após o fogo.....	90
Figura 93 – Experimento 06 após ser submetido ao fogo	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 01	56
Quadro 2 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 02	58
Quadro 3 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 03 e 04	59
Quadro 4 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 05 e 06	60
Quadro 5 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 07 e 08	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais Tipos De Agentes De Deterioração Da Madeira.	27
Tabela 2 – Composição orgânica da madeira.....	28
Tabela 3 – Tabela comparativa do Preço do Valor de Verniz de uma demão por m² no SINAPI.....	92

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

ABPM – Associação Brasileira de Preservadores de Madeira

NBR - Norma Brasileira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 PROPRIEDADES DA MADEIRA.....	21
2.1.1 Anisotropia e Higroscopicidade.....	22
2.1.2 Heterogeneidade.....	23
2.1.3 Classificação das Madeiras.....	24
2.2 PRINCIPAIS CAUSAS DE PATOLOGIAS.....	26
2.2.1 Patologias Bióticas.....	27
2.2.1.1 Bactérias.....	28
2.2.1.2 Fungos.....	30
2.2.1.3 Insetos.....	35
2.2.1.4 Perfuradores Marinhos.....	37
2.2.2 Patologias Abióticas.....	39
2.2.2.1 Agentes Atmosféricos ou Meteorológicos.....	39
2.2.2.1 Agentes químicos.....	40
2.2.2.1 Fogo.....	41
2.2.2.1 Deficiente concepção (ou uso) estrutural.....	43
2.3 DIAGNÓSTICOS DE PATOLOGIAS NA MADEIRA.....	44
2.4 PROTEÇÃO DA MADEIRA COM VERNIZES.....	47
3 METODOLOGIA.....	51
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	51
3.2 COLETA DE DADOS.....	52
3.3 LOCAL E PERÍODO.....	52
3.4 DESENVOLVIMENTO DA MISTURA DO VERNIZ.....	53
3.4.1 Experimentos com garrafas PET.....	53
3.4.2 Experimentos com Cola Silicone.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
4.1 EXPERIMENTOS COM GARRAFAS PET.....	55
4.2 EXPERIMENTOS COM COLA SILICONE.....	55
4.2.1 Procedimento Experimental 01 para Produção do Verniz.....	55
4.2.2 Procedimento Experimental 02 para Produção do Verniz.....	56

4.2	ADIÇÃO DE CORANTE NO REVESTIMENTO.....	58
4.3.1	Procedimento Experimental 03 e 04 para Produção do Verniz.....	58
4.3.2	Procedimento Experimental 05 e 06 para Produção do Verniz.....	59
4.3.3	Procedimento Experimental 07 e 08 para Produção do Verniz.....	60
4.4	VERNIZ A BASE DA COLA SILICONE.....	61
4.4.1	Avaliação do Tempo de secagem da 1ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz Transparente.....	62
4.4.1.1	Ensaio 01	62
4.4.1.2	Ensaio 02 e 03.....	63
4.4.1.3	Ensaio 04 e 05.....	64
4.4.2	Avaliação do Tempo de secagem da 1ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz com Corante.....	64
4.4.2.1	Ensaio 06 e 07.....	64
4.4.2.2	Ensaio 08 e 09.....	65
4.4.2.3	Ensaio 10 e 11.....	66
4.4.3	Avaliação do Tempo de secagem da 2ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz Transparente.....	67
4.4.3.1	Ensaio 01.....	68
4.4.3.2	Ensaio 02 e 03.....	68
4.4.3.3	Ensaio 04 e 05.....	69
4.4.4	Avaliação do Tempo de secagem da 2ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz com Corante.....	70
4.4.4.1	Ensaio 06 e 07.....	70
4.4.4.2	Ensaio 08 e 09.....	71
4.4.4.3	Ensaio 10 e 11.....	71
4.4.5	Avaliação do Tempo de secagem da 3ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz Transparente.....	72
4.4.5.1	Ensaio 01	72
4.4.5.2	Ensaio 02 e 03.....	73
4.4.5.3	Ensaio 04 e 05.....	74
4.4.6	Avaliação do Tempo de secagem da 3ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz com Corante.....	74
4.4.6.1	Ensaio 06 e 07.....	75
4.4.6.2	Ensaio 08 e 09.....	75

4.4.6.3 Ensaio 10 e 11.....	76
4.5 COMPORTAMENTO DO VERNIZ SOB TEMPERATURAS ÚMIDAS E NA APLICAÇÃO DE CAMADAS ESPESSAS.....	77
4.5.1 Aspecto visual dos Vernizes Transparentes.....	77
4.5.2 Aspecto visual dos Vernizes Coloridos.....	78
4.5.3 Revestimento com Camada Grossa.....	79
4.6 ANÁLISE DO TESTE DE RESISTENCIA À SUBMERSÃO NA ÁGUA.....	79
4.6.1 Madeira sem revestimento.....	80
4.6.2 Experimento 07.....	81
4.6.3 Experimento 06.....	82
4.6.4 Experimento 01.....	84
4.7 ANÁLISE DO TESTE DE RESISTENCIA À PRECIPITAÇÃO.....	84
4.7.1 Experimento 10.....	85
4.7.2 Experimento 11.....	85
4.7.3 Ensaio 01.....	86
4.8 ANÁLISE DO TESTE DE RESISTÊNCIA AO FOGO.....	87
4.8.1 Revestimento transparente e sem revestimento.....	87
4.8.2 Verniz com revestimento Colorido.....	89
4.9 CÁLCULO DO RENDIMENTO DO VERNIZ DESENVOLVIDO.....	90
4.10 ORÇAMENTO E COMPARAÇÃO COM PRODUTOS COMERCIAIS.....	91
4.11 DISCUSSÃO.....	93
5 CONCLUSÃO.....	95
REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado “Estudo Experimental de um Verniz Polimérico Artesanal para Proteção da Madeira contra Agentes Degradantes Abióticos”, tem como propósito central analisar a ocorrência e os mecanismos de desenvolvimento das patologias que afetam a madeira, correlacionando-os à aplicabilidade e à eficácia de um verniz polimérico como estratégia de proteção e prolongamento da vida útil desse material. Portanto, a pesquisa considera as normas técnicas vigentes relacionadas à proteção e ao tratamento da madeira, bem como os impactos econômicos, com ênfase na redução de custos de manutenção e reposição, e os impactos ambientais, sob a perspectiva da utilização sustentável dos recursos florestais. Dessa forma, busca-se oferecer subsídios técnicos e científicos capazes de contribuir para a adoção de práticas construtivas mais eficientes, duráveis e ecologicamente responsáveis.

Desde os primórdios da atividade construtiva, a madeira desempenha papel de destaque na edificação de abrigos e na execução de elementos estruturais, sendo valorizada não apenas pela sua ampla disponibilidade e facilidade de obtenção, mas também pela combinação singular de propriedades mecânicas, estéticas e térmicas. Ao longo dos séculos, o emprego da madeira evoluiu de uma utilização empírica para abordagens cada vez mais fundamentadas em conhecimentos técnicos e em normas específicas, que visam otimizar seu desempenho e prolongar sua vida útil.

Assim, o objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar o desempenho de um verniz desenvolvido para aplicação em madeira, avaliando sua influência na prevenção de patologias bióticas e abióticas.

Enquanto os objetivos específicos são: (1) Identificar os principais tipos de patologias que afetam a madeira na construção civil, diferenciando as de origem biótica e abiótica; (2) Avaliar parâmetros de aplicação, como número de demãos e tempo de secagem; (3) Determinar o rendimento do verniz em função dos métodos e condições de aplicação e (4) Investigar a resistência do verniz frente à umidade e variações ambientais.

A justificativa para a realização deste estudo fundamenta-se na necessidade de ampliar o conhecimento sobre tratamentos protetivos eficazes para a madeira, priorizando soluções que aumentem sua durabilidade, reduzam os custos de manutenção e minimizem os impactos ambientais, contribuindo, assim, para práticas

construtivas mais sustentáveis.

Por fim, a pesquisa será guiada pelas seguintes questões norteadoras: (1) Qual é o desempenho do verniz desenvolvido na proteção da madeira contra agentes de degradação bióticos e abióticos?; (2) A aplicação do verniz altera significativamente o comportamento da madeira ao longo do tempo?; (3) Como o verniz desenvolvido se comporta em relação à resistência à umidade e às variações ambientais? e (4) Quais são os parâmetros ideais de aplicação do verniz, considerando rendimento, número de demãos e tempo de secagem?

Com base nessa abordagem, a presente pesquisa toma como referência autores que analisam os processos de biodeterioração, degradação biótica e abiótica da madeira, suas propriedades, o sistema de proteção superficial, o verniz, e outros aspectos que influenciam seu desempenho ao longo do tempo, tais como: ABPM (2022), Agenciaturpiniquim (2025), Alvares e Martitegui (1996), Alves (2017), Andrade e Klock (2013), Arantes e Milagres (2009), Armijos, Cofrep e Feijoo (2018), Bahia (2015), Borges, Cragg e Merckelbach (2014), Brasil (2025), Brito (2014), Campos (2002), Castro et al. (2018), Cimentos (2015), Conduita, Rodrigues e Carvalho (2023), Costa et al. (2017), Cruz (2001), Cunha (2012), Decora (2022), Farias (2004), Gesualdo (2003), Gonçalves et al. (2025), Gomes, Rabbani e Oliveira (2024), Green (2025), Hager (2024), Hellmeister (1983), Ino e Shimbo (2024), Leitão (2015), Lima (2022), Lins (2020), Madeiras (2022), Magalhães (2005), Maidel et al. (2009), Martins e Fioriti (2016), Martitegui et al. (2002), Marques (2001), Mendes e Alves (1988), Merlin (2021), Molina et al. (2012), Monteiro (2017), Moraes (2021), Moreschi (2012), Moreschi (2013), ONU (2019), Pala (2007), Palmeira (2010), Paula (2020), Pfeil e Pfeil (2003), Pinto (2006), Pontes Farias et al. (2023), Reatgui (2024), Reiguel (2015), Sampaio da Costa (2009), Selak (2026), Silva (2008) e Yamanaka et al. (2006).

Ademais, foram incorporadas normas técnicas específicas, as quais abordam a definição e determinação do teor de umidade da madeira, os procedimentos para o cálculo do rendimento de vernizes e os critérios para inspeção e avaliação de elementos de madeira, tais como: ABNT NBR 7190-1 (2022), NBR 5674 (1999) e a ABNT NBR 14653-1 (2001) e IBAPE/SP (2011).

Para a parte metodologia foram utilizados autores que definem a pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo, pesquisa descritiva, pesquisas exploratórias e experimentais, tais como: Gil (2008), Lakatos e Marconi (2003), Prodanov e Freitas (2013) e Rudio (2007).

O presente Trabalho de Conclusão de Curso está estruturado de forma a proporcionar uma compreensão progressiva do tema abordado. Inicialmente, apresenta-se a introdução, contemplando a contextualização do estudo, a definição dos objetivos, sendo o objetivo direto e os objetivos específicos, as questões norteadoras e a justificativa da pesquisa. Em seguida, desenvolve-se a fundamentação teórica, na qual são discutidos aspectos relacionados às propriedades da madeira, às patologias de origem biótica e abiótica, o método de proteção do verniz. Na sequência, é descrita a metodologia, este estudo articula abordagens de pesquisa bibliográfica, exploratória, descritiva, experimental e de campo, permitindo reunir informações teóricas e práticas sobre o desempenho de um verniz polimérico artesanal, analisando os resultados obtidos à sua aplicabilidade como alternativa de proteção para elementos de madeira, detalhando os procedimentos experimentais, os materiais empregados e os critérios adotados para análise. Posteriormente, são apresentados e discutidos os resultados obtidos, com foco na avaliação do desempenho do verniz desenvolvido em diferentes condições. Por fim, são expostas as conclusões do estudo, reunindo as principais contribuições da pesquisa e suas implicações para a área.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A madeira é um dos materiais mais antigos utilizados na construção civil, apresentando uma série de propriedades que a tornam altamente eficiente sob diferentes aspectos estruturais e funcionais, porém por ser um material natural, possui características que devem ser bem analisadas, já que ela é um material que tem uma reação diferente a esforços por conta de suas fibras.

Gomes, Rabbani e Oliveira (2024) destacam que, no cenário brasileiro, há uma expressiva variedade de espécies de madeira empregadas na construção civil, como Ipê, Cedro Rosado e Eucalipto, as quais apresentam desempenhos satisfatórios em diferentes ensaios, evidenciando sua viabilidade para uso estrutural. Nesse contexto, observa-se que, além da ampla aplicabilidade da madeira, existe também uma significativa variabilidade no comportamento entre as espécies. Estima-se que existam, em escala mundial, aproximadamente 16.000 espécies de madeira, das quais apenas cerca de 2.000 apresentam relevância sob o ponto de vista comercial e dentre esse conjunto, aproximadamente 500 espécies pertencem ao grupo das coníferas, enquanto cerca de 1.500 são classificadas como folhosas (Alvares e Martitegui, 1996).

Tais diversidades apenas reforçam a necessidade de estudos que considerem as propriedades específicas de cada tipo de madeira, sobretudo no que diz respeito à sua durabilidade e resistência a agentes degradantes, justificando a adoção de sistemas de proteção, para garantir maior desempenho em serviço.

2.1 PROPRIEDADES DA MADEIRA

No contexto da construção civil, a madeira proveniente de reflorestamento e devidamente tratada apresenta-se como uma alternativa viável e sustentável para aplicação em sistemas construtivos, além de sua característica ecológica, esse tipo de material possibilita a adoção de acabamentos tanto tradicionais quanto modernos, bem como a aplicação de produtos protetores, como stains, que contribuem para a preservação e durabilidade da madeira.

Adicionalmente, segundo o ABPM (2022), o uso da madeira tratada em construções oferece diversas vantagens, dentre as quais se destacam a redução de desperdícios, a rapidez na execução das obras e a versatilidade de aplicação, somam-

se a esses benefícios aspectos como economia, conforto e valor estético, fatores que tornam a madeira um material competitivo e atrativo no setor da construção civil contemporânea.

Segundo Martitegui et al. (2002, p.79), "A qualidade da madeira, do ponto de vista da resistência, é avaliada com base na quantidade e no tamanho dos defeitos presentes nas peças (nós, rachaduras, desvios na direção das fibras, etc.)", nesse sentido, compreende-se que a presença de defeitos naturais ou adquiridos compromete diretamente o desempenho mecânico da madeira, reduzindo sua capacidade resistente e sua confiabilidade estrutural, assim, essas imperfeições podem atuar como pontos de concentração de tensões, favorecendo o surgimento de fissuras e a propagação de danos ao longo do tempo.

De acordo com Gomes, Rabbani e Oliveira (2024, p.1597-1598) é definido que "Sua resistência varia de acordo com a espécie, densidade e condições de crescimento da árvore, sendo que algumas espécies são reconhecidas por sua excepcional durabilidade e capacidade de suportar cargas elevadas", a partir dessa afirmação, observa-se que o desempenho mecânico da madeira está intrinsecamente relacionado às características intrínsecas da espécie e às condições ambientais às quais a árvore foi submetida durante seu crescimento.

Além disso, outros fatores como densidade ou ambiente de desenvolvimento influenciam diretamente a resistência e a durabilidade do material, refletindo em comportamentos distintos frente às solicitações estruturais e a exposição a agentes degradantes.

2.1.1 Anisotropia e Higroscopicidade

A higroscopicidade da madeira pode ser avaliada por meio da variação de sua densidade, que ocorre em função das mudanças no teor de umidade, pois pequenas variações no conteúdo de água presente no material são capazes de provocar alterações mensuráveis em suas propriedades, evidenciando a importância do controle das condições ambientais no uso da madeira em aplicações construtivas.

Além de possuir essa característica, Gesualdo (2003) conclui que a madeira, no geral, é caracterizada como um material anisotrópico, ou seja, suas propriedades físicas e mecânicas variam conforme a direção analisada em relação às fibras. Essa característica implica que fatores como resistência, rigidez e durabilidade não são

uniformes em todas as direções, influenciando diretamente o desempenho estrutural dos elementos.

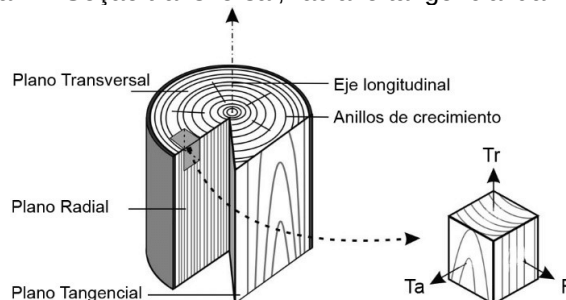
Essa anisotropia também está ligada higroscopicidade da madeira, de acordo com o conceito apresentado por Alvares e Martitegui (1996), a madeira é caracterizada como um material higroscópico, ou seja, possui a capacidade de absorver ou liberar umidade em função das condições ambientais, especialmente da umidade relativa do ar e da temperatura. Nesse sentido, para cada condição de equilíbrio do ambiente, a madeira atinge um determinado teor de umidade, conhecido como umidade de equilíbrio higroscópico, o qual influencia diretamente seu comportamento físico e dimensional.

De acordo com Costa et al. (2017), as madeiras apresentam fibras libríformes de comprimento médio considerado curto, densidade básica elevada e coeficiente de anisotropia significativo. Essas características que contribuem para seu alto desempenho mecânico, sendo enquadrada em classes estruturais de elevada resistência.

2.1.2 Heterogeneidade

A heterogeneidade da madeira reflete nas suas propriedades mecânicas e físicas, que futuramente dará lugar a anisotropia, que implica na divisão do material em diferentes planos ou seções de estudo. Nesse contexto, estabelecem-se três direções principais que permitem compreender de forma mais precisa seu comportamento estrutural e suas propriedades físicas. Dessa forma, os planos de análise são classificados em: transversal, radial e tangencial, como mostrado na imagem 1.

Figura 1 – Seção transversal, radial e tangencial da madeira



Fonte: Armijos, Cofrep e Feijoo (2018, Modificado de Franke y Quenneville, 2011).

O plano transversal é definido como aquele que é perpendicular ao eixo do tronco ou da rama, permitindo observar os anéis de crescimento, já o plano radial atravessa o eixo da madeira ao longo de um raio, possibilitando a visualização da estrutura interna em direção ao centro, por fim, o plano tangencial é paralelo à superfície do tronco, acompanhando os anéis de crescimento, sendo importante para a análise de variações dimensionais e deformações (Alvares e Martitegui, 1996).

De acordo com Ino e Shimbo (2024, p.76-77), também corrobora que:

Em virtude da anatomia de seu tecido lenhoso, a madeira apresenta propriedades de resistência distintas em seus eixos longitudinal, radial e tangencial. A direção longitudinal (ou axial) coincide com a orientação das fibras (folhosas) ou traqueídes (coníferas), elementos anatômicos responsáveis pela sustentação e pela resistência das árvores.

Nesse sentido, observa-se que o comportamento mecânico da madeira está diretamente condicionado a sua organização anatômica, o que implica a variação significativas de desempenho conforme a direção de solicitação das cargas. Dessa forma, esta característica reforça a necessidade de considerar a orientação das fibras na aplicação estrutural do material, bem como na avaliação de patologias bióticas e abióticas, uma vez que essas podem comprometer de formas diferentes a resistência nos distintos eixos da madeira.

A madeira, segundo Maidel et al. (2009, p.37), “Oferece ainda boa resistência à compressão e excelente resistência à tração, é um material flexível, pode ser cortado e moldada de várias formas, com fácil união por colagem ou embutido”, confirmando que, diante das vantagens mecânicas e construtivas da madeira, sua anisotropia e heterogeneidade estrutural exigem cuidados específicos quando a sua aplicação e conservação.

Sendo assim, a dependência das propriedades mecânicas em relação a orientação das fibras, aliada a suscetibilidade a agentes bióticos e abióticos, torna o material particularmente propenso ao surgimento de patologias quando exposto a condições de ambientes inadequados.

2.1.3 Classificação das Madeiras

A classificação das madeiras é um aspecto essencial para compreender suas propriedades e definir sua aplicação mais adequada na construção civil. Cada tipo de

madeira apresenta características anatômicas, físicas e mecânicas distintas, as quais influenciam diretamente seu desempenho estrutural, sua resistência e sua durabilidade. Dessa forma, conhecer os diferentes grupos existentes permite selecionar materiais mais compatíveis com as exigências de cada projeto, contribuindo para maior segurança, eficiência e vida útil das estruturas.

Em conformidade com Gesualdo (2003), as árvores destinadas às aplicações estruturais podem ser classificadas em dois grupos principais quanto à sua anatomia: coníferas e dicotiledôneas. Essa diferenciação é fundamental, pois permite selecionar a madeira de acordo com as exigências de resistência, durabilidade e desempenho previstas para cada tipo de uso, pois a correta identificação dessas categorias contribui para evitar aplicações inadequadas, especialmente em estruturas sujeitas a cargas elevadas, umidade ou exposição prolongada a agentes degradantes.

De forma complementar, Alvares e Martitegui (1996) dividem as árvores em coníferas, pertencentes às gimnospermas, e folhosas, pertencentes às angiospermas dicotiledôneas. Essa organização é importante porque cada grupo apresenta diferenças anatômicas que influenciam diretamente o comportamento físico e mecânico da madeira.

Andrade e Klock (2013) reforçam que as coníferas possuem estrutura mecânica mais simples, formada predominantemente por traqueídes, enquanto as folhosas apresentam vasos, fibras libriformes e fibro-traqueóides, tornando sua composição mais complexa. Em razão disso, propriedades como densidade, permeabilidade, absorção de água e resistência variam conforme o tipo de madeira utilizado, elas são popularmente conhecidas como madeiras moles, apresentam menor densidade e resistência mecânica quando comparadas às dicotiledôneas. Geralmente são encontradas em regiões de clima frio e incluem espécies como Pinus e Pinho do Paraná, que costumam ser utilizadas em componentes menos exigidos estruturalmente ou em elementos de vedação, acabamento e esquadrias, devido à facilidade de corte, usinagem e menor peso específico. Além de possuírem fibras longitudinais predominantes, o que favorece sua resistência quando submetidas a esforços paralelos à direção das fibras.

Por outro lado, as madeiras dicotiledôneas, também chamadas de madeiras duras, segundo Monteiro (2017), apresentam maior densidade, resistência mecânica e durabilidade, essas características tornam esse grupo mais indicado para aplicações estruturais de maior responsabilidade, como pontes, estruturas de coberturas, casas

e edifícios em geral, e até como escoramento e andaime. Sua estrutura anatômica é mais complexa, composta por vasos, fibras e parênquima, o que influencia diretamente na circulação de seiva, na permeabilidade e na absorção de umidade. Em função disso, determinadas espécies podem ser mais suscetíveis ao ataque de fungos, cupins e outros agentes biológicos, exigindo tratamentos preventivos mais rigorosos.

Em paralelo, por conta das características especiais da madeira, a ABNT NBR 7190-1 (2022) estabelece diretrizes fundamentais para o projeto e execução de estruturas de madeira, abrangendo diferentes tipos de ligações e sistemas estruturais, sendo indispensável para garantir segurança, padronização e confiabilidade nas construções.

2.2 PRINCIPAIS CAUSAS DE PATOLOGIAS

As patologias na madeira correspondem a alterações que comprometem suas propriedades físicas, mecânicas e estéticas, reduzindo sua durabilidade, resistência e desempenho ao longo do tempo, essas manifestações podem ocorrer em diferentes etapas, desde o crescimento da árvore até a utilização da madeira nas construções, sendo provocadas por fatores bióticos e abióticos.

Em concordância com Cruz (2001, p.01), “O tempo por si só (idade), não produz depreciação das características da madeira”, a durabilidade da madeira irá depender das condições ambientais e da presença de agentes degradantes do que da passagem do tempo.

Brito (2014, p.43), afirma que “Alguns aspectos químicos e anatômicos da formação da estrutura microscópica do lenho da madeira podem ser fundamentais para compreender a diagnose pelas características visuais de determinadas manifestações patológicas na madeira [...]”, isso mostra que a compreensão da estrutura microscópica e da composição química da madeira é essencial para a correta identificação e interpretação das patologias que afetam o material.

As patologias na madeira são classificadas em dois grandes grupos: bióticas e abióticas, as bióticas são causadas por organismos vivos como fungos, insetos e bactérias, enquanto as abióticas decorrem de fatores físicos, químicos e ambientais, o autor Brito (2014), fez em sua tese uma tabela, que é mostrada modificada na tabela 1, que completa que fala sobre os principais agentes de deterioração da madeira,

sendo eles:

Tabela 1 – Principais Tipos De Agentes De Deterioração Da Madeira.		
Agentes de deterioração da Madeira		
Agentes Bióticos	Bactérias	
	Fungos	Fungos Manchadores
		Fungos Emboladores
		Fungos Apodrecedores
		Fungos de Podridão parda ou cúbica
		Fungos de Podridão branca ou fibrosa
		Fungos de Podridão mole
	Insetos	Térmitas Isopteras (Cupins-de-Madeira)
		Brocas de Madeira
		Moluscos
	Perfuradores marinhos	Teredinidae
		Pholadidac
		Crustáceos
		Limnoria
Agentes Abióticos	Agentes Atmosféricos ou Meteorológicos	
	Agentes Químicos	
	Danos devido ao Fogo	

Fonte: Adaptado de BRITO, Leandro Dussarrat (2014, p.34).

A tabela 1 apresentada classifica os principais agentes de deterioração da madeira em dois grandes grupos: bióticos e abióticos, citando os agentes deteriorantes e suas variações. Em seguida, serão apresentados em forma de sub tópicos as patologias apresentadas na tabela 1.

2.2.1 Patologias Bióticas

Os agentes bióticos são aqueles de origem biológica, ou seja, causados por seres vivos, de acordo com Brito (2014), esses agentes degradantes são as bactérias, fungos, insetos e perfuradores marinhos, que degradam a madeira, pois utilizam a madeira como fonte de alimento ou abrigo, entre eles, destacam-se os fungos, responsáveis por diferentes tipos de degradação, como manchas, emboloramento e apodrecimento, os insetos, como cupins e brocas, que provocam danos estruturais por meio da formação de galerias internas, comprometendo a resistência do material e os perfuradores marinhos, que também causam danos estruturais, porém apenas em madeiras que estão submersas na água.

De maneira geral, os agentes degradantes atuam diretamente sobre a composição orgânica da madeira, afetando componentes fundamentais para sua

resistência, estabilidade e durabilidade, já que utilizam determinadas substâncias presentes na madeira como fonte de alimento, provocando alterações físicas, químicas e mecânicas que reduzem gradualmente a qualidade do material. Entre os componentes mais afetados estão a celulose, a hemicelulose e a lignina, que desempenham funções essenciais na estrutura interna da madeira.

A intensidade da deterioração pode variar conforme a espécie de madeira e sua composição química, informações mostradas na tabela 2, já que madeiras com maiores teores de lignina tendem a apresentar maior resistência ao ataque biológico. Por outro lado, espécies com maiores quantidades de celulose e hemicelulose podem se tornar mais vulneráveis à ação de fungos e outros microrganismos, principalmente quando expostas à elevada umidade e à falta de manutenção adequada.

Tabela 2 – Composição orgânica da madeira

Comp. Orgânicos	Coníferas	Dicotiledôneas
Celulose	48-56%	46-48%
Hemicelulose	23-26%	19-28%
Lignina	26-30%	26-35%

Fonte: Hellmeister (1983, p.12).

Observa-se, por meio da tabela, que a celulose representa a maior parcela da composição orgânica da madeira, tanto nas coníferas quanto nas dicotiledôneas, esse componente está diretamente relacionado à resistência mecânica do material, sendo responsável pela sustentação das fibras e pela capacidade da madeira de suportar esforços. Pinto (2006) afirma que esta composição é bastante presente da parede celular das células vegetais, chegando a formar de 20% a 30% do peso seco. Por esse motivo, sua degradação tende a comprometer significativamente a integridade estrutural da madeira.

Além disso, a hemicelulose e a lignina também desempenham funções importantes, pois contribuem para a ligação entre as fibras, rigidez, impermeabilidade e estabilidade da madeira. Assim, a degradação desses componentes favorece o surgimento de fissuras, perda de massa, deformações e maior vulnerabilidade ao ataque de fungos, bactérias e insetos xilófagos.

2.2.1.1 Bactérias

As bactérias constituem um dos agentes bióticos que podem atuar sobre a

madeira, principalmente em situações nas quais o material permanece exposto à elevada umidade por longos períodos, embora sua atuação nem sempre seja perceptível visualmente em um primeiro momento, elas podem provocar alterações significativas na estrutura celular da madeira, favorecendo o enfraquecimento gradual do material.

Além disso, sua presença torna a madeira mais suscetível ao aparecimento de outros agentes deterioradores, especialmente os fungos, Bahia (2015, p. 37) afirma que “As bactérias são um dos tipos de organismos que atacam a madeira e há uma grande diversidade de bactérias que prejudicam a madeira as mais comuns são as do gênero *Bacillus*”, essas bactérias costumam se desenvolver em ambientes com excesso de umidade, ventilação insuficiente e pouca incidência de luz. Dessa forma, acabam acelerando o processo de decomposição da madeira e favorecendo a perda de suas propriedades mecânicas.

Além disso, a presença dessas bactérias pode facilitar a retenção de água nas fibras da madeira, pois ela ataca a higroscopicidade da madeira, contribuindo para a criação de um ambiente ainda mais propício ao surgimento de fungos e outros agentes deterioradores, em consequência disso, a madeira passa a apresentar redução gradual de sua resistência e durabilidade.

Como corroborado por Castro et al. (2018, p.45), sabe-se que:

Bactérias que causam erosão (*erosion bacteria*) também são comuns na natureza. Esse tipo de deterioração pode ser observado em madeiras e produtos de madeira expostos tanto em ambiente terrestre quanto aquático. Pode ocorrer exclusivamente ou em conjunto com bactérias de túneis e com bactérias de túneis e fungos de podridão mole.

Esta constatação evidencia a relevância dos agentes bacterianos nos processos de deterioração da madeira, especialmente em condições de exposição prolongada a ambientes úmidos, sejam eles terrestres ou aquáticos. A atuação das chamadas *erosion bacteria* demonstra que a degradação da madeira não está restrita apenas à ação de fungos e insetos, tradicionalmente mais abordados na literatura, mas também envolve mecanismos bacterianos capazes de comprometer a integridade das paredes celulares do material.

Ademais, o fato de essas bactérias atuarem de forma isolada ou em associação com outros microrganismos, como bactérias de túneis e fungos de podridão mole, reforça o caráter multifatorial das patologias da madeira. Está interação entre agentes

bióticos potencializa os danos, acelerando o processo de deterioração e reduzindo significativamente a durabilidade das estruturas de madeira quando não são adotadas medidas adequadas de proteção e manutenção.

2.2.1.2 Fungos

Os fungos representam o grupo principal de organismos responsáveis pelas patologias bióticas da madeira, principalmente pela facilidade na qual encontram com facilidade condições favoráveis para sua proliferação. A presença de umidade, juntamente com a ventilação insuficiente, temperatura elevada e acúmulo de matéria orgânica favorece significativamente o desenvolvimento desses microrganismos. Além disso, a ação de insetos e bactérias também pode contribuir para o surgimento de fungos, uma vez que facilita a entrada de água e cria regiões mais vulneráveis ao ataque biológico.

Em concordância com Highley e Scheffer (1989, *apud* Brito, 2014, p.49) expressam, falando que “Os fungos são microrganismos vegetais simples, que degradam e utilizam a madeira como fonte de alimento”, essa utilização da madeira como substrato, degradação gradualmente componentes importantes, como a celulose e a lignina, afetando diretamente a resistência mecânica, a durabilidade e a aparência do material.

O processo de proliferação do fungo acontece de forma gradativa e a intensidade desse processo depende do nível de exposição desse material. Como mostrado na figura 2 de exemplo 0 ao 3, após longos períodos expostos a umidade a proliferação de fungos toma conta da madeira, fazendo com que tanto o aspecto visual da madeira, quanto suas propriedades de resistência acabem sendo alteradas, como já mencionados anteriormente.

Figura 2 – Etapas da Proliferação do Fungo



Fonte: Henz e Cardoso (2005).

Dessa forma, reforça que, ao recorrer a meios de impermeabilização para melhor acabamento e revestimento da madeira, se torna possível mitigar esse tipo de degradação e exposição do material, preservando suas propriedades mecânicas e resistência. Tendo em vista que se recorrer ao revestimento e este processo de proliferação já estiver em andamento, é necessário realizar a limpeza do material ou área afetada para que seja possível realizar a remoção de qualquer fungo ou bactéria presente na peça de madeira.

Serão demonstrados abaixo, falas de Moreschi (2013), sobre os intervalos de teor de umidade, que ele é um dos principais fatores condicionantes para o desenvolvimento de fungos xilófagos, atuando diretamente na suscetibilidade da madeira à deterioração biológica. Assim, o controle da umidade torna-se um aspecto essencial tanto no armazenamento quanto na utilização da madeira, pois a presença de níveis elevados de umidade cria condições favoráveis para a proliferação desses microrganismos, comprometendo a integridade do material.

Existe um certo teor de umidade na madeira, para os diferentes tipos de fungo que utilizam a madeira como fonte de alimento. Sendo eles:

- Acima de 20% para fungos manchadores e emboloradores;

Os fungos emboloradores, na figura 3, formam uma camada superficial de aspecto algodado e coloração variada, afetando principalmente a aparência da madeira, sem comprometer sua resistência mecânica. Já os fungos manchadores na figura 4, provocam manchas escuras mais profundas, especialmente no alburno, devido à ação de hifas e pigmentos. Nesse contexto, Magalhães (2005) destaca que esse tipo de ataque é comum em madeiras como o pínus, podendo atingir camadas internas e causar significativa desvalorização estética.

Figura 3 – Fungos emboloradores na madeira



Fonte: Castro et al. (2018, p.23).

Figura 4 – Fungos manchadores na madeira



Fonte: Castro et al. (2018, p.29).

De forma geral, os fungos emboloradores e os manchadores estão mais relacionados à perda de qualidade estética da madeira do que à deterioração estrutural, mas sua presença pode indicar excesso de umidade, condições inadequadas de armazenamento ou pouca ventilação, fatores que favorecem o surgimento de fungos mais agressivos e capazes de comprometer a integridade da madeira ao longo do tempo.

Além desses dois, existe também o fungo de podridão, que geralmente atacam a parede celular, e que são divididos em 3 tipos, sendo eles podridão parda, podridão úmida e podridão mole. Para Cruz (2001), esse tipo de fungo apresenta risco para se iniciar a proliferar quando a madeira possui um teor de água superior a 20%.

- De 20 a 40% para fungos de podridão Parda;

Essa podridão, também conhecida como podridão castanha ou marrom, geralmente ocorre em coníferas, tem uma subdivisão, sendo elas podridão seca e úmida, que são caracterizados pela degradação da parede celular da madeira, composta por celulose e hemicelulose, além de apresentar pouca mudança ou degradação na lignina, fazendo com que ela adquira coloração escura, aspecto quebradiço e textura seca, esse tipo de ataque reduz significativamente a resistência estrutural, deixando a madeira frágil e facilmente fragmentada, um dos causadores desta podridão é o Fungo sulfuroso *Laetiporus gilbertsonii*, mostrado na imagem 5, que prejudica o cerne da madeira, além de apodrecer arvores mortas.

Figura 5 - *Laetiporus gilbertsonii* na madeira



Fonte: Helissa (2026).

Segundo Palmeira (2010, p. 245), "Os fungos da podridão seca são capazes de atacar a madeira com um nulo ou escasso teor de umidade, verificando-se de uma forma genérica um escurecimento superficial da madeira". Esse tipo de ataque é

causado por um dos principais agentes de podridão seca, chamado *Serpula lacrymans* que, que costuma deixar a madeira quebradiça, ressecada e com tendência a se fragmentar facilmente, em alguns casos, a peça aparenta estar preservada externamente, mas já apresenta perda significativa de resistência em seu interior, tornando a podridão seca especialmente perigosa em elementos estruturais.

Já a podridão úmida, possui teor de umidade para a proliferação de 40 a 60% para fungos de podridão úmida, conforme Wet [...] [202-?], corresponde a um processo de deterioração da madeira provocado pela ação de fungos em locais com presença constante de umidade. Diferentemente de outros tipos de apodrecimento, ela costuma permanecer concentrada na área afetada, geralmente próxima a infiltrações, vazamentos, peças enterradas ou regiões pouco ventiladas. Entre os fungos mais frequentemente associados a esse problema estão *Coniophora puteana*, mostrada na figura 6, e a *Fibroporia vaillantii*, presente na imagem 7, que degradam gradualmente a estrutura da madeira por meio de enzimas.

Figura 6 – *Coniophora puteana* na madeira



Fonte: Zíbarová (2008).

Figura 7 – *Fibroporia vaillantii* na madeira



Fonte: Zíbarová (2025).

Embora apresente menor capacidade de propagação quando comparada à podridão seca, a podridão úmida ainda pode causar perda de resistência e comprometer a estabilidade de elementos estruturais ao longo do tempo, por isso a identificação precoce das áreas úmidas e da extensão do ataque é essencial para evitar agravamento dos danos, sendo necessário eliminar a fonte de umidade e adotar medidas corretivas para preservar a madeira.

- De 30 a 80% para fungos de podridão mole.

Esses tipos de fungos possuem uma elevada capacidade destrutiva, pois atua diretamente sobre dois dos principais componentes responsáveis pela resistência e

estabilidade da madeira, celulose e hemicelulose

Lima (2022), corrobora que, os grupos principais que causam podridão mole são os Ascomicetos e os Schizomicetos, apresentando uma superfície mole que quando fica seca, fica visualmente com uma aparência queimada.

Este já ocorre em ambientes com alta umidade e pouca ventilação, sendo comum em madeiras constantemente expostas à água, esse tipo de deterioração provoca pequenas cavidades internas nas paredes celulares, comprometendo gradualmente a resistência e a durabilidade da madeira.

Além destas espécies, mais uma espécie será destacada, conforme Arantes e Milagres (2009, p. 1586), "Entre estes fungos destacam-se os basidiomicetos, que são os principais degradadores", esses fungos são reconhecidos como um dos principais grupos de fungos responsáveis pela degradação da madeira, especialmente por sua capacidade de decompor componentes estruturais como a celulose e a lignina, essa característica os torna altamente prejudiciais, principalmente em elementos estruturais.

De acordo com Marques (2001), o fungo *Pycnoporus sanguineus* (figura 8), conhecido como orelha-de-pau ou urupê, é um dos principais responsáveis pela podridão branca na madeira; complementando essa análise, sobre basidiomicetos, Pinto (2006, p.25) afirma que "a maioria degrada tanto a lignina quanto a celulose", evidenciando a elevada capacidade destrutiva desses organismos, que atuam diretamente nos principais componentes responsáveis pela resistência e estabilidade da madeira.

Figura 8 - *Pycnoporus sanguineus* na madeira



Fonte: Helissa (2025).

Como consequência, a madeira afetada pela podridão branca passa a apresentar coloração mais clara, aspecto fibroso e textura esponjosa, indicando perda acentuada de integridade do material, que ocorre preferencialmente em madeiras da

classe angiosperma ou folhosas, onde irá ocorrer a perda progressiva de massa e resistência mecânica, comprometendo significativamente a durabilidade do material, principalmente quando se trata de peças estruturais expostas à umidade por longos períodos.

Ainda sobre fungos, Pala (2007, p. 60), diz que:

Para teor de umidade inferiores (12 - 15%) ou superiores sem a (100 - 250%), os fungos podem deixar de crescer mas não são eliminados, podendo voltar a desenvolver-se desde que as condições ambientais sejam propícias.

Essa proliferação ocorre, pois é a umidade que afeta o controle do crescimento de fungos, para que esse crescimento se alastre, a madeira deve conter cerca de 40-80% de umidade, e que o limite mínimo para começar está colonização, a madeira tem que conter cerca de 20% de umidade.

Sendo assim, e por isso que a ABNT NBR 7190-1 (2022), estabelece que o teor de umidade aceitável da madeira é de 12%, pois é o teor de umidade adequado para evitar a proliferação de agentes degradantes biológicos.

Entretanto, Cruz (2001) ressalta que a umidade, por si só, não degrada diretamente a madeira. O problema ocorre quando a peça permanece durante longos períodos com elevados teores de água, o que acaba formando condições ideais para o desenvolvimento de diversos organismos deterioradores.

2.2.1.3 Insetos

Os insetos são uma quantidade enorme de xilófagos que pode prejudicar a madeira, já que nunca é apenas um pequeno inseto que vai fazer isso, geralmente eles vêm em conjunto, podendo atacar árvores vivas, peças recém-abatidas, madeira em processo de secagem e elementos estruturais já em uso. Lima (2022), fala que os insetos constituem um dos grupos de animais mais numerosos do planeta e desempenham funções importantes no equilíbrio ambiental. No entanto, algumas espécies podem causar prejuízos significativos, principalmente quando utilizam a madeira como fonte de alimento ou abrigo, afetando árvores vivas, peças armazenadas e elementos já empregados em construções.

Dentre os principais insetos deterioradores da madeira, destacam-se os cupins, pertencentes ao grupo *Blattodea/Isoptera*, apresentado na imagem 9, além de

besouros da ordem *Anobium punctatum*, é um besouro da família *Anobiidae*, mostado na figura 10, pois esses organismos podem provocar perfurações e perda de resistência da madeira, tornando essencial a correta identificação do agente causador para definir as medidas de controle e preservação mais adequadas.

Figura 9 – Cupim *Isoptera*



Fonte: 18 Curiosidades [...] (2018).

Figura 10 – *Anobium punctatum* na madeira



Fonte: Hoffmann (2026).

Segundo Reatgui (2024), entre os grupos mais relevantes de insetos, destacam-se as térmitas, popularmente conhecidos como cupins, e as brocas. Pois, ambos atuam diretamente na degradação de seus componentes internos, reduzindo sua resistência e durabilidade. Enquanto os cupins consomem principalmente a celulose presente nas fibras vegetais e vivem em colônias organizadas, podendo atacar móveis, pisos, vigas, portas e estruturas inteiras, as brocas correspondem às larvas de besouros que perfuram a madeira ao longo de seu desenvolvimento, formando caminhos internos e deixando pequenos furos visíveis na superfície, além de resíduos em forma de pó fino.

De modo geral, os cupins costumam provocar danos mais extensos e rápidos, principalmente em estruturas de grande porte, enquanto as brocas geralmente apresentam um ataque mais localizado, embora também possam comprometer seriamente a integridade da madeira quando não identificadas e controladas adequadamente.

Sobre biodegradação por fungos e cupins em campo experimental Pontes Farias et al. (2023, p.03) fala “O enterrio de peças de madeira diretamente no solo sem tratamento gera um ambiente favorável para os fungos permitindo que ataquem as estacas de madeira que também serve como ponto de acesso de cupins à madeira”, que afirma de forma clara a relação direta entre as condições de exposição da madeira e o avanço dos processos de biodeterioração, ao destacar que o enterro de peças de madeira diretamente no solo, sem qualquer tipo de tratamento, cria um

ambiente propício ao desenvolvimento de fungos e facilita o acesso de cupins, os autores reforçam o papel determinante dos fatores ambientais na degradação do material.

Segundo Castro et al. (2018, p.30), descreve que:

Insetos também podem servir de vetores para os fungos manchadores. Entre eles, vale destacar o ataque de um conjunto de besouros que são chamados pelo nome do fungo que usam como alimento para suas larvas: Ambrósia.

A observação apresentada amplia a compreensão dos processos de deterioração da madeira ao evidenciar o papel indireto dos insetos como agentes facilitadores da degradação fúngica, ao atuarem como vetores de fungos manchadores, especialmente no caso dos besouros do grupo conhecido como Ambrósia, esses insetos contribuem para a introdução e disseminação de microrganismos no interior da madeira. Tal mecanismo agrava o processo patológico, uma vez que o ataque inicial dos insetos favorece a colonização fúngica, potencializando alterações estéticas e, em alguns casos, comprometendo propriedades físicas do material.

Segundo Martitegui et al. (2002, p.115), "Os cupins precisam de um alto teor de umidade na madeira para se desenvolverem", pois, o controle da umidade na madeira constitui um fator essencial para evitar o surgimento de ataques biológicos, e a aplicação de revestimentos protetores, como vernizes ou selantes, pode atuar como uma barreira física contra a penetração de água, reduzindo as condições favoráveis ao desenvolvimento desses organismos.

2.2.1.4 Perfuradores Marinhos

Os perfuradores marinhos são organismos capazes de atacar estruturas de madeira expostas à água salgada ou salobra, sendo encontrados principalmente em portos, trapiches, píeres, embarcações, estacas e estruturas localizadas em regiões costeiras, esses organismos utilizam a madeira como abrigo e, em alguns casos, também como fonte de nutrientes, provocando a abertura de galerias internas que comprometem a resistência e a estabilidade do material.

Os moluscos, de acordo com Barreira e Vidal (2009), tem os principais perfuradores marinhos vindo da família Teredinidae, que são moluscos bivalves,

popularmente conhecidos como “teredos”, “Turu” ou “cupins-do-mar”. Esses organismos possuem corpo alongado e vivem no interior da madeira submersa, como mostrados na imagem 12, onde escavam estruturas profundas e de difícil identificação externa, sua ação costuma provocar perda de massa, redução da capacidade resistente e enfraquecimento progressivo das peças estruturais. Na imagem 11, é possível observar como fica uma madeira após ser atacada por esses moluscos.

Figura 11 – Madeira atacada por Tereidos



Fonte: Castro et al. (2018, p.113).

Figura 12 – Turus na madeira



Fonte: Rizzi (2024).

Outro grupo importante, segundo Lins (2020), são os moluscos da família Pholadidae, que assim como os cupins do mar, possuem capacidade de perfurar madeira, porém esses atacam outros materiais como concreto, rocha mole ou PVC, possuem um formato de concha. Entretanto, diferentemente dos teredinídeos, esses organismos tendem a formar cavidades mais superficiais e localizadas, apesar disso, seu ataque pode favorecer a entrada de água e facilitar a atuação de outros agentes biológicos deterioradores. Na imagem 13, mostra como fica a madeira ao ser atacada pelo gênero *Martesia striata*.

Figura 13 – Madeira agredida por *Martesia striata*



Fonte: Castro et al. (2018, p.116).

Além dos moluscos, Borges, Cragg e Merckelbach (2014) complementam sobre outro tipo perfurador marinho, sendo ele o crustáceo perfurador, pertencente

à família *Limnoriidae*, o gênero *Limnoria* é formado por pequenos crustáceos isópodes. Esses crustáceos degradam a superfície da madeira, causando erosão externa e facilitando o desgaste acelerado da peça.

2.2.2 Patologias Abióticas

Por outro lado, segundo Brito (2014), os agentes abióticos correspondem a fatores não biológicos, sendo subdivididos em físicos, químicos e atmosféricos. Já os agentes físicos envolvem problemas estruturais, como deformações, fraturas e instabilidades, enquanto os químicos estão relacionados principalmente à corrosão de elementos metálicos em contato com a madeira. Enquanto os agentes atmosféricos incluem a ação da radiação solar, variações de umidade, vento e intempéries, que contribuem para o desgaste e a deterioração do material ao longo do tempo. Dessa forma, a compreensão desses agentes é essencial para a adoção de medidas de proteção adequadas, visando aumentar a durabilidade da madeira.

2.2.2.1 Agentes Atmosféricos ou Meteorológicos

Os agentes atmosféricos ou meteorológicos são fatores naturais do ambiente que atuam continuamente sobre a madeira, contribuindo para sua degradação ao longo do tempo. Assim, Silva (2008, p.8) complementa que, "Os principais agentes atmosféricos ou meteorológicos que actuam sobre a superfície da madeira exterior e/ou sobre a sua protecção superficial, são o sol e a chuva".

A madeira, devido ao excesso de água na madeira devido a precipitação ou condições climáticas do local em que a madeira habita, favorece a retenção de água e o desenvolvimento de organismos biológicos, contribuindo para a degradação progressiva do material. Já quando um tronco de árvore com rachaduras e fibras comprometidas devido ressecamento, causadas pelo sol, esse processo ocorre devido à perda de umidade interna da madeira, gerando tensões que levam ao surgimento de fissuras e à redução de sua integridade estrutural, como mostrado na imagem 14.

Figura 14 – Rachadura na madeira



Fonte: Veja [...] (2025).

Nessa análise, Paula (2020) ressalta que a resistência da madeira à ação de fungos xilófagos é uma propriedade desejável, especialmente em aplicações comerciais e urbanas, uma vez que esses organismos são capazes de provocar a perda de propriedades físicas e mecânicas do material. No entanto, essa resistência natural não deve ser considerada absoluta, pois fatores ambientais, como elevados níveis de umidade, baixa ventilação e contato direto com o solo, podem favorecer o desenvolvimento de fungos e acelerar os processos de deterioração.

Conforme Campos (2002), os principais agentes responsáveis pela degradação da madeira incluem microrganismos, como bactérias e fungos, além de insetos, como cupins, carunchos e brocas, bem como organismos marinhos, a exemplo de moluscos e crustáceos. A partir dessa classificação, observa-se que a deterioração da madeira está diretamente associada à ação de agentes bióticos que utilizam o material como fonte de alimento ou abrigo.

Nesse contexto, destaca-se que a presença de umidade exerce papel fundamental no desenvolvimento desses organismos, criando condições favoráveis para sua proliferação e intensificando os processos de degradação, o que compromete significativamente a durabilidade e o desempenho da madeira ao longo do tempo.

2.2.2.2 Agentes químicos

As madeiras manchadas por causas de agentes químicos usados indevidamente no material, o álcool é um agente químico que se usado inadequadamente pode surtir efeitos negativos na madeira, causando manchas ou desgastes, como visto na imagem 15, porém a madeira pode obter manchas de umidade, caso não possua nenhum tipo de revestimento, como mostrado na imagem

16.

Figura 15 – Manchas de álcool na madeira



Fonte: Como [...] (2025).

Figura 16 – Mancha de água na madeira



Fonte: Ferrari (2021).

Sobre as imagens mostradas, Mendes e Alves (1988, p.08) contribuem que:

A madeira quando em contacto com substâncias químicas tais como ácidos e bases fortes, óxido de ferro, dióxido de enxofre, sais de sódio, ect., pode sofrer transformações químicas, reduzindo suas propriedades físico-mecânicas. Este tipo de deterioração é facilmente encontrado em pisos de fábricas de produtos químicos.

A afirmação demonstra que a exposição da madeira a ambientes quimicamente agressivos, como pisos de indústrias e áreas sujeitas à presença de resíduos químicos, revela falhas tanto no planejamento do uso do material quanto na adoção de sistemas adequados de proteção superficial. A ausência de barreiras protetivas eficazes favorece reações químicas capazes de alterar a composição da madeira, acelerando sua degradação e reduzindo significativamente sua vida útil. Isso mostra a necessidade de compatibilizar o uso da madeira com as condições ambientais de exposição, bem como a importância da aplicação de tratamentos e revestimentos protetores, como vernizes poliméricos, que atuem na mitigação dos efeitos de agentes químicos e contribuam para a preservação das propriedades físicas e mecânicas do material ao longo do tempo.

2.2.2.3 Fogo

Madeiras com exterior queimados, podendo ser causas também de agentes químicos inflamáveis ou uma precipitação de incêndio na área próximo ao material. Hellmeister (1983) diz que a madeira tem como principais compostos orgânicos a celulose, hemicelulose e a lignina, o fogo degrada esses materiais, que são

responsáveis pelo que torna a madeira resistente a esforços mecânicos. A queima não intencional da madeira ou estrutura, pode causar danos como carbonização superficial, perda de massa, fissuras.

Inicialmente, ocorre a evaporação da umidade presente na madeira, em seguida, as elevadas temperaturas provocam a decomposição térmica dos componentes orgânicos, principalmente a celulose, a hemicelulose e a lignina. Esse processo resulta na formação de uma camada carbonizada na superfície, que pode retardar temporariamente a propagação do calor para as camadas internas, mas não impede a deterioração progressiva da peça. Segundo Engimadera (2022), o processo de deterioração química, que origina gases inflamáveis e carbono, ocorre apenas quando a madeira é submetida a 120°C. Esses gases, além de favorecerem a propagação das chamas, podem representar riscos adicionais durante incêndios, devido à toxicidade e à rapidez com que intensificam a combustão. Além disso, a madeira exposta ao fogo pode apresentar fissuras, rachaduras, desprendimento de partes carbonizadas e significativa perda de massa, comprometendo sua integridade estrutural.

De acordo com Molina et al. (2012, p.02):

A ocorrência da elevação da temperatura em elementos estruturais, em decorrência de incêndio, implica na necessidade de se conhecer as propriedades térmicas e mecânicas dos materiais empregados no elemento estrutural.

A afirmação acima evidencia que o comportamento da madeira sob elevação de temperatura não pode ser analisado de forma isolada, uma vez que suas propriedades térmicas e mecânicas sofrem alterações significativas em situações de incêndio. Nesse contexto, o conhecimento prévio dessas propriedades torna-se essencial não apenas para o dimensionamento estrutural, mas também para a definição de estratégias preventivas de proteção do material. A aplicação de revestimentos protetivos, como vernizes poliméricos e sistemas retardantes de chama, atua como uma barreira física que reduz a transferência de calor para o interior da madeira, retardando a elevação da temperatura e, conseqüentemente, a degradação de suas propriedades mecânicas.

2.2.2.4 Deficiente concepção (ou uso) estrutural

A autora Farias (2004), cita outro tipo de patologia que ataca a estrutura de madeira, sendo ela a deficiente concepção (ou uso) estrutural.

Ocorre quando o uso inadequado da madeira também pode ser a causa de surgimentos de novas patologias no material, como o armazenamento incorreto das estruturas em lugares não apropriados. Deixando o material exposto a agentes externos e de forma mal distribuída, como mostrados nas imagens 17 e 18, podendo causar futuros danos, empenamentos e até quebras do material em si, não podendo ser utilizado posteriormente.

Figura 17 – Uso inadequado na madeira



Fonte: Serraria [2016?].

Figura 18 – Uso inadequado da madeira



Fonte: Serraria [2016?].

A exposição da madeira a diversos agentes degradantes, como fungos e insetos, destaca a sua vulnerabilidade e a necessidade de tratamentos específicos que podem evoluir para deteriorações graves, comprometendo a segurança estrutural e funcional da edificação.

Conforme relatado por Bahia (2015, p.37), “A biodeterioração da madeira é o estrago causado por agentes naturais como os microrganismos, insetos e xilófagos marinhos”, o conhecimento desses agentes é fundamental para garantir o desenvolvimento de métodos eficazes de prevenção e controle, garantindo a longevidade das estruturas de madeira.

Descrito por Cruz (2001), a degradação de elementos de madeira também ocorre a partir dos atos dos agentes físicos, químicos, mecânicos ou biológicos. Esses elementos, são os quais a madeira é submetida no decorrer de sua vida, pois atuam diretamente nas fibras, prejudicando a estrutura física e molecular da madeira, reduzindo sua resistência e funcionalidade.

Do modo como Pfeil e Pfeil (2003, p.04), o teor de umidade presente em madeiras recém-cortadas pode variar significativamente em função da espécie e das condições sazonais, podendo atingir valores aproximados entre 30% em madeiras

mais densas e até 130% em madeiras mais leves. Essa variação evidencia que a madeira, em seu estado natural, apresenta elevada quantidade de água, o que influencia diretamente suas propriedades físicas e mecânicas. Deste modo, compreende-se que o teor de umidade exerce papel fundamental na estabilidade dimensional e na resistência do material, além de favorecer a ação de agentes bióticos responsáveis por sua deterioração.

De acordo com Alvares e Martitegui (1996), a água presente na madeira pode ser classificada em três formas principais: água de constituição, água de impregnação e água livre, a água de constituição faz parte da estrutura química do material, sendo sua remoção associada à degradação da própria madeira, já a água de impregnação encontra-se nas paredes celulares e exerce influência direta sobre as propriedades físico-mecânicas, de modo que, à medida que o teor de umidade diminui, ocorre aumento da resistência mecânica, embora algumas propriedades, como a tenacidade e a resistência ao impacto, possam ser reduzidas.

Além disso, quando as paredes celulares atingem sua capacidade máxima de retenção de água, ocorre o chamado ponto de saturação das fibras, geralmente situado entre 28% e 30% para coníferas. Assim, acima desse limite, a água passa a ocupar as cavidades celulares, sendo denominada água livre, a qual não interfere significativamente nas propriedades mecânicas da madeira, exceto em relação à sua densidade aparente. Dessa forma, a compreensão dessas diferentes formas de água é essencial para o controle do comportamento da madeira em aplicações construtivas.

2.3 DIAGNÓSTICOS DE PATOLOGIAS NA MADEIRA

Para identificar as regiões afetadas da madeira e compreender as causas das patologias, deve ser realizado ensaios, preferencialmente utilizando técnicas não destrutivas, de acordo com Sampaio da Costa (2009), o diagnóstico de estruturas de madeira deve ser realizado por meio de uma análise abrangente que considere diversos aspectos, incluindo a avaliação das características físicas do material, a identificação de patologias existentes, a verificação da seção resistente remanescente e a determinação de propriedades físico-mecânicas relevantes.

Dessa forma, entende-se que o processo de diagnóstico deve ser conduzido de maneira criteriosa e sistemática, a fim de garantir uma avaliação precisa das condições da estrutura. A utilização de métodos de ensaio adequados permite obter

informações detalhadas sem comprometer a integridade do elemento analisado, sendo fundamental para a definição de estratégias eficazes de intervenção, manutenção e recuperação.

Além disso, a utilização de técnicas de ensaio, especialmente as não destrutivas, permite uma análise mais precisa sem comprometer a integridade da estrutura. Dessa forma, um diagnóstico bem executado é fundamental para a definição de estratégias adequadas de intervenção e manutenção.

Conforme o IBAPE/SP (2011, p.6), a inspeção predial " É a avaliação isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação", ressaltando a necessidade de analisar uma obra, para que ela garanta uma boa vida útil, analisando o tipo de risco que a estrutura se encontra e propondo melhorias. Assim, é possível perceber que é necessário realizar uma inspeção para avaliar a condição do imóvel, para verificar se tem alguma deterioração e assim realizar sua manutenção, já que o termo inspeção é considerado "Avaliação do estado da edificação e de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção" (NBR 5674, 1999, p.2).

Segundo Martitegui et al. (2002, p.39), "Antes de realizar a inspeção, é aconselhável reunir informações sobre a história do edifício", pois a ausência ou limitação de registros documentais, comum em edificações antigas, reforça a necessidade de inspeções técnicas criteriosas e da análise visual detalhada das manifestações patológicas. Assim, o conhecimento prévio do histórico construtivo, aliado a métodos adequados de inspeção e diagnóstico, contribui para a definição de estratégias de intervenção e proteção.

Esta coleta de dados, segundo a ABNT NBR 14653-1 (2001, p.7):

É recomendável que seja planejada com antecedência, tendo em vista: as características do bem avaliando, disponibilidade de recursos, informações e pesquisas anteriores, plantas e documentos, prazo de execução dos serviços, enfim, tudo que possa esclarecer aspectos relevantes para a avaliação.

Esta norma prescreve que o planejamento prévio da coleta de dados é uma etapa essencial para garantir a confiabilidade e a consistência das avaliações técnicas realizadas, a consideração das características do bem, aliada à análise de documentos, registros anteriores e limitações de recursos e prazos, permite uma compreensão mais precisa das condições existentes.

Na madeira, a identificação de patologias costuma ser mais acessível quando comparada a outros materiais, principalmente por se tratar de um material natural que frequentemente apresenta sinais visíveis de deterioração, como fissuras, manchas, empenamentos, furos e descolorações. Nesse sentido, Brito (2014, p. 43) afirma que “Alguns aspectos químicos e anatômicos da formação da estrutura microscópica do lenho da madeira podem ser fundamentais para compreender a diagnose pelas características visuais de determinadas manifestações patológicas na madeira [...]”. A partir dessa afirmação, compreende-se que a observação visual é uma etapa inicial indispensável, pois permite identificar indícios de degradação relacionados à ação de fungos, cupins, brocas, umidade excessiva e falhas de acabamento. Além disso, o conhecimento sobre a anatomia e a composição química da madeira contribui para interpretar com maior precisão os danos observados e suas possíveis causas.

Entre os principais métodos de ensaio não destrutivos utilizados no diagnóstico de estruturas de madeira, destaca-se o resistógrafo, equipamento capaz de avaliar a resistência interna do material por meio da perfuração controlada de uma broca de pequeno diâmetro. Segundo Sampaio da Costa (2009, p. 18), “O Resistógrafo efectua medições radiais e tangenciais em relação ao tronco da árvore que deu origem à peça”. Dessa forma, o equipamento registra variações de resistência durante a perfuração, permitindo identificar regiões deterioradas, cavidades internas, podridões, ataques de insetos e perda de seção resistente. Sua principal vantagem está no fato de causar danos mínimos ao elemento analisado, ao mesmo tempo em que fornece informações detalhadas sobre o estado interno da madeira.

Outro método amplamente utilizado é a termografia infravermelha, que permite identificar variações de temperatura na superfície dos elementos de madeira, de acordo com Reiguel (2015), essa técnica possibilita a detecção de anomalias térmicas associadas à presença de umidade, infiltrações, vazios internos e degradações ocultas. Isso ocorre porque áreas afetadas por água, fungos ou falhas internas tendem a apresentar temperaturas diferentes em relação às regiões íntegras da peça. Assim, a termografia se destaca por ser uma técnica rápida, sem contato físico e capaz de avaliar grandes superfícies em pouco tempo, sendo especialmente útil em inspeções preventivas e em estruturas de difícil acesso.

Além disso, Brito (2014) explica que os ensaios ultrassônicos constituem outra importante tecnologia aplicada ao diagnóstico da madeira. Essa técnica baseia-se na propagação de ondas ultrassônicas através do material, permitindo detectar

descontinuidades internas, fissuras, vazios, apodrecimentos e regiões com perda de densidade. Em geral, quanto maior a integridade da madeira, maior é a velocidade de propagação das ondas; por outro lado, a presença de defeitos reduz essa velocidade, indicando possíveis áreas comprometidas. Dessa forma, os ensaios ultrassônicos possibilitam avaliações profundas e precisas da estrutura, sendo considerados métodos não invasivos de grande relevância para a inspeção de peças estruturais.

Outro aspecto fundamental no diagnóstico de patologias é a realização de inspeções preventivas e periódicas, segundo Martins e Fioriti (2016), essas inspeções consistem na realização de vistorias sistemáticas para identificar sinais iniciais de deterioração, como manchas, descolorações, umidade, infiltrações e desgaste de acabamentos protetores. Além disso, os autores ressaltam que a manutenção preventiva deve incluir limpeza de superfícies, desobstrução de sistemas de drenagem, reparo de coberturas e reaplicação de vernizes e outros produtos de proteção. Nesse contexto, Moraes (2021) conclui que a inspeção e a manutenção periódicas reduzem drasticamente a probabilidade de falhas críticas nas estruturas, reforçando a importância de medidas preventivas para o prolongamento da vida útil da madeira.

Por fim, Faria (2004) destaca que as intervenções em estruturas de madeira podem variar desde reparos pontuais até a substituição completa dos elementos comprometidos, dependendo do grau de deterioração identificado. Dessa maneira, observa-se que a escolha da técnica de recuperação deve ser baseada em um diagnóstico detalhado, considerando fatores como segurança estrutural, extensão dos danos, viabilidade técnica e custos envolvidos. Assim, os métodos de ensaio não destrutivos assumem papel essencial, pois fornecem informações precisas sobre as condições reais da madeira, permitindo a definição de estratégias de intervenção mais eficientes e adequadas.

2.4 PROTEÇÃO DA MADEIRA COM VERNIZES

A proteção superficial da madeira é uma das principais estratégias utilizadas para aumentar sua durabilidade e reduzir os efeitos causados pela umidade, radiação solar, agentes biológicos e desgaste natural. Como a madeira é um material higroscópico e suscetível à ação de fungos, cupins, brocas e intempéries, a aplicação de vernizes e revestimentos poliméricos torna-se essencial para preservar tanto suas

propriedades mecânicas quanto seu aspecto estético. Além disso, esses produtos atuam como barreiras protetoras, dificultando a penetração de água, reduzindo a incidência direta dos raios ultravioleta e contribuindo para a manutenção da integridade superficial da madeira ao longo do tempo.

Yamanaka et al. (2006, p. 36) afirma que:

O verniz é uma dispersão coloidal não pigmentada, ou solução de resinas sintéticas/naturais em óleos dissolvidos em solventes. São usados como películas protetoras ou revestimento decorativo em vários substratos.

Assim, o verniz atua tanto na proteção quanto no embelezamento da superfície da madeira, formando uma camada contínua que pode destacar os veios naturais do material e aumentar sua resistência contra agentes degradantes.

Complementando essa definição, Cunha (2012, p. 2) explica que “Na composição das tintas e vernizes, a resina aglomera os pigmentos e é responsável pela película, os pigmentos dão cor, opacidade e efeitos como resistência e os solventes dissolvem a resina” Nesse contexto, percebe-se que cada componente exerce uma função específica dentro da formulação do produto. A resina é o principal elemento responsável pela formação do filme protetor, enquanto os pigmentos, quando presentes, fornecem cor e contribuem para propriedades adicionais, como resistência ao desgaste e aos raios solares. Já os solventes controlam a viscosidade do produto, facilitando sua aplicação e espalhamento sobre a superfície da madeira.

Além disso, de acordo com Leitão (2015, p. 40), “As principais funções dos produtos protetores são: impedir a entrada de água ou humidade na madeira, a incidência dos raios UV e facilitar a limpeza da superfície”. Essa afirmação reforça a importância dos vernizes e revestimentos na preservação da madeira, principalmente em ambientes externos, onde o material fica constantemente exposto ao sol, à chuva e às variações climáticas. A umidade excessiva favorece o desenvolvimento de fungos e processos de apodrecimento, enquanto a radiação ultravioleta contribui para o ressecamento, perda de cor e fissuração superficial. Assim, a utilização de produtos protetores reduz significativamente a velocidade desses processos de degradação.

No que se refere ao processo de fabricação, Yamanaka et al. (2006, p. 36) destacam que a produção de verniz ocorre de forma simplificada, sem a necessidade de etapas como dispersão e moagem, sendo baseada essencialmente na homogeneização de resinas, solventes e aditivos em tanques ou recipientes

apropriados; posteriormente, após essa etapa, o produto passa por um rigoroso controle de qualidade, que quando aprovado, é envasado, rotulado, embalado e destinado ao armazenamento. Dessa forma, observa-se que, embora o processo produtivo seja relativamente simples quando comparado ao de tintas, ele envolve etapas fundamentais de verificação que asseguram propriedades adequadas, como viscosidade, aderência, secagem e resistência, garantindo a qualidade final do verniz.

Entretanto, embora os vernizes à base de solvente apresentem elevada resistência e bom desempenho técnico, eles também possuem desvantagens importantes. Segundo Conduita, Rodrigues e Carvalho (2023, p. 7), “A melhor performance é oferecida pelo verniz base solvente, porém com a grande desvantagem de apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente [...]”, isso ocorre porque muitos solventes orgânicos utilizados na fabricação desses produtos liberam compostos voláteis potencialmente tóxicos, que podem causar danos à saúde dos aplicadores e contribuir para a poluição atmosférica.

Diante desse contexto, vernizes poliméricos e à base de água destacam-se como alternativas mais sustentáveis, devido à menor emissão de compostos orgânicos voláteis e redução de riscos à saúde, embora possam apresentar desempenho levemente inferior aos solventes tradicionais, ainda garantem proteção adequada contra umidade, desgaste e radiação solar. Assim, atendem às exigências atuais de sustentabilidade e segurança na construção civil.

Outro aspecto importante é o uso de aditivos na composição dos vernizes, conforme explica Cunha (2012, p. 3), “Os aditivos são compostos que agregam propriedades especiais aos produtos, como secantes, antinata, antiespumantes, bactericidas, niveladores e outros”. Dessa maneira, esses componentes complementares são responsáveis por melhorar o desempenho do verniz, acelerando a secagem, evitando a formação de bolhas, aumentando a uniformidade da película e dificultando o crescimento de fungos e bactérias na superfície tratada.

Além disso, Cunha (2012, p. 3) afirma que “Os solventes são compostos orgânicos ou água, responsáveis pelo aspecto líquido e viscoso da tinta e vernizes” Portanto, esses componentes têm a função de facilitar a aplicação e controlar a fluidez do produto, podendo ser formulados tanto à base de água quanto com compostos orgânicos.

Por fim, A proteção superficial da madeira deve ser acompanhada por inspeções periódicas, uma vez que a degradação do revestimento pode favorecer o

surgimento de patologias. Nesse sentido, Cruz (2001) destaca que a identificação de sinais de má conservação, como deformações e efeitos associados à umidade, é essencial para permitir intervenções preventivas e evitar danos mais severos à estrutura.

Diante disso, torna-se importante considerar que existem diversos tipos de vernizes disponíveis no mercado, cada um desenvolvido para atender a condições específicas de uso, variando conforme o ambiente de aplicação e o nível de exposição da madeira a agentes degradantes. Dentre as inúmeras opções nos mercados nos temos as mais utilizadas entre os consumidores, sendo elas:

O Verniz Poliuretano, que segundo Merlin (2021) apresenta elevada resistência à radiação ultravioleta, além de boa durabilidade e eficiência na proteção da superfície. Nesse sentido, observa-se que esse tipo de verniz é amplamente utilizado quando se busca durabilidade aliada à manutenção da estética natural do material.

De forma complementar, Madeiras (2022) destaca o verniz copal como indicado para ambientes internos. Podendo ser usados em elementos como pisos, esquadrias e mobiliários, proporcionando acabamento estético, enquanto Decora (2022) ressalta que o verniz marítimo possui alta resistência às intempéries sendo mais adequado para aplicações externas. Sendo indicado para elementos como portas, janelas, decks e pergolados, evidenciando a importância da escolha correta do produto conforme as condições de exposição.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia adotada para este estudo articula abordagens de pesquisa bibliográfica, exploratória, descritiva, experimental e de campo, conforme referendado pela literatura metodológica em Engenharia Civil. Ademais, a pesquisa exploratória por meio de revisão bibliográfica é destacada como meio eficaz para elucidar conceitos, práticas e desafios tecnológicos da construção civil, constituindo uma base sólida para o desenvolvimento do objeto investigado.

De acordo com Lakatos e Marconi (2003, p.158), “A pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema”, ela consiste na revisão de obras publicadas sobre o tema de interesse, contribuindo para uma melhor compreensão do estado da arte e das questões já abordadas no campo do estudo. Nesse sentido, a revisão de literatura possibilitou compreender aspectos relacionados às patologias da madeira, aos agentes de degradação e às técnicas de proteção, direcionando a formulação do produto desenvolvido.

As pesquisas descritivas, segundo Gil (2008, p.28), “As pesquisas deste tipo têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis”, essa pesquisa tem como objetivo a caracterização de fenômenos e o estabelecimento de relações entre variáveis, o que se aplica diretamente à descrição dos materiais utilizados e do processo de fabricação do verniz.

Segundo Rudio (2007, p.69), “Para realizar a pesquisa (tanto descritiva como experimental) é necessário trabalhar com variáveis, mais, de maneiras diferentes, conforme o tipo de pesquisa que está sendo efetivada”, no contexto desta pesquisa, variáveis como composição do verniz, número de demãos, tempo de secagem e teor de umidade da madeira foram consideradas fundamentais para a análise do desempenho do produto.

De acordo com Prodanov e Freitas (2013, p.52), “A diferença entre a pesquisa experimental e a pesquisa descritiva é que esta procura classificar, explicar e interpretar fatos que ocorrem, enquanto a pesquisa experimental pretende demonstrar

o modo ou as causas pelas quais um fato é produzido”, a etapa experimental foi essencial para avaliar o comportamento do verniz desenvolvido, permitindo verificar sua eficácia na proteção da madeira e sua resposta frente a diferentes condições de aplicação e exposição.

3.2 COLETA DE DADOS

Foi realizada uma pesquisa de campo, na qual, conforme Lakatos e Marconi (2003, p.186):

Pesquisa de campo é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

Essa etapa foi fundamental para a coleta de informações, feitas a partir de observações, em relação ao comportamento do verniz em condições reais, incluindo aspectos como resistência a umidade e ao fogo, aderência, rendimento e tempo de secagem, contribuindo para uma análise mais completa e aplicada.

Deste modo, com base no que foi analisado na fundamentação teórica, foi possível observar que a madeira é um material muito utilizado na construção civil por ser resistente, leve e relativamente fácil de trabalhar. Porém, como é um material natural, também apresenta defeitos e pode sofrer com problemas que comprometem sua integridade e desempenho.

3.3 LOCAL E PERÍODO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no período compreendido entre abril de 2025 e fevereiro de 2026, sendo desenvolvida na residência da acadêmica Pinalli, localizada no município de Itaituba – PA, o local foi utilizado como ambiente experimental para a realização dos ensaios práticos relacionados ao desenvolvimento e à aplicação do verniz polimérico, onde os testes de misturas experimentais do verniz foram passados na superfície de madeiras dicotiledônias, que haviam sido usadas como escoramento.

A escolha do ambiente residencial está diretamente relacionada ao caráter exploratório da pesquisa, uma vez que possibilitou maior flexibilidade na condução dos experimentos e adaptação às condições disponíveis. Conforme destacado por Gil

(2008, p.27), " As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores", o que se aplica diretamente ao presente estudo, considerando o caráter inovador do verniz desenvolvido.

Além disso, a utilização desse espaço permitiu a simulação de condições reais de aplicação, especialmente no que se refere à exposição da madeira a variações ambientais, como temperatura e umidade. Nesse contexto, a abordagem exploratória também se justifica pela necessidade de investigação prática do comportamento do material em situações não totalmente controladas, contribuindo para uma análise mais próxima da realidade. Dessa forma, o local e o período definidos foram fundamentais para o desenvolvimento contínuo dos experimentos e para a obtenção de resultados consistentes ao longo da pesquisa.

3.4 DESENVOLVIMENTO DA MISTURA DO VERNIZ

Para a produção do verniz polimérico, foram realizados diversos testes experimentais ao longo do período da pesquisa, com o objetivo de avaliar diferentes formulações, métodos de preparo e condições de aplicação. Ao todo, foram conduzidos múltiplos ensaios preliminares, dos quais 9 misturas experimentais foram selecionados por apresentarem maior relevância para análise. Esses experimentos foram organizados em dois grupos principais, de acordo com os materiais empregados e a metodologia utilizada: experimentos com garrafas PET e experimentos com cola polimérica (silicone).

3.4.1 Experimentos com Garrafas PET

Os experimentos com garrafas PET tiveram como objetivo investigar a viabilidade do reaproveitamento desse material na formulação de um verniz polimérico, considerando seu potencial como resíduo reciclável.

Para a realização dos ensaios, foram utilizados materiais como garrafas PET previamente higienizadas e fragmentadas, óleo de cozinha usado e filtrado, água, vinagre, álcool etílico, além de utensílios simples destinados ao aquecimento e

armazenamento, as misturas experimentais foram realizadas em um local aberto, e com o uso de máscara, pois a queima do plástico gera um gás tóxico e acaba representando uma ameaça a todo tipo de vida, seja ela vegetal, humana ou animal (ONU, 2019).

A ideia inicial era cortar a PET, para facilitar o seu processo de derretimento em um recipiente metálico, utilizando óleo de soja em conjunto com os fragmentos de PET, buscando promover o amolecimento do polímero por meio do aquecimento. Em seguida, o conjunto foi submetido ao aquecimento em fogão elétrico, com agitação constante, visando a obtenção de uma massa viscosa e homogênea, para assim adicionar o restante dos materiais e produzir o verniz a partir do PET.

Outro processo que seria realizado foi a submersão da PET em thinner IT – 16 Multiuso, para analisar se ele quebraria a PET e a deixaria maleável.

3.4.2 Experimentos com Cola Silicone

Os experimentos com cola silicone foram desenvolvidos com o objetivo de formular e avaliar um verniz de fácil preparo e aplicação, além de um ótimo custo benefício. Os resultados obtidos indicaram que essa formulação apresentou maior viabilidade em comparação aos experimentos realizados com PET, evidenciando melhor homogeneidade, facilidade de aplicação e maior potencial de utilização como revestimento protetor para madeira.

O teste da obtenção deste material, iniciou em setembro de 2025, onde a ideia seria misturar apenas dois materiais, álcool etílico 70% e cola silicone, onde essa mistura seria colocada em um recipiente, e em seguida mexida, utilizamos um pote de vidro transparente e uma colher de metal comum para misturar os dois materiais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EXPERIMENTOS COM GARRAFAS PET

Os resultados obtidos evidenciaram limitações técnicas relevantes no processo experimental, principalmente em relação ao uso do PET como componente do verniz. Conforme apontado por Hager (2024), o material apresenta ponto de fusão entre 250°C e 260°C, temperatura que não foi alcançada com os equipamentos disponíveis, comprometendo a fusão adequada do polímero. Dessa forma, verificou-se que as condições de aquecimento utilizadas foram insuficientes para promover uma transformação homogênea do PET, o que impactou diretamente a qualidade da mistura obtida.

Em consequência, os ensaios realizados não permitiram alcançar uma formulação com textura uniforme e propriedades adequadas para aplicação como verniz, uma vez que o material endurecia rapidamente após aquecimento e não possibilitava a correta incorporação dos demais componentes. Tentativas com solventes, como thinner, não apresentaram eficácia, e a ausência de reagentes mais adequados, como o xileno em alta concentração, também limitou os resultados. Assim, não foi possível validar o potencial do PET na formulação proposta, embora se reconheça que, com equipamentos apropriados e melhores condições experimentais, os resultados poderiam ser diferentes.

4.2 EXPERIMENTOS COM COLA SILICONE – TRANSPARENTE

Os experimentos com cola silicone foram desenvolvidos com o objetivo de formular e avaliar um verniz de fácil preparo e aplicação. Os resultados obtidos indicaram que essa formulação apresentou maior viabilidade em comparação aos experimentos realizados com PET, evidenciando melhor homogeneidade, facilidade de aplicação e maior potencial de utilização como revestimento protetor para madeira.

4.2.1 Procedimento Experimental 01 para Produção do Verniz

Os experimentos com cola silicone líquida de uso artístico e profissional foram desenvolvidos com o objetivo de formular e avaliar um verniz de fácil preparo e

aplicação, com um custo baixo e rendável.

A mistura experimental 01, visto na imagem 19, foi realizado no dia 11 de outubro, às 13:00, e mantido em um local conservado, permitindo a observação direta do comportamento do material durante sua preparação e aplicação, além de verificar se ocorreria mudanças no revestimento após alguns dias fechado, como mostrado na figura 20.

Figura 19 – Mistura Experimental 01 após realizar a mistura dos dois materiais



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 20 – Mistura Experimental 01 após o tempo de descanso de 4 dias



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

A mistura foi realizada, resultando em uma solução homogênea de baixa viscosidade, onde os dois materiais foram misturados utilizando uma simples colher de metal. Na figura 19 é possível observar que o verniz ficou com algumas bolhas, que são provenientes da forma como foi realizada a mistura. A figura 20 mostra que em a mistura se estabiliza e as bolhas saem da composição com o tempo, pode ocorrer essa estabilização após 30 minutos, e sua preservação adequada em ambiente fechado mantem o verniz preservado.

O quadro 1 mostra os materiais utilizados nesse experimento para a base de um revestimento com cola silicone.

Quadro 1 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 01

Experimento 01
80g de cola silicone e 170g de álcool 70°.

Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

O experimento 01 apresentou bons resultados, porém nas outras variações de teste buscou-se maior viscosidade.

4.2.2 Procedimento Experimental 02 para Produção do Verniz

Além da formulação base, foram realizados testes adicionais com variações nas proporções dos componentes, com o objetivo de analisar possíveis alterações na consistência, no tempo de secagem e no comportamento do verniz após a aplicação. Também foram conduzidos ensaios com adição de corantes, visando avaliar aspectos estéticos e de acabamento, ampliando as possibilidades de uso do produto desenvolvido.

Este teste foi realizado no dia 8 de janeiro e mostrados abaixo nas imagens 21 e 22, demonstram ótimos resultados, que serão apresentados mais à frente no decorrer do trabalho.

Figura 21 – Mistura Experimental 02 após a elaboração



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 22 – Mistura Experimental 02 após descanso de 30 minutos



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Esta mistura da Figura 21, que possui uma proporção de igual para igual, resultou na melhor viscosidade entre os testes de variações de proporção, pode se observar na Figura 22 que a presença de bolhas quando se faz essa mistura é bastante comum, e pelos testes realizados, porém entre as figuras é possível observar que a proporção igual não teve quase nada de bolhas, e recomendado que seja esperado o tempo certo para que as bolhas saiam da composição, pois pode prejudicar a camada que será passada, pois o revestimento pode não fixar perfeitamente na madeira e formar bolhas que ficam em um tom branco, não transparente, que depois ficam transparentes, porém ficam com esta bolha ainda permanecendo, durante os testes foi visto que o verniz não seria próprio para uso externo, então não tem problema utilizar na madeira após misturar os dois materiais, pois foi analisado que a cola silicone mantém uma boa maleabilidade, por conta da cola silicone proporcionar uma boa elasticidade e viscosidade.

Após finalmente encontrar uma proporção adequada, mostrada no quadro 2,

foram feitos outros testes para saber se o revestimento poderia possuir alguma tonalidade.

Quadro 2 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 02

Experimento 02
100g de cola silicone e 100 g de álcool 70°.

Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Esta mistura de proporção igual, foi o resultado que manteve viscosidade e acabamento superficial na madeira mais satisfatórios.

4.3 ADIÇÃO DE CORANTE NO REVESTIMENTO

Os experimentos a seguir foram realizados com intuito de saber se materiais de coloração seriam positivamente compatíveis com as misturas originais do protótipo de verniz, já que em caso da adição de aditivos não compatíveis a resistência ou fatores como tempo de cura poderiam ser afetadas.

O processo dessas adições foi realizado de modo simplificado, adicionando a coloração por Xadrez através de medições em gramas ou gotas, para ambos os modos nos permitir ter uma melhor compreensão de como essas quantidades poderiam afetar a composição do verniz polimérico.

4.3.1 Procedimento Experimental 03 e 04 para Produção do Verniz

No dia 1 de fevereiro foram feitas essas duas misturas experimentais, como apresentadas nas figuras 23 e 24.

Figura 23 – Mistura Experimental 03



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 24 – Mistura Experimental 04



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Os dois testes foram os que não apresentaram nenhum traço de viscosidade, por conta do exagero de xadrez, contendo uma coloração bem forte em comparação com as outras misturas.

A seguir, o quadro 3, contendo os materiais para a realização desta mistura:

Quadro 3 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 03 e 04

Experimento 03	Experimento 04
30g de Cola silicone, 60g de Álcool 70° e 10g de xadrez preto.	30g de Cola silicone, 40g de Álcool 70° e 10g de xadrez azul.

Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Foram realizados testes de proporção nos vernizes com cores, para poder observar o quanto que o álcool e o corante iriam afetar a viscosidade e a coloração do revestimento.

4.3.2 Procedimento Experimental 05 e 06 para Produção do Verniz

No dia 1 de fevereiro foi realizado a mistura testando uma coloração marrom, utilizando menos álcool, pois percebemos com o procedimento experimental 05 e 06, vistos nas figuras 25 e 26, que o corante, assim como o álcool, retira a viscosidade da cola silicone.

Figura 25 – Mistura Experimental 05



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 26 – Mistura Experimental 06



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Observou-se na figura 25, que a dosagem do corante possui influência direta na estabilidade e na qualidade do verniz, e quando em excesso, pode comprometer a mistura e resultar em um material aglomerado, sem escoamento adequado e com aspecto visual insatisfatório, devido à instabilidade da formulação ao longo do tempo,

foi necessário preparar a mistura novamente a cada demão aplicada. Assim, os testes realizados com aplicação gradual em gotas, mostrados na figura 29, indicaram que o uso controlado do corante, inclusive com a combinação de tons marrom e preto, proporcionou melhor resultado estético e maior estabilidade, embora o excesso, especialmente do corante marrom, continuasse prejudicando o desempenho do revestimento.

Em seguida, no quadro 4, os materiais usados para as misturas 05 e 06 serão apresentadas.

Quadro 4 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 05 e 06

Experimento 05	Experimento 06
30g de Cola silicone, 25g de Álcool 70° e 5g de xadrez marrom.	30g de Cola silicone, 30g de Álcool 70° e 10 gotas de xadrez marrom e 4 gotas de xadrez preto.

Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Esse processo de dosagem foi importante para sabermos se adições seriam toleradas dentro das diferentes composições de vernizes poliméricos, composições essas que variam dependendo de como elas foram dosadas para realizar as misturas. Ressalta-se que o fenômeno de coagulação foi observado exclusivamente nas misturas contendo Xadrez marrom, não sendo identificado nos experimentos 07 e 08, que utilizaram xadrez de outras cores.

4.3.3 Procedimento Experimental 07 e 08 para Produção do Verniz

Em seguida, no dia 20 de janeiro, verificou-se nas figuras 27 e 28, que o verniz foi incorporado em pequenas quantidades, tendo adição em gotas reduzidas.

Figura 27 – Experimento 07



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 28 – Experimento 08



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Além da redução de gotas, também foi feito outro teste de proporção, e foi observado que esses dois testes apresentaram maior viscosidade e aspecto mais aderente, semelhante ao da cola silicone. Em contrapartida, as misturas com adição de dez gotas apresentaram menor viscosidade, porém demonstraram tempo de secagem mais reduzido. Os materiais desses testes serão mostrados no quadro 5.

Quadro 5 – Materiais utilizados na Mistura Experimental 07 e 08

Experimento 07	Experimento 08
25g do experimento 03 e 10g de cola silicone.	20g de Cola silicone, 20g de Álcool 70º e 10 gotas de xadrez azul.

Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Dentre todas as misturas realizadas com a adição do Xadrez no verniz polimérico, observamos que composições com as colorações, Preto e Azul foram positivamente mais eficientes do que as outras colorações como o Marrom. Fatores como: mistura, espessura, densidade e homogeneização visualmente se mostraram ter resultados mais satisfatórios, diferentes de alguns testes realizados com a pigmentação marrom, porém é necessário adicionar mais gotas de corante para que não fique com um aspecto tão viscoso, sendo recomendado utilizar uma proporção igual de álcool e água, assim como na mistura experimental 02, já que essa foi a mais satisfatória tanto no revestimento transparente, quanto no revestimento com corante.

A seguir serão demonstrados os testes que foram realizados para a produção do Verniz polimérico, utilizando a cola silicone.

4.4 VERNIZ A BASE DA COLA SILICONE

A análise dos resultados obtidos nos ensaios com o verniz à base de cola silicone possibilitou uma avaliação mais consistente do desempenho do material, especialmente em relação à sua aplicação e comportamento como revestimento protetor. Diferentemente do PET, a formulação com silicone apresentou maior estabilidade durante o preparo, permitindo a obtenção de uma mistura homogênea e adequada para aplicação sobre superfícies de madeira.

A partir dos ensaios realizados, foi possível observar o desempenho do verniz frente a diferentes condições, incluindo exposição à água, exposição ao fogo, exposição a precipitação e a submersão à água. Assim, esta etapa de avaliação

permitiu identificar tanto as potencialidades quanto as limitações do material, fornecendo subsídios técnicos para sua análise comparativa e para a verificação de sua viabilidade como solução de proteção para a madeira, conforme apresentado nos tópicos subsequentes.

4.4.1 Avaliação do Tempo de secagem da 1ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz Transparente

A primeira camada do verniz transparente foi analisada com o objetivo de verificar a rapidez de secagem inicial e a formação da película protetora sobre a superfície da madeira. Essa etapa é importante, pois influencia diretamente na aderência das camadas seguintes e no acabamento do material. Além disso, permite observar se o verniz, após sua aplicação, irá apresentar boa trabalhabilidade e estabilidade.

4.4.1.1 Ensaio 01

O experimento 01, visto na figura 29, foi feito no dia 13 de janeiro, com 100g de cola silicone e 140 g de álcool etílico 70º (mistura experimental 01), e apresentou tempo de cura ao toque entre 14:03: e 14:18, totalizando 15 minutos. Já o tempo de cura total esperada para aplicação da segunda demão foi mais elevado em comparação aos anteriores, ocorrendo entre 14:03: e 16:41, totalizando 2 horas e 38 minutos. A secagem natural ao sol continuou sendo o método adotado, influenciando diretamente o comportamento do verniz.

Figura 29 – Experimento 01 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Apesar do maior tempo de cura total, o acabamento obtido foi igualmente

satisfatório, apresentando pouco brilho e boa definição da superfície da madeira. Além disso, a película formada mostrou-se com algumas irregularidades visíveis, pois a madeira não foi lixada antes de passar o revestimento, porém apresenta uma adequada distribuição do material durante a aplicação.

4.4.1.2 Ensaio 02 e 03

Na figura 30, está o teste 02, já na figura 31, está o teste 03, os dois utilizando a mistura experimental 02, realizados no dia 21 de janeiro, o tempo de cura ao toque foi o mesmo, ocorrendo entre 17:00 e 17:17, totalizando aproximadamente 15 minutos, o tempo de cura total esperada para aplicação da segunda demão foi entre 17:00 e 19:00, correspondendo a 2 horas, demonstrando que o tempo de cura do verniz é semelhante em relação aos experimentos anteriores.

Outro ponto importante é que a similaridade dos tempos de cura em relação aos experimentos 04 e 05, que indica um bom nível de estabilidade da formulação, mesmo com possíveis variações nas condições de aplicação. Esse comportamento reforça a confiabilidade do verniz desenvolvido, evidenciando que suas propriedades de secagem não sofrem alterações significativas entre diferentes testes.

Figura 30 – Experimento 02



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 31 – Experimento 03



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

A secagem ao sol contribuiu para a formação de uma película consistente em menor tempo, o que pode indicar condições ambientais mais favoráveis no momento da aplicação, além do fator de proporção dos materiais alcançarem um bom resultado, já que conseguiu quebrar a liga da cola e manter uma consistência que se escorre, mas não tanto.

Em termos estéticos, o verniz apresentou excelente acabamento, com brilho intenso e realce significativo da coloração da madeira.

4.4.1.3 Ensaio 04 e 05

Nos experimentos 04 e 05, também utilizando a mistura experimental 02, realizados no dia 21 de janeiro, os tempos de cura mantiveram o padrão verificado nos experimentos 03 e 04, realizados no mesmo período, como pode ser observado nas figuras 32 e 33 abaixo.

Figura 32 – Experimento 04



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 33 – Experimento 05



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Tal repetibilidade é importante, pois demonstra que a mistura utilizada no revestimento apresenta comportamento relativamente constante, contribuindo para a confiabilidade dos resultados.

4.4.2 Avaliação do Tempo de secagem da 1ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz com Corante

A aplicação da primeira camada do verniz com corante possibilitou avaliar de que forma a adição de pigmentos interfere no processo de secagem e no comportamento da mistura.

Esse tipo de análise é relevante porque alterações na composição podem modificar o tempo de cura, a textura do revestimento e a uniformidade da superfície. Além disso, permite identificar possíveis diferenças visuais em relação ao verniz transparente, facilitando a aplicação do verniz, pois sabe se não deixou nenhum espaço para aplicar o revestimento.

4.4.2.1 Ensaio 06 e 07

No experimento 06 e 07, feitos no dia 31 de janeiro e 1 de fevereiro, o tempo

de cura ao toque ocorreu entre 19:27 e 19:37, correspondendo a 10 minutos, já a cura esperada para aplicação da segunda demão foi concluída entre 19:27 e 19:27, totalizando 1 dia, com o processo de secagem dos dois ocorrendo de forma natural, porém sem a exposição ao sol, porém caso queira, pode passar a próxima demão após 10-15 minutos, já que ele seca bastante rápido, porém para realizar um teste de submersão a água, esta primeira camada foi deixada por 24 horas para aplicar a outra camada.

Em ambos os casos, conforme visto nas imagens 34, usando a mistura experimental 03, e figura 35, usando a mistura experimental 04, o processo de secagem ocorreu de forma natural, porém sem exposição ao sol.

Figura 34 – Experimento 06



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 35 – Experimento 07



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Quanto ao aspecto visual, observou-se que o material apresentou um acabamento esteticamente satisfatório, com boa uniformidade, porém apenas o ensaio 07 apresentou brilho. A superfície da madeira ficou visualmente valorizada, demonstrando que o verniz formou uma película contínua e bem distribuída, pois a quantidade de corante deixou os dois sem nenhuma viscosidade, o que facilitou na hora espalhar o revestimento, mas faz com que a madeira absorva a mistura colocada nela, causando leves inchaços, como pode ser observado no ensaio 06.

4.4.2.2 Ensaio 08 e 09

No ensaio 08, realizado no dia 1 de fevereiro, na madeira foi utilizado a mistura experimental 05, verificou-se que o tempo de cura ao toque foi ligeiramente superior em relação aos ensaios anteriores, ocorrendo entre 19:42 e 19:54, totalizando 12 minutos. Já a cura necessária para aplicação da segunda demão foi concluída entre 19:42 e 20:42, totalizando 1 hora. Por outro lado, no experimento 09, realizado no

mesmo dia, porém, usando a mistura experimental 06, a cura ao toque ocorreu entre 19:56 e 20:08, totalizando aproximadamente 12 minutos, e o tempo necessário para aplicação da segunda demão foi de 30 minutos, compreendido entre 19:56 e 20:26.

Como mostrado nas figuras 36 e 37, a secagem ocorreu da mesma forma que os últimos dois ensaios demonstrados, secando naturalmente, sem exposição direta ao sol.

Figura 36 – Experimento 08



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 37 – Experimento 09



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Mesmo com um tempo de secagem mais elevado, o verniz apresentou um bom comportamento superficial, apresentou brilho significativo apenas no ensaio 09, enquanto no ensaio 08, a mistura ficou mais líquida, com baixa viscosidade, o que facilita espalhar o verniz, porém por ter mais álcool, em vez de cola, a madeira absorveu o álcool, demonstrando que a maior espera comprometeu a qualidade do revestimento, tanto esteticamente quanto resistência a água, pois pode inchar igual o experimento 06.

4.4.2.3 Ensaio 10 e 11

Na imagem 48, adquirida no dia 1 de fevereiro, utilizando a mistura experimental 07, o tempo de cura ao toque foi de 12 minutos, ocorrendo entre 20:21 e 20:23, a cura esperada para a aplicação da segunda demão ocorreu entre 20:21 e 21:57, totalizando aproximadamente 38 minutos. Enquanto isso, na figura 39, foi usado a mistura experimental 08, e observou-se um dos maiores tempos de cura ao toque entre os testes de verniz com cor realizados, ocorrendo entre 17:18 e 17:40, totalizando aproximadamente 22 minutos, a cura esperada para aplicação da segunda demão foi registrada entre 17:18 e 18:30, totalizando 1 hora e 12 minutos.

Dessa forma, a comparação entre os dois ensaios evidencia a influência direta

das variáveis de formulação e do ambiente no desempenho do verniz, reforçando a necessidade de controle desses fatores para garantir resultados mais consistentes.

Figura 38 – Experimento 10



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 39 – Experimento 11



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Apesar do maior tempo de secagem, o verniz apresentou um acabamento visual satisfatório, com a película formada foi uniforme e contínua, com brilho adequado e valorização da superfície da madeira.

Em resumo, a primeira camada desses revestimentos ainda não é boa o suficiente, possuindo pouca proteção da madeira, pouco brilho, possui uma boa camada superficial uniforme, pois o verniz se espalha bem, porém é necessário aplicar mais demão para chegar ao resultado esperado. Os dois primeiros experimentos de verniz de cola silicone não serão mais utilizados, pois eles foram testes iniciais para identificar uma base do verniz, e para analisar como se comportaria na madeira, como deu um bom resultado inicial, destacando a madeira e dando um bom brilho, testamos outras proporções e aplicamos, já que as seguintes apresentavam uma viscosidade melhor.

4.4.3 Avaliação do Tempo de secagem da 2ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz Transparente

A segunda camada do verniz transparente foi estudada para verificar se o acúmulo de material sobre a madeira influencia no tempo necessário para a secagem completa. Essa etapa é essencial para determinar o intervalo adequado entre demãos e garantir que o acabamento permaneça uniforme. Esta análise também auxilia na identificação de possíveis mudanças na textura e se irá apresentar brilho da superfície.

4.4.3.1 Ensaio 01

O experimento 01, mostrado na figura 40, realizado no dia 13 de janeiro de 2026, apresentou tempo de cura ao toque entre 16:42 e 17:00, totalizando aproximadamente 18 minutos. Já o tempo de cura esperado para aplicação da terceira demão ocorreu entre 16:42 e 20:25, correspondendo a 3 horas e 43 minutos.

Figura 40 – Experimento 01 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Como visto na figura 40, o processo de secagem ocorreu de forma natural, com exposição direta ao sol, fator que contribuiu para a evaporação do solvente e para a formação gradual da película protetora. Além disso, observou-se que, a partir da segunda camada de verniz, o revestimento começou a apresentar um brilho mais satisfatório e uniforme, seu tempo de cura demorou mais que o normal, pois ficou com camada grossa, então demorou mais para secar, porém apresentou um bom brilho e ótimo acabamento

4.4.3.2 Ensaio 02 e 03

Os experimentos 02 e 03, mostrados nas figuras 41 e 42, foram realizados no dia 21 e 22 de janeiro de 2026, em ambos os casos, foi utilizado a mistura experimental 02, o tempo de cura ao toque ocorreu entre 19:00 e 20:00, totalizando aproximadamente 1 hora, pois estava chovendo, e isso prejudica o tempo de cura. Já a cura necessária para aplicação da segunda demão foi registrada entre 19:00 e 12:30 do dia seguinte, totalizando 18 horas e 30 minutos.

A análise desse procedimento permitiu compreender que um maior tempo de cura contribui para uma melhor estabilização da película ou se não apresenta diferenças significativas em relação aos tempos convencionais, além de analisar se

ocorria mudanças no aspecto do revestimento, como uniformidade, acabamento superficial ou brilho.

Figura 41 – Experimento 02 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 42 – Experimento 03 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Como observado nas figuras 41 e 42, a secagem ocorreu naturalmente, com exposição ao sol durante o período inicial, contribuindo para a formação da película. Verificou-se ainda que, a partir da segunda camada, o verniz passou a apresentar brilho mais evidente e homogêneo, aumentar a cura do verniz é necessário apenas caso não deseje passar outra demão do revestimento, já que ele fica com uma secagem melhor e um aspecto mais brilhante.

4.4.3.3 Ensaio 04 e 05

Os experimentos 04 e 05, apresentados nas figuras 43 e 44, também foram realizados no dia 21 e 22 de janeiro de 2026, mantendo o mesmo padrão de horário de cura ao toque e cura total para a segunda demão observado nos experimentos 02 e 03.

Figura 43 – Experimento 04 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 44 – Experimento 05 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

O processo de secagem ocorreu de forma natural, com auxílio da exposição

solar nas primeiras horas, favorecendo a evaporação do solvente, e assim como nos demais ensaios, a partir da segunda camada o verniz começou a apresentar um brilho mais satisfatório.

4.4.4 Avaliação do Tempo de secagem da 2ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz com Corante

A avaliação da segunda camada do verniz com corante teve como finalidade observar o comportamento do produto após a reaplicação sobre uma superfície já revestida. Nessa condição, fatores como espessura da camada, retenção de umidade e presença de pigmentos podem influenciar diretamente no tempo de cura. Essa análise é importante para verificar a viabilidade do uso de múltiplas demãos sem comprometer o acabamento final.

4.4.4.1 Ensaio 06 e 07

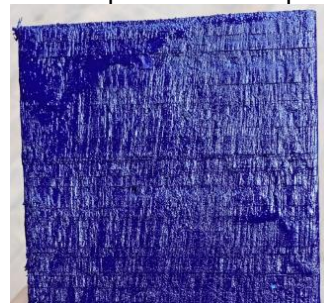
Na imagem 45, está o experimento 08, enquanto na imagem 46, está o experimento 09, realizados no dia 1 de fevereiro de 2026, observou-se redução significativa nos tempos de cura. Nos dois experimentos, a cura ao toque ocorreu entre 19:27 e 19:37, totalizando 10 minutos, enquanto a cura esperada para aplicação da terceira demão foi registrada entre 19:27 e 20:03, totalizando 36 minutos.

Figura 45 – Experimento 06 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 46 – Experimento 07 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Os dois ensaios apresentaram secagem natural com exposição ao sol, favorecendo a rápida estabilização do revestimento. Além disso, a partir da segunda camada, foi possível observar apenas no teste 07 um brilho mais uniforme e visualmente satisfatório.

4.4.4.2 Ensaio 08 e 09

No ensaio 08, observado na figura 47, realizado no dia 1 de fevereiro, verificou-se que o tempo de cura ao toque foi ligeiramente superior em relação aos ensaios anteriores, ocorrendo entre 20:42 e 20:57, totalizando 15 minutos, já a cura necessária para a aplicação da terceira demão foi concluída entre 20:42 e 21:26, totalizando 44 minutos. Por outro lado, no experimento 09, visto na figura 48, realizado no mesmo dia, a cura ao toque ocorreu entre 20:26 e 20:38, totalizando aproximadamente 12 minutos, e o tempo necessário para aplicação da segunda demão foi de 43 minutos, compreendido entre 20:26 e 21:09.

Figura 47 – Experimento 08 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 48 – Experimento 09 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Conforme observado nas imagens, os dois ensaios foram secos naturalmente, com auxílio da exposição solar, e assim como a maioria dos testes de segunda camada, o revestimento apresentou um brilho mais perceptível e acabamento visual mais uniforme.

4.4.4.3 Ensaio 10 e 11

Na figura 49, adquirida no dia 1 de fevereiro, o tempo de cura ao toque foi de 13 minutos, ocorrendo entre 20:57 e 21:10, a cura esperada para a aplicação da terceira demão ocorreu entre 20:57 e 21:49, totalizando aproximadamente 52 minutos. Enquanto isso, na figura 50, observou-se um dos maiores tempos de cura ao toque entre os testes de verniz com cor realizados, ocorrendo entre 18:30 e 18:50, totalizando aproximadamente 20 minutos, a cura esperada para aplicação da terceira demão foi registrada entre 18:30 e 19:30, totalizando 1 hora e 30 minutos.

Essa diferença significativa em relação ao experimento anterior está associada a variações na composição da mistura, a comparação entre os dois ensaios evidencia a sensibilidade do verniz às variáveis de aplicação e formulação, reforçando a importância do controle desses fatores para garantir maior previsibilidade e desempenho do revestimento.

Figura 49 – Experimento 10 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 50 – Experimento 11 após a cura



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Como mostrado nas figuras, ambos os ensaios passaram por secagem natural, com influência da temperatura ambiente e da exposição ao sol, verificou-se ainda que também apresenta um brilho satisfatório.

4.4.5 Avaliação do Tempo de secagem da 3ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz Transparente

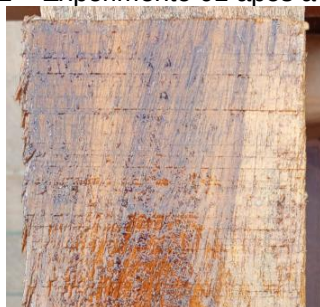
A análise da terceira camada do verniz transparente teve como objetivo verificar o comportamento do revestimento após sucessivas aplicações, observando principalmente o tempo necessário para secagem completa, a formação da película protetora e o acabamento final obtido. Nos vernizes transparentes, observou-se que o tempo de cura ao toque variou entre 15 e 20 minutos, sendo superior ao dos vernizes com corante, que apresentaram média de aproximadamente 10 minutos.

4.4.5.1 Ensaio 01

O ensaio 01 (imagem 51), foi realizado entre os dias 15 e 16 de janeiro, das 20:25 às 18:25 do dia seguinte, totalizando aproximadamente 22 horas de secagem. Durante esse experimento, verificou-se que o tempo de cura ao toque permaneceu entre 15 e 20 minutos, mantendo um padrão semelhante

ao observado nos ensaios com vernizes transparentes, esse resultado indica que, apesar do longo tempo necessário para a cura completa, a formação inicial da película ocorre de maneira relativamente rápida, porém, ainda se deve respeitar o tempo de cura total antes de submeter a madeira a condições de uso.

Figura 51 – Experimento 01 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Como mostrado na figura 51, a terceira camada foi responsável por proporcionar melhor acabamento visual, com maior uniformidade da superfície e brilho mais evidente. Apesar de o verniz transparente não alterar significativamente a tonalidade natural da madeira, a terceira aplicação valorizou o aspecto do material, deixando a superfície mais lisa e refinada.

4.4.5.2 Ensaio 02 e 03

Os ensaios 02 e 03, mostrado nas figuras 52 e 53, também foram realizados entre os dias 22 e 23 de janeiro, no mesmo período dos experimentos 04 e 05, totalizando igualmente 24 horas de secagem. Nesses ensaios, o tempo de cura ao toque permaneceu entre 15 e 20 minutos, reforçando o padrão observado nos demais vernizes transparentes, porém com um toque de cura maior que o verniz com corante.

Figura 52 – Experimento 02 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 53 – Experimento 03 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Pode-se observar que houve uma contribuição para um acabamento mais refinado, com brilho mais perceptível e melhor distribuição do verniz sobre a superfície da madeira. Além disso, observou-se que a proteção superficial se tornou mais evidente após a terceira aplicação.

4.4.5.3 Ensaio 04 e 05

Os ensaios 04 e 05 foram realizados entre os dias 22 e 23 de janeiro, das 12:30 às 12:30, totalizando 24 horas de secagem, em ambos os casos, o tempo de cura ao toque permaneceu entre 15 e 20 minutos, demonstrando repetibilidade no verniz transparente, como visto nas figuras 54 e 55 abaixo.

Figura 54 – Experimento 04 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

Figura 55 – Experimento 05 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2025.

De forma geral, os experimentos demonstraram que a terceira camada do verniz transparente apresentou tempos de secagem prolongados, variando entre 22 e 24 horas para estabilização completa. Entretanto, o tempo de cura ao toque permaneceu relativamente baixo, entre 15 e 20 minutos. Além disso, verificou-se que a terceira aplicação foi a que proporcionou os melhores resultados estéticos, com maior brilho, melhor uniformidade e aparência mais refinada da madeira.

4.4.6 Avaliação do Tempo de secagem da 3ª Camada do Verniz à base de Cola Silicone – Verniz com Corante

A avaliação do tempo de secagem da terceira camada do verniz com corante foi realizada com o objetivo de verificar o comportamento do revestimento após sucessivas aplicações, observando principalmente o tempo necessário para

estabilização, a formação da película protetora e o acabamento final obtido. Diferentemente das primeiras demãos, a terceira camada apresentou maior espessura, o que influenciou diretamente no tempo de cura e no aspecto visual do material.

4.4.6.1 Ensaio 06 e 07

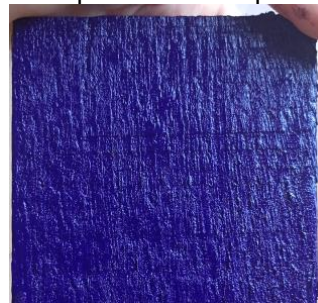
Os ensaios 06 e 07 foram realizados entre os dias 1 e 2 de fevereiro, no período compreendido entre 20:03 e 18:30 do dia seguinte. Em ambos os casos, verificou-se que o verniz com corante apresentou tempo de cura ao toque de aproximadamente 10 minutos, mantendo o padrão observado nos demais experimentos coloridos, conforme mostrado na Figura 59 e 60.

Figura 56– Experimento 06 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 57 – Experimento 07 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Antes mesmo da secagem completa, já era possível observar melhora no aspecto superficial do revestimento, a terceira camada proporcionou para o experimento 07 maior uniformidade, brilho mais evidente e melhor distribuição do verniz sobre a madeira, com a coloração parecendo tinta de caneta, enquanto o experimento 08 continuou opaco.

4.4.6.2 Ensaio 08 e 09

Os ensaios 08 e 09, foram realizados entre os dias 2 e 3 de fevereiro, das 21:09 às 21:09, totalizando aproximadamente 1 dia de secagem. Nesses ensaios, o tempo de cura ao toque permaneceu próximo de 10 minutos, demonstrando repetibilidade no comportamento de cura dos vernizes com corante, esse período foi adotado com o objetivo de garantir a cura total do revestimento, permitindo uma avaliação mais

completa do comportamento do verniz após a estabilização da película.

A seguir, as imagens dos ensaios 08 e 09, apresentadas nas figuras 58 e 59, permitem visualizar o estado final do revestimento após o período de cura, contribuindo para a análise do acabamento, uniformidade e qualidade superficial do revestimento.

Figura 58 – Experimento 08 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 59 – Experimento 09 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Como se pode observar, a terceira demão contribuiu para um acabamento mais uniforme e contínuo, reduzindo pequenas falhas superficiais e deixando a superfície com brilho mais intenso. Além disso, a coloração da madeira ficou mais destacada e homogênea.

4.4.6.3 Ensaio 10 e 11

O ensaio 10, mostrado na figura 60, e o ensaio 11, mostrado na figura 61, ocorreram entre os dias 2 e 3 de fevereiro, das 19:30 às 18:30, totalizando aproximadamente 23 horas. Apesar do longo período de secagem total, o tempo de cura ao toque continuou relativamente baixo, ficando em torno de 10 minutos para os vernizes com corante.

Figura 60 – Experimento 10 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 61 – Experimento 11 após a cura final



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Conforme apresentado nas figuras 60 e 61, a terceira camada foi essencial para melhorar o acabamento final da peça, proporcionando brilho mais perceptível, melhor cobertura e aparência mais refinada.

De forma geral, esses ensaios demonstraram que os vernizes com corante apresentaram tempos de cura ao toque inferiores aos transparentes, com média de aproximadamente 10 minutos, enquanto os transparentes variaram entre 15 e 20 minutos. Além disso, verificou-se que a terceira camada foi a etapa em que o revestimento apresentou os melhores resultados estéticos, com brilho mais evidente, melhor cobertura e acabamento mais uniforme sobre a madeira.

4.5 COMPORTAMENTO DO VERNIZ SOB TEMPERATURAS ÚMIDAS E NA APLICAÇÃO DE CAMADAS ESPESSAS

4.5.1 Aspecto visual dos vernizes Transparentes

Quando o verniz é aplicado em dias chuvosos ou com elevada umidade no ar, é comum que a superfície apresente aspecto levemente esbranquiçado, opaco ou com menor intensidade de brilho durante as primeiras horas após a aplicação, e por isso que Cimentos (2015) diz para evitar aplicar o verniz em dias muito úmidos ou chuvosos, porém, as figuras 62, 63 e 64, foram submetidas a esse tipo de clima.

Figura 62 – Segunda camada do teste 04



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 63 – Segunda camada do teste 05



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 64 – Segunda camada do teste 01



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Segundo Selak (2026), nos vernizes, esse fenômeno ocorre devido ao excesso de umidade no ambiente de aplicação pode provocar a formação do fenômeno conhecido como “blush”, caracterizado por uma névoa esbranquiçada que

compromete o revestimento, já que a presença de umidade dificulta a evaporação adequada dos componentes líquidos presentes na formulação, retardando a formação completa da película protetora.

Apesar dessa aparência inicial, verificou-se que a principal consequência da aplicação em períodos de precipitação está relacionada apenas ao aumento do tempo de secagem natural, e após a cura completa, o verniz tende a recuperar seu aspecto uniforme, mantendo suas propriedades de aderência, proteção e acabamento superficial, quando fica assim também é possível identificar locais em que o verniz não foi passado, como o canto inferior esquerdo do experimento 04 e 05, por conta de ainda apresentar uma viscosidade considerável e ter um tempo de secagem mais rápido, juntamente com o tempo úmido, então deve-se ter atenção na hora de passar este revestimento, pois todas essas 3 imagens foram tiradas após cerca de 5-10 minutos após passar o revestimento.

4.5.2 Aspecto visual dos vernizes coloridos

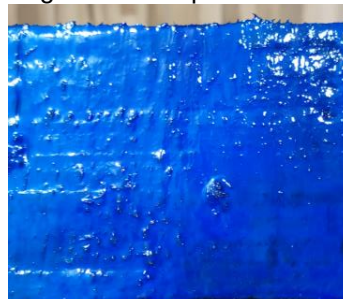
Nos vernizes com adição de corante, foi observado que os efeitos causados pela umidade excessiva tendem a ser menos perceptíveis visualmente quando comparados aos vernizes transparentes, isso ocorre porque a presença de pigmentação dificulta a identificação do embranquecimento superficial característico do “blush”, tornando a alteração visual mais discreta, sendo demonstrado a seguir nas imagens 65 e 66 este resultado.

Figura 65 – Experimento 07



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 66 – Experimento 10



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

É possível observar que esse revestimento, que foi passado à noite, mesmo sem apresentar manchas brancas evidentes, o verniz colorido ainda pode sofrer alterações em sua aparência, como ficar com uma superfície diferente e possuir maior

tempo de secagem (apenas no experimento 10). Portanto, embora a coloração ajude a esconder parte dos efeitos visuais da umidade, o desempenho do revestimento não afetar tanto quando aplicado em condições inadequadas, já que após 1 dia ele irá se estabilizar, o recomendado é ele secar naturalmente no sol.

4.5.3 Revestimento passado com camada grossa

Quando o verniz é aplicado em uma camada muito espessa, a superfície tende a apresentar secagem mais lenta, principalmente nas regiões centrais da peça, isso ocorre porque a parte externa da película começa a endurecer antes que a parte interna consiga evaporar completamente os solventes presentes na composição. Como consequência, o revestimento pode permanecer pegajoso por mais tempo e apresentar diferenças de brilho ao longo da superfície.

Nas figuras 67 e 68, estão imagens da segunda camada do ensaio 6 com camada grossa, o que acabou fazendo com que seu tempo de secagem demorasse mais que o necessário.

Figura 67 – Ensaio 01 com camada grossa



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 68 – Ensaio 01 com camada grossa



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Além do aumento no tempo de cura, camadas grossas podem favorecer o aparecimento de escorrimentos, pequenas ondulações, marcas de pincel e irregularidades visuais. Em alguns casos, também podem surgir bolhas superficiais e áreas com aspecto mais opaco, principalmente em ambientes úmidos ou com pouca ventilação. Apesar disso, após a secagem completa, o verniz ainda pode formar uma película resistente, desde que o excesso aplicado não tenha comprometido a aderência entre as camadas.

4.6 ANÁLISE DO TESTE DE RESISTENCIA À SUBMERSÃO NA ÁGUA

Os ensaios apresentados a seguir, foram realizados com o objetivo de avaliar o desempenho do revestimento polimérico em condições mais severas de exposição. Entre os principais aspectos analisados, destacam-se a resistência à submersão em água, buscando verificar se o produto desenvolvido poderia apresentar características positivas em relação a proteção contra a infiltração de água.

Esse tipo de verniz é amplamente utilizado em superfícies sujeitas à umidade constante, pois apresenta elevada resistência à água e à ação de agentes atmosféricos. Além disso, vernizes marítimos costumam formar uma película protetora capaz de reduzir os efeitos da radiação solar, minimizando o desbotamento e a degradação do acabamento ao longo do tempo. Segundo a Agenciaturupini (2025), vernizes desse tipo atuam como barreira contra umidade, maresia e cloretos presentes em ambientes externos, então a ideia deste teste foi verificar se o verniz apresentaria uma boa resistência quando submerso na água, pois os outros experimentos demonstraram que não seriam bons para ficar em áreas externas, então resolvemos realizar um teste mais desafiador e colocamos eles para aguentar a pressão da água quando submergidos.

4.6.1 Madeira sem revestimento.

A primeira análise observativa, mostrada na imagem 69, foi feita através de uma peça de madeira sem revestimento a qual permaneceu em um longo período de tempo na chuva, para ver como ela iria reagir. De acordo com Gonçalves et al. (2025), a madeira, apesar de sua origem renovável, apresenta limitações quando exposta a agentes biológicos, como fungos, ou a umidade, dito isso é importante presar por revestimentos protetivos para esse tipo de material, principalmente em casos se forem elementos construtivos.

Figura 69 – Madeira sem revestimento



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

A madeira acima não possui revestimento, pegando chuva das 15:10 até as 15:50, totalizando 40 minutos na chuva, no dia 14 de janeiro, foi possível observar que a madeira absorveu a umidade da chuva, mudando sua cor, sendo indefesa contra a precipitação, fazendo com que no futuro seja submetida a proliferação de fungos. A umidade é um fator predominante para a perda de desempenho em peças de madeira, já que isso pode limitar sua performance se utilizada em elementos estruturais.

Em seguida, o próximo teste efetuado foi realizado em duas amostras com revestimento polimérico tingido em azul, esse procedimento levou um total de 19 dias para ser concluído. Um teste de alta performance era fundamental para avaliarmos a integridade do revestimento.

Ao deixar as amostras submersas na água por vários dias, poderíamos avaliar e comprovar a integridade do revestimento e das amostras de madeira, caso elas não apresentassem umidade ou algum tipo de absorção da água.

4.6.2 Experimento 07

A esquerda está a figura 70 do experimento 07, molhado após ser submerso a água da chuva durante o período do dia 3 de fevereiro à 22 de fevereiro, totalizando 19 dias, já na direita está a figura 71 dele seco após 7-10 minutos no sol.

Figura 70 – Ensaio 07 molhado



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 71 – Ensaio 07 seco



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Verificou-se que o Experimento 07 apresentou características mais semelhantes às de uma tinta do que às de um verniz, principalmente em função da baixa viscosidade da mistura, que resultou em uma consistência excessivamente líquida. Além disso, após permanecer submerso em água por um período de 19 dias, observou-se perda significativa de brilho e redução da integridade do revestimento

aplicado sobre a madeira.

4.6.3 Experimento 06

Na figura 72 está o experimento 11, molhado após ser submerso a água da chuva durante o período do dia 3 de fevereiro a 22 de fevereiro, totalizando 19 dias, enquanto na figura 73 está ele seco após 7-10 minutos no sol.

Figura 72 – Ensaio 06 molhado



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 73 – Ensaio 06 seco



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

De forma semelhante ao observado no experimento 07, o experimento 06 também apresentou comportamento mais próximo ao de uma tinta do que ao de um verniz, devido à elevada fluidez da mistura. Após o período de imersão em água por 19 dias, foi possível constatar perda de brilho e comprometimento parcial do revestimento superficial da madeira. Sendo assim, para analisar melhor e verificar possíveis infiltrações na madeira, foi partido ao meio as madeiras, como vistos nas figuras 74 e 75.

Figura 74 – Ensaio 07 partido ao meio



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 75 – Ensaio 06 partido ao meio



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Os experimentos 06 e 07 foram realizados com o objetivo de avaliar a possibilidade de utilização do revestimento como um verniz aquático, entretanto, os

resultados indicaram que essa aplicação não é adequada. O Experimento 07, que utilizou corante Xadrez azul, apresentou desempenho insatisfatório, sendo observada alteração de coloração após o período de imersão, evidenciando a penetração de água na madeira, tal alteração pode ser observada na imagem apresentada anteriormente.

A seguir será demonstrado mais nas figuras 76, 77 e 78, o experimento 06, já que dos testes de submersão a água, ele foi praticamente um dos melhores.

Figura 76 – Ensaio 06 visto de lado aberto



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 77 – Ensaio 06 visto de lado aberto



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 78 – Ensaio 06 visto de cima aberto



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Em comparação, o experimento 06, no qual foi utilizado corante xadrez preto, apresentou desempenho relativamente superior em relação à resistência à umidade, a coloração preta, por apresentar maior capacidade de absorção de calor, pode ter contribuído para melhor comportamento do revestimento em determinadas condições. Embora ambos os experimentos tenham sido submetidos ao mesmo tempo de secagem e aos mesmos testes de chama e umidade, o experimento 06 demonstrou menor evidência de infiltração de água. Nas imagens analisadas, observa-se que apenas pequenas áreas nas extremidades da madeira apresentaram sinais de umidade, enquanto a região central permaneceu predominantemente seca.

Dessa forma, recomenda-se que o material seja utilizado preferencialmente como revestimento do tipo tinta para madeira ou outras superfícies em ambientes internos (mistura experimental 03 e 04), ou em áreas que possam apresentar contato eventual com umidade (mistura experimental 03), desde que não haja acúmulo de água sobre a superfície. Portanto, não se recomenda sua utilização como verniz aquático ou em condições de imersão prolongada.

Por fim, após a aplicação do material e conclusão do processo de cura, caso seja necessária a limpeza da superfície revestida, recomenda-se a utilização de pano

levemente umedecido ou esponja macia, evitando o uso do lado abrasivo da esponja, a fim de preservar a integridade do revestimento.

4.6.4 Experimento 01

O revestimento mostrado na figura 79 apresentou resistência à pressão da água durante o período em que permaneceu submerso, feito no dia 14 e 15 de janeiro, onde permaneceu submerso por 24 horas, porém, em razão do revestimento não apresentar uma resistência a pressão da água quando submergido na realização do ensaio.

Figura 79 – Ensaio 01 após a submersão



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Ressalta-se que este ensaio foi um dos primeiros a ser realizado, antes da incorporação do corante xadrez à formulação do verniz, o objetivo do teste foi verificar a possível infiltração de água nas fibras da madeira, conforme pode ser observado, não houve alteração significativa na coloração da madeira após o ensaio, indicando que não ocorreu penetração de água no material.

4.7 ANÁLISE DO TESTE DE RESISTENCIA À PRECIPITAÇÃO

A exposição do verniz à chuva logo após sua aplicação pode provocar alterações temporárias no acabamento, principalmente quando o revestimento ainda não atingiu sua cura total. Segundo Green (2025), essas manchas geralmente aparecem como manchas brancas ou de cor clara na superfície do verniz, pois a presença de água sobre a película recém-formada pode aumentar o tempo de secagem, reduzir o brilho superficial e deixar a superfície com aparência opaca ou levemente irregular. Além disso, fatores como umidade do ar, espessura da camada

aplicada e baixa ventilação tendem a dificultar ainda mais a evaporação dos solventes e a cura do material.

4.7.1 Experimento 10

Esta observação foi feita no dia 7 de fevereiro, na esquerda está figura 80 do experimento 10 com 3 camadas seco, enquanto na direita está a figura 81 do revestimento após passar por um período de chuva das 09:36 às 10:16, totalizando 40 minutos.

Figura 80 – Ensaio 10 seco



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 81 – Ensaio 10 seco



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Na imagem, é possível observar que a exposição à umidade resultou em alterações visíveis no acabamento do verniz colorido, a superfície apresenta regiões com brilho irregular, manchas circulares e diferenças de tonalidade, indicando que a água interferiu na uniformidade da película.

Como o verniz possui coloração azul intensa, o efeito esbranquiçado característico do “blush” não aparece de forma tão evidente quanto ocorreria em um verniz transparente. Entretanto, ainda é possível identificar áreas mais opacas e marcas de acúmulo de umidade, principalmente nas regiões centrais da peça, onde se formaram manchas arredondadas visíveis com uma coloração diferente.

Apesar dessas alterações visuais, esse tipo de ocorrência geralmente afeta mais a aparência superficial, do que a aderência do revestimento à madeira. Após a secagem completa, parte dessas marcas pode reduzir de intensidade, essas marcas sumiram após 30 minutos no sol.

4.7.2 Experimento 11

Este ensaio 11 também foi observado dia 7 de fevereiro, na esquerda está a figura 82 do experimento 11 com 3 camadas seco, enquanto na direita está a figura 83 do revestimento após passar por um período de chuva das 09:36 às 10:16, totalizando 40 minutos.

Figura 82 – Ensaio 11 seco



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 83 – Ensaio 11 após a chuva



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Este ensaio apresentou o mesmo resultado que o ensaio 10, apresentando diferentes tons, manchas, e pouco brilho nas áreas afetadas, essas marcas sumiram após 30 minutos no sol.

4.7.3 Ensaio 01

Antes da realização do ensaio de submersão, a amostra 01 foi previamente exposta à precipitação no dia 14 de janeiro, com o objetivo de simular uma condição real de uso em ambiente externo.

A seguir a figura 84 deste experimento após a chuva:

Figura 84 – Ensaio 01 com duas camadas após a chuva



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Ressalta-se que este ensaio foi um dos primeiros a ser realizado, antes da incorporação do corante Xadrez à formulação do verniz, o objetivo do teste foi verificar

a possível infiltração de água nas fibras da madeira, que é mais fácil de observar com um revestimento transparente, conforme pode ser analisado na figura 84, não houve alteração significativa na coloração da madeira após o ensaio, indicando que não ocorreu penetração de água no material, estas bolinhas na superfície do revestimento podem parecer gotas de água, porém, é o verniz que se deformou um pouco após passar por uma precipitação que durou mais de 1 hora, durante o período da madrugada do dia 14 de janeiro.

4.8 ANÁLISE DO TESTE DE RESISTÊNCIA AO FOGO

Segundo Brasil (2025), os líquidos inflamáveis são líquidos que possuem ponto de fulgor $\leq 60^{\circ}\text{C}$, o que dependendo do solvente utilizado no verniz, torna ele inflamável, como etanol, álcool, outros compostos orgânicos voláteis, os produtos podem apresentar caráter inflamável e maior suscetibilidade à combustão quando exposto a fontes de calor ou chamas diretas.

Os ensaios de resistência ao fogo foram realizados com o objetivo de avaliar o comportamento do verniz desenvolvido quando submetido à ação direta de altas temperaturas. Ao todo, foram analisados 5 experimentos, todos com resultados satisfatórios, demonstrando que o revestimento foi capaz de proteger a superfície da madeira e retardar os efeitos da combustão.

4.8.1 Revestimento transparente e sem revestimento

No dia 23 de janeiro, foi realizado este teste nas madeiras com verniz transparente, e observou-se que na figura 85, que a madeira rapidamente apresentou escurecimento intenso, carbonização superficial e aspecto totalmente enegrecido, após 2 minutos no fogo. Isto ocorre, pois segundo Silva (2008, p.9), "A madeira, sendo constituída por uma percentagem elevada de carbono, é um material combustível e susceptível de ser degradado pelo fogo", evidenciando que sua composição química favorece a ocorrência de processos de combustão quando exposta a elevadas temperaturas. Em contrapartida, a figura 86, passou 2 min e 45s no fogo, permanecendo protegida durante mais período de exposição, não ocorrendo ignição da superfície revestida.

Figura 85 – madeira sem revestimento



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 86 – Amostra 1 com 3 camadas



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Na figura 91, o verniz aplicado manteve a madeira protegida, não ocorrendo ignição no período de dois minutos, diferente da figura 92 apresentado. Embora, visualmente, tenha havido a impressão de amolecimento da película, por conta das pequenas bolhas no revestimento após o aquecimento, possivelmente em razão da presença de silicone em sua composição, constatou-se que o material, na realidade, apresentou enrijecimento quando submetido à ação do fogo. Sendo assim, o resultado foi considerado satisfatório, especialmente ao se considerar que vernizes, de modo geral, apresentam caráter inflamável.

Nos experimentos com verniz transparente, foram observadas pequenas bolhas no revestimento após o aquecimento, além de um aspecto semelhante ao de açúcar queimado sobre a película. Apesar disso, o revestimento não apresentou desprendimento significativo e, ao final do teste, verificou-se que o verniz ficou ainda mais endurecido, contrariando a impressão inicial de amolecimento provocada pela presença de silicone em sua composição.

Na figura 87 está a amostra 1 com 2 camadas de verniz, enquanto na direita está figura 88, da amostra 2 com 2 camadas de verniz, as duas madeiras foram submetidas a 4min e 45s no fogo.

Figura 87 – Amostra 2 com 2 camadas



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 88 – Amostra 2 com 2 camadas



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

A madeira revestida com 2 camadas apresentou escurecimento progressivo da superfície em razão da ação térmica, porém em intensidade inferior à observada na madeira sem proteção. Tanto a película do verniz quanto a madeira não apresentaram amolecimento durante o ensaio. Pelo contrário, verificou-se que o revestimento endureceu ainda mais após o aquecimento, formando uma camada superficial mais rígida e resistente, e até mais bonita.

Na figura 89 está a amostra 2 com 3 camadas de verniz, 4min e 23s no fogo., enquanto na imagem 90 está a amostra 1 com 3 camadas de verniz, 4min e 23s no fogo.

Figura 89 – Amostra 2 com 3 camadas



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 90 – Amostra 1 com 3 camadas



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

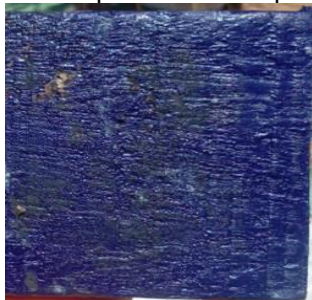
Nas amostras com revestimento de 3 camadas de verniz, observou-se a formação de pequenas bolhas superficiais após a exposição ao fogo. Nos vernizes transparentes, essas alterações ficaram mais visíveis, conferindo à superfície um aspecto semelhante ao de açúcar queimado, com textura irregular e brilho reduzido. Apesar dessa mudança visual, a película permaneceu aderida à madeira e não apresentou desprendimentos significativos, pelo contrário, endureceu ainda mais.

4.8.2 Verniz com revestimento Colorido

No dia 22 de fevereiro, todos os experimentos com verniz colorido também apresentaram leves bolhas superficiais, porém em menor intensidade. A camada pigmentada ajudou a mascarar parte das alterações visuais provocadas pelo calor, mantendo um acabamento mais uniforme, porém, as amostras não apresentaram propagação de chamas nem falhas graves na película protetora.

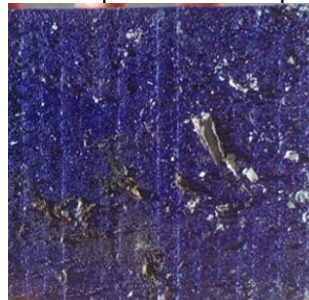
As figuras 91 e 92 abaixo são do experimento 12 com 3 camadas de verniz, 3min e 16s no fogo.

Figura 91 – Experimento 07 após o fogo



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Figura 92 – Experimento 07 após o fogo



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

Já nesta figura 93, está o experimento 06 com 3 camadas de verniz, 2min e 34s no fogo.

Figura 93 – Experimento 06 após ser submetido ao fogo



Fonte: Pinalli e Sampaio, 2026.

De maneira geral, os nove ensaios demonstraram que o verniz aplicado manteve a madeira protegida durante o período de exposição ao fogo, sem ocorrência de ignição e sem perda significativa de aderência, já que os resultados obtidos foram considerados bastante satisfatórios, especialmente ao se considerar que alguns vernizes convencionais normalmente possuem caráter inflamável e tendem a sofrer degradação mais intensa quando submetidos ao calor. Nestes testes de resistência nas 7 amostras de madeiras, foi também testado jogar diretamente álcool em cima do revestimento e tacamos fogo, e a camada apenas criou algumas bolhas, porém nada mais.

4.9 CÁLCULO DO RENDIMENTO DO VERNIZ DESENVOLVIDO

A determinação do rendimento do verniz normalmente pode ser realizada conforme os critérios estabelecidos pela NBR 16568 (ABNT, 2021), que considera

fatores como o teor de sólidos por volume e a espessura da película seca formada sobre a superfície revestida, esse procedimento permite obter o rendimento teórico do material em metros quadrados por litro, fornecendo uma estimativa padronizada de cobertura.

Entretanto, no presente estudo, não foi possível aplicar integralmente o método previsto pela norma, uma vez que o verniz desenvolvido experimentalmente não apresentou uma película seca com espessura mensurável, além de não possuímos um macrometro. Dessa forma, optou-se por utilizar um método prático de cálculo, baseado na quantidade de verniz consumida e na área efetivamente revestida, permitindo estimar o rendimento aproximado do produto.

Para determinar o rendimento aproximado do verniz desenvolvido, foi utilizado um método prático baseado na quantidade efetivamente consumida durante os ensaios e na área revestida da madeira.

Inicialmente, foi considerada uma peça retangular com dimensões de 1,074 m de comprimento e 0,097 m de largura, resultando em uma área útil de aproximadamente 0,104 m² em uma face.

Como foram aplicadas três demãos sobre essa mesma superfície, a área equivalente total de aplicação passou a ser de aproximadamente 0,312 m². Durante o ensaio, foram utilizados 78 g de verniz, valor obtido a partir da diferença entre a massa inicial de 100 g e a massa final restante de 22 g.

Com base nesses dados, é possível fazer uma regra de 3, e verificar que para saber que para passar 3 camadas de revestimento em 1m², foi possível estimar um consumo aproximado de 250 g/m², já que 78 gramas reveste uma parede de 0,312m². Dessa forma, cada demão individual apresentou um consumo médio de aproximadamente 83,3 g/m².

A partir desse rendimento, estimou-se que uma embalagem de 3,5 kg do verniz desenvolvido seria capaz de revestir aproximadamente 14 m² considerando a aplicação de três demãos, ou cerca de 42 m² considerando apenas uma única demão.

4.10 ORÇAMENTO E COMPARAÇÃO COM PRODUTOS COMERCIAIS

Além do rendimento, também foi analisado o custo por kg e o custo estimado por metro quadrado revestido. Esse procedimento permitiu avaliar se o verniz desenvolvido apresenta viabilidade econômica em relação aos produtos comerciais,

considerando tanto o volume necessário para aplicação quanto a área final coberta.

Após a obtenção do rendimento estimado do verniz desenvolvido, realizou-se uma comparação com produtos disponíveis no mercado e registrados no SINAPI. Para isso, foram utilizados os valores unitários apresentados na tabela, considerando vernizes de uso externo com embalagem de 3,5 kg.

A comparação teve como objetivo verificar se o rendimento obtido experimentalmente estaria compatível com os produtos comerciais, apresentados na tabela 3, já utilizados em obras e serviços de acabamento.

Tabela 3 – Tabela comparativa do Preço do Valor de Verniz de uma demão por m² no SINAPI

Tipo	código	Nome	Custo Unitário	Quantidade	Unidade	Custo Total
C	88310	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	37,22	0,2359	H	8,78
I	10481	VERNIZ MARITIMO PREMIUM PARA MADEIRA, COM FILTRO SOLAR, BRILHANTE, USO INTERNO E EXTERNO	36,55	0,0902	L	3,29
I	5318	DILUENTE AGUARRAS	25,18	0,0135	L	0,33

Fonte: SINAPI, 2025.

Considerando que foram gastos aproximadamente R\$ 45,00 para produzir 1kg de verniz, é possível estimar o custo médio de aplicação por demão com base na quantidade de produto consumida em cada camada. O custo correspondente para uma lata de 3,5kg de verniz custaria cerca de R\$157,50.

Dessa forma, verifica-se que o custo de uma única demão é relativamente baixo quando comparado ao valor total de produção do verniz, demonstrando que o produto apresenta boa viabilidade econômica para aplicação em superfícies de madeira.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o verniz experimental apresentou um consumo compatível com os valores normalmente encontrados em produtos comerciais de acabamento para madeira, podendo ser considerado tecnicamente viável do ponto de vista de rendimento e cobertura.

4.11 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao longo dos experimentos evidenciam diferenças significativas entre as formulações analisadas, permitindo uma discussão mais aprofundada acerca da viabilidade técnica do verniz desenvolvido. Inicialmente, as tentativas envolvendo o uso de PET mostraram-se limitadas pelas condições experimentais disponíveis, sobretudo pela necessidade de elevadas temperaturas para sua adequada fusão, o que inviabilizou sua aplicação prática. Esse comportamento é coerente com estudos que indicam que polímeros como o PET requerem condições controladas de processamento térmico para garantir homogeneidade e desempenho adequado, o que, em ambientes não industriais, torna sua utilização mais complexa, já que o ponto de fusão deste material é 250°C e 260°C (Hager, 2024).

Em contrapartida, as formulações à base de cola silicone apresentaram maior aplicabilidade, evidenciando que materiais de fácil acesso podem ser explorados como alternativas viáveis em soluções experimentais de baixo custo, sua mistura é inflamável, por conta do álcool em sua mistura, porém quando aplicado na madeira e esperado o tempo de cura, não apresenta nenhuma inflamabilidade.

No que se refere às propriedades do revestimento, observou-se que a relação entre os componentes da mistura exerce influência direta sobre o desempenho final do verniz, especialmente em termos de viscosidade, aderência e formação de película. A necessidade de controle dessas variáveis é amplamente discutida na literatura, como diz Cunha (2012), os solventes são os responsáveis pelo aspecto visual do líquido e sua viscosidade.

Além disso, a ocorrência de bolhas e o fenômeno de “blush” reforçam a influência das condições ambientais no processo de cura, corroborando a importância do controle de umidade e temperatura durante a aplicação, conforme também discutido por Selak (2013) em análises sobre defeitos em revestimentos.

Entre as contribuições da pesquisa, destaca-se o desenvolvimento de um verniz alternativo com bom desempenho em ambientes internos, apresentando características como boa aderência, formação de película protetora, resistência ao manuseio e comportamento satisfatório frente aos principais tipos de agentes atmosféricos que atuam sobre sua superfície, sendo eles: sol e chuva. Esse resultado é relevante, pois Moreshi (2013) aponta que a presença de umidade é um dos

principais fatores associados à degradação da madeira. Favorecendo o desenvolvimento de agentes bióticos, como bactérias, fungos, insetos xilófagos e perfuradores marinhos (Brito, 2014).

Dessa forma, considerando que o verniz reduziu a absorção de água, pode-se inferir que há potencial para atuação indireta na mitigação desses agentes; contudo, essa hipótese ainda requer validação por meio de ensaios específicos voltados à ação biológica. Adicionalmente, o comportamento do material frente ao fogo, com ausência de ignição e formação de camada endurecida, sugere um possível efeito de barreira térmica, aspecto que pode ser explorado em estudos futuros.

Por outro lado, as limitações identificadas indicam que o material ainda apresenta restrições quanto à sua aplicação em condições mais severas, como exposição contínua à radiação solar, chuva intensa e submersão prolongada. Os vernizes devem evitar a umidade na madeira, impacto dos raios UV e promover uma superfície que seja fácil de limpar (Leitão, 2015). Além disso, fatores como o aumento do tempo de secagem em ambientes úmidos, a formação de bolhas e a leve pegajosidade após a cura indicam a necessidade de aprimoramento da formulação. Assim, como implicação prática, destaca-se a importância do controle das condições de aplicação e da padronização dos componentes utilizados.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho evidenciou que o verniz desenvolvido apresentou desempenho satisfatório quanto à proteção de elementos de madeira, demonstrando potencial para aumentar a durabilidade do material frente à ação da umidade, da chuva e do fogo. Os resultados obtidos nos experimentos realizados em campo indicam que o revestimento atendeu aos objetivos propostos, oferecendo uma camada protetora eficiente e contribuindo para a preservação das propriedades físicas da madeira.

A análise dos ensaios atendeu plenamente ao objetivo geral da pesquisa de desenvolver e avaliar um verniz alternativo para proteção da madeira, bem como aos objetivos específicos de verificar sua resistência à chama, sua capacidade de impedir a absorção de umidade e seu comportamento frente à exposição à chuva. Dessa forma, foi possível compreender de maneira prática o desempenho do revestimento em diferentes situações de uso.

As questões norteadoras foram respondidas de forma integrada, uma vez que os resultados demonstraram que o verniz apresentou bom comportamento nos testes realizados. No ensaio de resistência à chama, observou-se que o material não entrou em combustão, evidenciando desempenho superior ao de muitos vernizes convencionais, que geralmente possuem caráter inflamável. Já no teste de umidade, verificou-se que o revestimento dificultou o contato direto da água com a superfície da madeira, reduzindo a absorção de umidade e, conseqüentemente, diminuindo a possibilidade de surgimento de patologias bióticas e abióticas.

Tal resultado mostra-se relevante, pois a presença de umidade é um dos principais fatores responsáveis pela deterioração da madeira, favorecendo tanto o desenvolvimento de fungos, cupins e brocas quanto o surgimento de defeitos físicos, como fissuras, empenamentos e perda de resistência. Além disso, durante os experimentos, foi possível constatar que o verniz apresentou boa resistência à precipitação, mantendo sua integridade mesmo após exposição à chuva.

Entretanto, as análises também demonstraram algumas limitações do material, especialmente em situações de contato contínuo com a água. Verificou-se que o verniz não apresentou desempenho adequado em condições de imersão prolongada ou submersão total, não podendo ser classificado como um verniz aquático. Dessa forma, sua utilização é mais indicada para superfícies de madeira em ambientes internos ou em áreas externas protegidas, onde exista possibilidade de secagem

natural após a ocorrência de chuva.

Outro aspecto importante identificado durante os experimentos refere-se à dosagem do corante Xadrez utilizado na formulação do verniz. Observou-se que quantidades excessivas desse componente podem comprometer a homogeneidade da mistura, provocando aglomeração de partículas e possíveis instabilidades no revestimento. Assim, o controle adequado das proporções entre os materiais utilizados torna-se indispensável para garantir a qualidade e a eficiência do produto final.

As soluções propostas ao longo da pesquisa mostram-se tecnicamente viáveis para a proteção de componentes de madeira, principalmente em aplicações sujeitas à exposição moderada à umidade e ao calor. Recomenda-se, portanto, a continuidade dos estudos sobre o verniz desenvolvido, recomenda-se a realização de ensaios complementares, incluindo teste de rendimento seguindo a NBR 16568 (ABNT, 2021), testes de durabilidade, resistência biológica, teste de composição orgânica volátil, visando consolidar o verniz como uma alternativa tecnicamente confiável e ambientalmente viável para a proteção da madeira.

REFERENCIAS

AGENCIATUPINIQUIM. Como escolher o verniz marítimo ideal para o seu projeto: o que realmente importa. *In*: agenciatupiniquim. **Montana Química Ltda.** [S.L], 2025. Disponível em: <<https://montana.com.br/qual-o-melhor-verniz-maritimo/#:~:text=O%20verniz%20marítimo%20tem%20maior,pode%20ser%20insuficiente%20nessas%20condições.>>. Acesso em: 11 de Mar. de 2026.

ALVARES, Ramon Arquëlles; MARTITEGUI, Francisco Arriaga. **Estructuras de Madera- Diseño y Calculo.** 1996.

ALVES, Taciana Marina Reis. **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE VERNIZ PARA MADEIRA A BASE DE DISPERSÃO AQUOSA DE POLIURETANO.** 2017. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7pbFt5OTAxWwrpUCHZMgAv0QFnoECCgQAQ&url=https%3A%2F%2Fsig.cefetmg.br%2Fsigaa%2FverArquivo%3FidArquivo%3D2006097%26key%3De6926f1be9966541f8cba7f9c2fed764&usg=AOvVaw3fQPvd9hC_ux4XdrU8jyPB&opi=89978449>. Acesso em: 03 jan. 2026.

ANDRADE, Alan Sulato de; KLOCK, Umberto. **QUÍMICA DA MADEIRA.** 4º Edição. 2013. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2026.

ARANTES, Valdeir; MILAGRES, Adriane M. F. **RELEVÂNCIA DE COMPOSTOS DE BAIXA MASSA MOLAR PRODUZIDOS POR FUNGOS E ENVOLVIDOS NA BIODEGRADAÇÃO DA MADEIRA.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, 1586-1595. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/244750912_Relevancia_de_compostos_de_baixa_massa_molar_produzidos_por_fungos_e_envolvidos_na_biodegradacao_da_madeira>. Acesso em: 20 dez. 2025.

ARMIJOS, Danny Ramón; COFREP, Darwin Alexander Pucha; FEIJOO, Cesar Emiliano. **GUÍA PARA CORTES ANATÓMICOS DE LA MADERA.** 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329999339_GUIA_PARA_CORTES_ANATOMICOS_DE_LA_MADERA>. Acesso em: 03 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 7190: projeto de estrutura de madeira - Parte 1: Critérios de Dimensionamento.** Rio de Janeiro. 1º Edição, 81 páginas. 2022. Acesso em: 07 mai. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 14653 – 1 Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais.** Rio de Janeiro, ABNT, 10 p. 2001. Acesso em: 06 jan. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de Edificações - Procedimentos.** Rio de Janeiro, ABNT, 6 p. 1999. Acesso em: 07 jan.

2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16568 – Determinação do rendimento teórico de vernizes para uso interior e exterior**. 2º Edição. 2016. Acesso em: 11 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA. **ABPM. Segmentos**. 2022. Disponível em: <<https://www.abpm.com.br/segmentos/>>. Acesso em: 06 fev. 2026.

BAHIA, Marina Santos. **Biodeterioração e a Durabilidade da madeira: Estudo de aspectos construtivos em campo Mourão - PR**. 2015. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6348/3/CM_COECI_2015_2_29.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2025.

BRASIL. MINISTERIO DA SAUDE E EMPREGO. **Norma Regulamentadora No. 20 (NR-20)**. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-20-nr-20>>. Acesso em: 11 mar. 2026.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Patologia em estruturas de madeira: Metodologia de inspeção de técnicas e reabilitação**. 2014. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia São Carlos, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-18122014-090958/publico/2014DO_LeandroDussarratBrito.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2025.

BORGES, Luísa M. S.; CRAGG, Simon M.; MERCKELBACH, Lucas M. **Biogeography of Wood-Boring Crustaceans (Isopoda: Limnoriidae) Established in European Coastal Waters**. 2014. PLoS ONE 9(10): e109593. doi:10.1371/journal.pone.0109593. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4196924/#:~:text=Introduction,of%20billions%20of%20Euros%20worldwide.>>. Acesso em: 14 abri. 2026.

CAMPOS, Janaina Anadia Ortiz de. **Métodos para a Avaliação da Durabilidade e da Reabilitação da Madeira de Estruturas em Serviço**. Universidade de São Paulo - Campus de São Carlos. 2002. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-11072017-151212/publico/Dissert_Campos_JanainaAO_corrige.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2026.

CASTRO, Vinicius Gomes de et al. **Deterioração e Preservação da madeira**. 2018. Disponível em: <<https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2019/09/deterioracao-e-preservacao-da-madeira-1309.pdf>>. Acessado em: 21 set. 2025.

CIMENTOS, Votorantim. **Veja como aplicar verniz na madeira**: Aprenda como aplicar verniz corretamente e proteja sua madeira contra sol, chuva e desgaste com um acabamento profissional. 2015. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/negocios/veja-como-aplicar-verniz-na-madeira/>>. Acesso em: 11 mar. 2026.

COMO tirar mancha de álcool 70% da madeira. In: **RAINYDAYS**. [S.L, 2025]. Disponível em: <<https://rainydays.com.br/como-tirar-mancha-de-alcool-70-da-madeira/>>. Acesso em: 03 mar. 2026.

CONDUTTA, Leonardo Fernandes; RODRIGUES, Luis Henrique de Lima; CARVALHO, Yara Araujo. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VERNIZES A BASE DE ÁGUA E SOLVENTE**. 2023. Disponível em: <<https://revistaft.com.br/estudo-comparativo-entre-os-vernizes-a-base-de-agua-e-solvente/>>. Acesso em: 03 jan. 2026.

COSTA, Luciano Junqueira et al. **CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E DESCRIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MECÂNICA DA MADEIRA DE *Mimosa schomburgkii***, Floresta [S. l.], v. 47, n. 4, p. 383–390. 2017. DOI: 10.5380/rf.v47i4.54471. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/54471>>. Acesso em: 03 fev. 2026.

CRUZ, Helena. **Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira. Associação portuguesa dos municípios com centro histórico**. pdfcoffee. 2001. Disponível em: <<https://pdfcoffee.com/patologia-avaliaao-e-conservacao-de-estruturas-de-madeira-helena-cruz-pdf-free.html>>. Acesso em: 07 mai. 2025.

CUNHA, Viviane. **Tintas, vernizes e solventes**. 2012. Disponível em: <<https://doceru.com/doc/88nscvn>>. Acesso em: 31 nov. 2025.

GOMES, Dieska Rayane da Silva; RABBANI, Emilia Rahnemay Kohlman; OLIVEIRA, Romilde Almeida de. **Propriedades Mecânicas das Madeiras utilizadas na construção: Uma Revisão Sistemática de Literatura**. Revista Brasileira De Geografia Física, 17(3), 1596–1619. 2024. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/259191>>. Acesso em: 03 fev. 2026.

REATGUI, Walberson da Silva. **Controle Eficaz de Cupins e Brocas em Madeira: Informações sobre o controle eficaz de pragas que inclui o uso de inseticidas, inspeções regulares e barreiras químicas, além de métodos preventivos para garantir a durabilidade da madeira**. 2024. Disponível em: <<https://www.respostatecnica.org.br/busca/control-e-eficaz-de-cupins-e-brocas-em-madeira/36508/tecnica>>. Acesso em: 20 jan. 2026.

DECORA, Equipe Viva. Verniz Para Madeira: Para Que Serve, Tipos + Como Aplicar. In: DECORA, Equipe Viva. **VIVA DECORA**. [S.L], 22 de Ago. de 2022. Disponível em: <<https://arquitetura.vivadecora.com.br/verniz-para-madeira/#>>. Acesso em: 15 abr. 2026.

FARIAS, J. A. **Reabilitação de Estruturas de Madeira**. 2004. Disponível em: <https://pages.up.pt/~up207591/Publicacoes1_75/Palestras/46.PDF>. Acesso em: 09 mai. 2025.

FERRARI, Flavia. COMO REMOVER MANCHAS DE MADEIRA. In: FERRARI, Flavia. **FLÁVIA FERRARI**. [S.L, 2021]. Disponível em: <<https://flaviaferrari.com.br/2021/07/como-remover-manchas-de-madeira.html>>.

Acesso em: 03 mar. 2026.

FRANKE, Bettina; QUENNEVILLE, Pierre. **Numerical Modeling of the Failure Behavior of Dowel Connections in Wood**. 2011. Journal of Engineering Mechanics, 137(3), 186-195. doi:10.1061/(asce)em.1943-7889.0000217. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276076744_Numerical_Modeling_of_the_Failure_Behavior_of_Dowel_Connections_in_Wood>. Acesso em: 14 abr. 2026.

GESUALDO, Francisco A. Romero. **Estruturas de Madeira**. Notas de Aula - Universidade Federal de Uberlândia- UFU. Uberlândia MG. 2003. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/314055231/Notas-de-Aula-Madeiras-0>>. Acesso em: 07 mai. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. 6 Edição, São Paulo, Editora Atlas S.A. 2008.

GONÇALVES, Fernando et al. **Avaliação dos efeitos da umidade e fungos em madeira maciça e compósitos de madeira-plástica**. In: Encontro Latino-americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (euroELECS), Volume 6. p. 1-9. 2025. DOI: 10.46421/euroelecs. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/7918>>. Acesso em: 16 mar. 2026.

GREEN, Amelia. **Como remover manchas do verniz de madeira tingida?**. 2025. Disponível em: <<https://pt.woodveneerfactory.com/blog/how-to-remove-stains-from-dyed-wood-veneer-425237.html>>. Acesso em: 11 mar. 2026.

HAGER, Katharina **Polyethyleneterephthalate (PET): An in-depth investigation**. LINSEIS. 2024. Disponível em: <<https://www.linseis.com/en/wiki/polyethyleneterephthalate-pet-an-in-depth-investigation/>>. Acesso em: 16 mar. 2026.

HELISSA, Laetiporus sp. : Cogumelo Frango da Floresta na Serra Gaúcha. In: HELISSA. **Retratos da Serra**. [S.L], 2026. Disponível em: <<https://retratosdaserra.com/laetiporus-sp-cogumelo-frango-da-floresta/>>. Acesso em: 14 abr. 2026.

HELISSA. Pycnoporus sanguineus : informações sobre o cogumelo Urupê. In: HELISSA. **Retratos da Serra**. [S.L], 2025. Disponível em: <<https://retratosdaserra.com/pycnoporus-sanguineus/>>. Acesso em: 03 mar. 2026.

HELLMEISTER, João Cesar. **I Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira: Características**. Volume 1. 1983. EESC/USP. Anais, São Carlos - SP.

HENZ, Gilmar P.; CARDOSO, Favio B. **Absorção de água e proliferação de fungos em madeira de Pinus usada como embalagem para hortaliças**. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/hb/a/XWfyzpxfhsP89Th4JdXZfQh/?format=html&lang=pt>>. Acesso em: 03 mar. 2026.

HOFFMANN, jefferson. Conheça a broca de madeira, espécie de besouro confundida

com cupim. *In*: HOFFMANN, jefferson. **DESINSERVICE**. [S.L], 2026. Disponível em: <<https://desinservice.com.br/blog/besouro-broca-de-madeira/>>. Acesso em: 03 Mar. 2026.

IBAPE/SP. **NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL**. 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibape-nacional.com.br/wp-content/uploads/2012/09/norma_de_inspecao_predial.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2025.

INO, Akemi; SHIMBO, Lucia. **COMO PROJETAR E CONSTRUIR COM MADEIRA**. São Paulo: Blucher. 2024. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/c839fab7-2901-46fb-abfe-72af8d0a3f26/PROD002278_3188363.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2026.

LEITÃO, Raquel Susana Roberto. **Avaliação da Eficácia de Produtos Inovadores de Proteção da Madeira para Exteriores**. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/entities/publication/f11e7254-e4c4-467f-ba6f-5ac2fda6f919>>. Acesso em: 20 fev. 2026.

LIMA, Flávia de Souza. **A madeira como agente integrador de estudos histórico-culturais, sociais e biológicos: um estudo de caso em um patrimônio histórico de Minas Gerais**. 2022. Disponível em: <https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/lib/exe/fetch.php?media=sei_19.16.2361.0068631_2022_29_-_239crma2022-4-189_2_.pdf&utm>. Acesso em: 17 jan. 2026.

LINS, Tarcila Rosa da Silva. **MÉTODOS DE PROTEÇÃO DA MADEIRA PARA CONTROLE DE BROCAS MARINHAS**. 2020. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/68717>>. Acesso em: 14 abr. 2026.

MADEIRAS, Leo. Tipos de verniz para madeira: quais são e como aplicar. *In*: MADEIRAS, Leo. **LEO MADEIRAS**. [S.L], 1 jul. 2022. Disponível em: <<https://blog.leomadeiras.com.br/tipos-de-verniz-para-madeira/>>. Acesso em: 15 abr. 2026.

MAGALHÃES, Washington Luiz Esteves. **CONTROLE DE MANCHADORES E APODRECEDORES DA MADEIRA DE PINUS**. 2005. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/296549/1/MAGALHAESW.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2026.

MAIDEL, Bruna. et al. **Patologias das edificações. Centro Tecnológico - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/45106617/UNIVERSIDADE_FEDERAL_DE_SANTA_CATARINA_CENTRO_TECNOLÓGICO_FACULDADE_DE_ARQUITETURA_E_URBANISMO_TECNOLOGIA_DA_EDIFICAÇÃO_PROFESSOR_ANDERSON_CLARO_PATOLOGIAS_DAS_EDIFICAÇÕES_ACADEMICAS_BRUNA_MAIDEL_FRANCIELLI_ALMEIDA>. Acesso em: 20 nov. 2025.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de**

metodologia científica. 5 Edição, São Paulo, Editora Atlas S.A. 2003.

MARTINS, Juliana Furtado Arrobas; FIORITI, Cesar Fabiano. **Avaliação de Manifestações patológicas identificadas nas estruturas em madeira do centro de eventos IBC (Instituto Brasileiro do Café).** REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 12, n. 3, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/39267>>. Acesso em: 25 dez. 2025.

MARTITEGUI, Francisco Arriaga et al. **Intervención en estructuras de madera.** AITIM, Madrid, Espanha. 2002. ISBN 84-87381-24-3.

MARQUES, Caroline J. S. **ATIVIDADE ANTIPARASITARIA E ANTIVIRAL DE Pycnopus sanguineus (L.: Fr.) Murr.** 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/112298/178777.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 jan. 2026.

MENDES, Alfredo de Souza; ALVES, Vinicius da Silva. **A DEGRADAÇÃO DA MADEIRA E SUA PRESERVAÇÃO.** Brasília, IBDF/DPq-LPF. 1988. Disponível em: <<https://www.gov.br/florestal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/Adegradaodamadeiraesuaconservacao.pdf>>. Acessado em: 03 fev. 2026.

MERLIN, Equipe Leroy. 7 tipos de verniz para proteger a madeira. *In*: MERLIN, Equipe Leroy. **LEROY MERLIN.** [S.L], 27 jul. 2021. Disponível em: <<https://blog.leroymerlin.com.br/tipos-de-verniz/>>. Acesso em: 15 abr. 2026.

MOLINA, Julio Cesar et al. **Análise Numérica do Comportamento de Elementos de Madeira em Situação de Incêndio.** 2012. Disponível em: <<https://www.floram.org/doi/10.4322/floram.2012.019>>. Acessado em: 03 fev. 2026.

MONTEIRO, Lucas. **Madeira - Teoria.** 2017. Disponível em: <<https://lucasmonteiro.site.wordpress.com/2017/08/07/arquivos-eng-civil-pucminas/>>. Acesso em: 14 abr. 2026.

MORAES, Rebeca Rocha de. **Patologias em estruturas de madeira.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras de Venda Nova, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/39019/1/REBECA_ROCHA.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2025.

MORESCHI, João Carlos. **PROPRIEDADES DA MADEIRA.** Departamento de Engenharia e Tecnologia Floresta I-UFPR. 4º Edição. 2012. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2026.

MORESCHI, João Carlos. **BIODEGRADAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA MADEIRA- Volume 1: Biodegradação da Madeira.** Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. Volume 1. 4º Edição. 2013. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjww8LA47STAxV8BbkGHVboAAgQFnoECCEQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.madeira.ufpr.br%2Fdisciplinasmoreschi%2FBIODETERIORACAO.pdf>>

&usg=AOvVaw03g3o0o7DhIFvI-0DkjHbF&opi=89978449>. Acesso em: 20 dez. 2025.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Banimentos de sacos plásticos podem reduzir gases tóxicos**. 2019. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/banimentos-de-sacos-plasticos-podem-reduzir-gases-toxicos>>. Acesso em: 14 fev. 2026.

PALA, Helena. **Constituição e mecanismos de degradação biológica de um material orgânico: a madeira**. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277235738_Constituicao_e_mecanismos_de_degradacao_biologica_de_um_material_organico_a_madeira>. Acesso em: 09 set. 2025.

PALMEIRA, Carlos. **A madeira e os seus agentes de degradação**. 2010. Disponível em: <https://www.cmlousada.pt/cmlousada/uploads/document/file/411/230_original.pdf#:~:text=Maioritaria%20as%20bactérias%20lesam%20madeiras%20húmidas%20ou,alimento%20adicional%20aos%20fungos%20que%20lhes%20sucodem.>. Acesso em: 19 jan. 2026.

PAULA, Thaís da Costa. **Resistência de espécies arbóreas tropicais à ação de Ganoderma philippii**. 2020. Disponível em: <<https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/13553>>. Acessado em: 03 fev. 2026.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira**. 6ª Edição, Editora LTC-Livros Técnicos e científicos. 2003.

PINTO, Fagner Ferreira. **Degradação de madeiras por fungos: aspectos biotecnológicos e de biorremediação**. 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/bf4e9f4d-d2a3-4092-a182-87a59717f6c1/content>>. Acesso em: 11 jan. 2026.

PONTES FARIAS, Suellem Marina de Araújo et al. **Degradação biológica e a durabilidade natural de espécies florestais da Amazônia em campo de apodrecimento no Acre**. 2023. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/40990>>. Acessado em: 03 fev. 2026.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTIFICO: Metodos e Tecnicas da Pesquisa e do Trabalho Academico**. 2ª Edição, Editora FEEVALE. 2013. *E-Book*. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=zUDsAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Prodanov+e+Freitas++Metodologia+do+trabalho+científico&ots=dd-7gbB8zP&sig=CgdiGvUgDAs4EOOr2OSHiJdOpNXI#v=onepage&q=Prodanov%20e%20Freitas%20-%20Metodologia%20do%20trabalho%20científico&f=false>>. Acesso em: 02 abr. 2025.

RAINYDAYS. **Como tirar mancha de álcool 70% da madeira**. 2025. Disponível em: <<https://rainydays.com.br/como-tirar-mancha-de-alcool-70-da-madeira>>. Acesso em: 31 mar. 2025.

REIGUEL, Miguel. **Avaliação do Estado de Conservação de Pontes rurais no Município de Nova Tebas-PR**. 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6357>>. Acesso em: 31 mar. 2025.

RIZZI, Sandro. Cupim do Mar: O Verme Marinho Que Transforma Madeira Submersa. *In*: RIZZI, Sandro. **Para Voce Fazer**. [S.L.], 29 Maio 2024. Disponível em: <<https://paravocefazer.com/perifericos/cupim-do-mar/>>. Acesso em: 05 fev. 2026.

RUDIO, Franz Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 34 Edição, Petrópolis, São Paulo, Editora Vozes Ltda. 2007.

SAMPAIO DA COSTA, Luís Filipe. **TIPIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS ESTRUTURAIS EM MADEIRA EM EDIFÍCIOS ANTIGOS**. 2009. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiFup6u8LSTAxVDL7kGHdm6ED8QFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio-aberto.up.pt%2Fbitstream%2F10216%2F58790%2F2%2FTexto%2520integral.pdf&u sg=AOvVaw2BcWzJE1ddPfp2LkpzqQ1h&opi=89978449>>. Acesso em: 20 dez. 2025.

SELAK. **Problemas ao pintar em períodos com muita umidade e calor: Chuva intensa e persistente, além da alta temperatura, complicam cura de revestimentos**. 2026. Disponível em: <<https://www.selak.com.br/post/pintar-com-muita-umidade-e-calor>>. Acesso em: 11 mar. 2026.

SERRARIA. *In*: **ZMZ Indústria de Esquadrias**. [S.L, 2016?]. Disponível em: <<https://www.zmzesquadrias.com.br/serraria/>>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SILVA, João Paulo Alves Gonçalves. **ESPECIFICAÇÕES DE TRATAMENTOS DE PRESERVAÇÃO PARA ELEMENTOS DE MADEIRA**. 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/60291>>. Acesso em: 14 Abri. 2026.

SINAPI. **PINTURA VERNIZ (INCOLOR) ALQUÍDICO EM MADEIRA, USO INTERNO E EXTERNO, 1 DEMÃO**. AF_01/2021 (102203). 2021. Disponível em: <<https://orcamentor.com/composicao/102203/>>. Acesso em: 11 mar. 2026.

VEJA 5 defeitos da madeira e saiba como evitá-los na hora da compra. *In*: **MARTMADEIRAS**. [S.L, 2025]. Disponível em: <<https://martmadeiras.com.br/veja-5-defeitos-da-madeira-e-saiba-como-evita-los-na-hora-da-compra/>>. Acesso em: 16 abr. 2026.

WET Rot Treatment Specialists. *In*: **Peter Cox**. [S.L, 202-?]. Disponível em: <<https://www.petercox.com/our-services/wet-rot/>>. Acesso em: 30 mar. 2026.

YAMANAKA, Hélio Tadashi et al.. **TINTAS E VERNIZES- GUIA TÉCNICO AMBIENTAL TINTAS E VERNIZES - SÉRIE P+L**. Governo do Estado de São Paulo. 2006. Disponível: <<https://doceru.com/doc/8x80ssv>>. Acesso em: 26 set. 2025.

Zíbarová, Lucie. *Coniophora puteana* (Popraška sklepní). In: **mykologie.net**. 23 dez. 2025. Disponível em: <<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/korticie/item/241:coniophora-puteana>>. Acesso em: 14 abr. 2026.

Zíbarová, Lucie. *Fibroporia vaillantii* (Pórnatka Vaillantova). In: **mykologie.net**. 23 dez. 2025. Disponível em: <<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/chorose/item/2353:antrodia-vaillantii>>. Acesso em: 14 abr. 2026.