



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Qualidade da superfície da madeira de *Simarouba amara* tratada com diferentes produtos de acabamento**

Milleny Eduarda da Silva Fernandes

Brasília – DF

2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Qualidade da superfície da madeira de *Simarouba amara* tratada com diferentes produtos de acabamento**

Aluna: Milleny Eduarda da Silva Fernandes

Matrícula: 180025520

Orientador: Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale

Coorientadora: Dra. Mírian de Almeida Costa

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília – DF

2023

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus primeiramente, por ter sempre iluminado meu caminho e me ajudar a superar esse obstáculo.

Aos meus pais Andréa da Silva Pereira Fernandes e Nilson Cardoso Fernandes, pelo amor, apoio e incentivo de sempre.

À minha irmã Cinthia Fernandes por todo carinho, incentivo e apoio nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos, Vanessa, Eduardo, Gabriel, Rebecca, Ana Beatriz, Joelma, Luiza, Maria, Ayana e Julia, pelo incentivo, amizade, ajuda a qualquer hora do dia e pelos momentos de desabafos e risadas, não sei como seria realizar a graduação sem o suporte de vocês.

À minha coorientadora, Dra. Mírian de Almeida Costa, pelos ensinamentos, paciência, orientação e compreensão durante essa jornada.

Ao meu orientador professor Dr. Ailton Teixeira do Vale, pelos seus ensinamentos ao longo do curso.

Ao professor Dr. Joaquim Gonzalez, pela disponibilização de todo o material e equipamentos necessários para a pesquisa.

**Muito obrigada a todos!**

## RESUMO

O marupá (*Simarouba amara*) é uma espécie alternativa a madeiras nativas utilizadas na indústria moveleira, neste sentido o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento da superfície da madeira desta espécie quando submetida a diferentes técnicas de acabamento, visando seu melhor aproveitamento no mercado moveleiro. Os tratamentos foram o lixamento, com lixas de grãos 280 e 320 e a aplicação de dois produtos de acabamento, seladora e verniz fosco. As propriedades analisadas foram a rugosidade da superfície obtida por meio de um rugosímetro, aderência e a resistência química do produto de acabamento. A superfície da madeira sofreu alterações estatisticamente significativas na rugosidade apenas quando submetida ao lixamento com lixa grão 280 e 320 e aplicação de duas demãos de verniz fosco; os demais tratamentos não causaram variações significativas. Observou-se que ambos os produtos apresentaram boa aderência à madeira, contudo, os tratamentos com verniz fosco apresentaram maior resistência química que aqueles com seladora, pois não resultaram em nenhuma mancha permanente. Além disso, constatou-se uma diminuição na rugosidade da superfície com o aumento progressivo da granulometria da lixa utilizada e com o aumento progressivo do uso de demãos dos produtos de acabamento, principalmente o verniz fosco, mostrando ser a opção de melhor qualidade para o acabamento da superfície da madeira de marupá.

**Palavras-chave:** marupá, rugosidade, aderência, resistência química.

## **ABSTRACT**

The marupá (*Simarouba amara*) is an alternative species to native woods used in the furniture industry, in this sense the objective of this study was to evaluate the behavior of the surface of the wood of this species when subjected to different finishing techniques, aiming at its better use in the furniture market. The treatments were sanding, with 280 and 320 grit sandpaper and the application of two finishing products, sealer and matte varnish. The analyzed properties were the roughness of the surface obtained by means of a rugosimeter, adherence and the chemical resistance of the finishing product. The surface of the wood underwent statistically significant changes in roughness only when subjected to sanding with 280 and 320 grit sandpaper and application of two coats of matte varnish; the other treatments did not cause significant variations. It was observed that both products had good adhesion to the wood, however, the matte varnish treatments showed greater chemical resistance than those with a sealer, as they did not result in any permanent stain. In addition, a decrease in surface roughness was observed with the progressive increase in the granulometry of the sandpaper used and with the progressive increase in the use of coats of finishing products, mainly matte varnish, proving to be the best quality option for finishing the marupá wood surface.

**Keywords:** marupá, roughness, adherence, chemical resistance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Faces da madeira de <i>Simarouba amara</i> .....	12
Figura 2 – Dimensões dos corpos de prova.....	19
Figura 3 – Produtos utilizados para o acabamento da madeira.....	20
Figura 4 – Rugosímetro SurfTest SJ-400 (Mitutoyo).....	21
Figura 5 – Etapas do ensaio de aderência.....	22
Figura 6 – Aplicação dos reagentes sobre as madeiras tratadas.....	23
Figura 7 – Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá <i>in natura</i> .....	27
Figura 8 – Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá tratada com seladora.....	28
Figura 9 – Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá tratada com verniz fosco.....	29
Figura 10 – Alteração da cor com a aplicação dos produtos de acabamento.....	30
Figura 11 – Corpos de prova após teste de aderência.....	31
Figura 12 – Corpos de prova após teste de resistência química.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos utilizados para avaliação do comportamento da madeira de <i>Simarouba amara</i> quando submetida ao acabamento.....	19
Tabela 2 – Composição química dos produtos de acabamento utilizados.....	20
Tabela 3 – Avaliação da aderência dos produtos de acabamento em função da área destacada conforme a norma NBR 11003.....	22
Tabela 4 – Etapas de limpeza do ensaio de resistência química conforme a norma NBR 14535.....	23
Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de marupá antes e após receber os lixamentos e a aplicação dos produtos de acabamento.....	24
Tabela 6 – Classificação das amostras pelo grau de aderência nos diferentes acabamentos.....	31
Tabela 7 – Grau de dificuldade de remoção das manchas por tratamento.....	33

## **LISTA DE SIGLAS**

Ra – Rugosidade média de todos os valores obtidos ao longo do comprimento de medição.

Rq – Rugosidade média quadrática dos valores obtidos na medição em relação à linha média dentro do percurso de medição.

Rz – Rugosidade média dos cinco maiores valores de picos e os cinco maiores de vales ao longo do comprimento de medição.

Gr – Grau de aderência.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVO.....	11
2.1. Objetivos específicos.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1. Espécie estudada – <i>Simarouba amara</i> .....	12
3.2. A madeira na indústria moveleira.....	13
3.3. Produtos de acabamento.....	14
3.4. Lixamento.....	15
3.5. Rugosidade.....	16
3.6. Avaliação da qualidade do acabamento.....	17
3.6.1. Aderência.....	17
3.6.2. Resistência química.....	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1. Preparo das amostras.....	18
4.2. Rugosidade.....	21
4.3. Aderência.....	21
4.4. Resistência química.....	22
4.5. Análise estatística.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1. Rugosidade.....	24
5.2. Qualidade do acabamento.....	30
5.2.1. Aderência.....	30
5.2.2. Resistência química.....	32
6. CONCLUSÃO.....	34
7. RECOMENDAÇÕES.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material que vem sendo cada vez mais utilizado mundialmente, pois ele é proveniente de uma fonte renovável, o que substitui os produtos oriundos de fontes de recursos não renováveis, principalmente os produtos derivados do petróleo, como é o caso dos combustíveis e plásticos (JÚNIOR & COLODETTE, 2013). Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), a madeira é utilizada para diversos fins industriais, como a produção de painéis de madeira, pisos laminados, celulose, papel, carvão vegetal e produção de energia.

No Brasil, o setor industrial de produção de madeira é altamente competitivo quando comparado aos demais países, pois possui plantações com rápido crescimento, fazendo com que apresente uma produtividade dez vezes maior que em países líderes do mercado mundial (HOEFLICH, 2006). Segundo Araujo et al. (2017), essa alta produtividade se deve ao fato de o Brasil investir em melhoramento genético e em alta tecnologia de técnicas florestais, que resulta numa seleção de espécies que apresentam maior potencial de produção de madeira e melhor controle de pragas, manejo e colheita.

A indústria moveleira se consolidou em 1940 no Brasil, porém ainda é relativamente recente e apresenta dificuldades, entre elas o crescimento nas restrições ambientais relativas ao uso de madeiras nativas para produção dos móveis, o que fez com que fosse introduzido madeiras alternativas provenientes de plantios florestais brasileiros, como é o caso do gênero *Pinus* (SOUZA et al., 2011), e madeiras alternativas de espécies nativas que são pouco utilizadas pois o conhecimento técnico-científico acerca do seu potencial de uso é escasso, como é o caso do marupá (SOUZA et al., 2020).

O valor estético da madeira é de extrema importância para sua aplicação mais nobre, o que gera a necessidade de proteger as superfícies contra a sujidade, as alterações devidas reações químicas dos seus elementos constituintes, em especial o efeito da radiação ultravioleta (UV), e contra a degradação biológica, visto que o valor decorativo da madeira é o que mais se altera e desgasta com o passar do tempo (SANTOS & DUARTE, 2013).

Santos e Duarte (2013) também explicam que a aplicação de acabamentos em madeiras, como o verniz e a seladora, é uma operação indispensável para conferir a madeira um bom aspecto final, proteger contra a umidade, a degradação biológica, a sujidade e a degradação por agentes atmosféricos. No entanto, Silva (2021) mostra a necessidade de investigar a eficácia

dos produtos de acabamento quando aplicados sobre a superfície da madeira, para verificar e comprovar suas vantagens em comparação a demais produtos por meios de teste de qualidade, para assim ser possível incentivar a utilização desses produtos.

O marupá possui uma madeira de coloração esbranquiçada e com baixa densidade, ou seja, uma madeira leve, podendo ser utilizada na indústria moveleira pois apresenta uma longa durabilidade natural e fácil trabalhabilidade e preservação (CARVALHO, 2008). É uma espécie madeireira utilizada para fabricação de partes interna de móveis não expostas à umidade ou de esquadrias internas, pois a madeira dessa espécie não resiste à ação da água, apodrecendo rapidamente (COSTA, 2018). Segundo Souza et al. (2017), essa madeira pode ser empregada na indústria de móveis, para produção de móveis leves, revestimentos internos, além de apresentar potencial de uso na indústria de painéis laminados.

## **2. OBJETIVO**

Avaliar o comportamento da superfície da madeira da espécie *Simarouba amara* quando submetida a diferentes técnicas de acabamento, visando conhecer a qualidade do acabamento para maximizar e aumentar a gama de utilização dessa madeira na indústria moveleira.

### **2.1. Objetivos específicos**

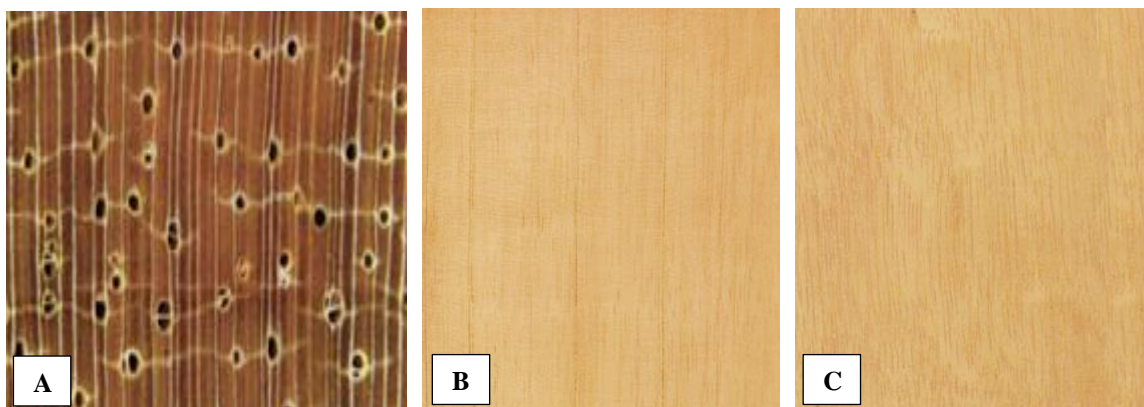
- Avaliar a aplicação de verniz fosco e seladora como produtos de acabamento sobre corpos de prova da madeira de *Simarouba amara*.
- Avaliar as mudanças da rugosidade apresentadas pela madeira antes e depois da aplicação dos produtos de acabamento.
- Avaliar as mudanças na rugosidade provocadas pela prática de lixamento com o uso de lixas de diferentes granulometrias.
- Avaliar a qualidade da aderência do produto sobre a superfície da madeira.
- Avaliar a resistência química do produto sobre a superfície da madeira.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Espécie estudada – *Simarouba amara*

O marupá (*Simarouba amara* Aubl.), segundo Loreiro (1979) citado por Azevedo et al. (2010), é uma espécie que ocorre nas Índias Ocidentais, na Amazônia e nos Estados da Bahia, Ceará e Pernambuco. A espécie é encontrada em matas de várzeas, onde tem maior frequência e atinge seu maior porte possível e, também, pode ser encontrada em capoeiras e savanas de solo arenoso. É uma espécie de madeira leve, possuindo densidade entre 0,45 e 0,55 g/cm<sup>3</sup>.

Segundo Carvalho (2008), a madeira apresenta cor branco-palha, apresentado na Figura 1, levemente amarelada ou ainda branca ligeiramente rosada e tem como características gerais uma grã direita a irregular, com textura média, superfície levemente áspera e não muito lustrosa, cheiro indistinto e gosto levemente amargo, o que a torna muito resistente ao ataque de insetos.



**Figura 1** – Faces da madeira de *Simarouba amara*. A – Face transversal com 10x de aumento. B – Face tangencial. C – Fase radial. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) - 2017.

A espécie, ainda segundo o autor Carvalho (2008), apresenta uma longa durabilidade natural e fácil trabalhabilidade e preservação. O marupá possui fácil tratamento com creosoto (óleo solúvel) e com solução de cobre, cromo e arsênico – CCA-A (hidrossolúvel). Além disso, é uma espécie macia ao corte e aceita bem o acabamento e o prego.

O marupá é uma espécie leve, com boa estabilidade dimensional e com isto baixa susceptibilidade a sofrer defeitos de secagem, tem uma trabalhabilidade excelente, tendo bons resultados no manuseio e em processos de usinagem, colagem e acabamento, fazendo com que a espécie seja uma ótima substituição para a madeira nobre de cedro, pois ambas se assemelham nas características físicas e mecânicas (SOUZA et al., 2020).

Ainda de acordo com o autor Souza et al. (2020), o marupá pode ser utilizado no mercado moveleiro para fabricar móveis de baixa capacidade de carga, móveis finos e aparelhos musicais, visto que a espécie apresenta um valor característico de resistência à compressão paralela às fibras igual a 27,29 MPa, o que a classifica como uma espécie de resistência C 20, menor classe de resistência entre as definidas pela NBR 7190 (ABNT, 1997).

A madeira dessa espécie também é utilizada na produção de energia e de celulose e papel, na construção civil, para produção de acabamentos internos como rodapés e tábuas para forros, e na confecção de caixotes, compensados, embalagens leves, brinquedos, instrumentos musicais, fabricação de palito de fósforo, saltos para sapatos, movelaria, entre outros (CARVALHO, 2008).

Essas características tornam o marupá apto a ser utilizado como alternativa no mercado moveleiro, para a obtenção de móveis de baixa capacidade de carga (SOUZA et al., 2020).

### **3.2. A madeira na indústria moveleira**

A madeira é um dos materiais mais ecléticos que acompanha o homem desde os primórdios em quase todas as raças e culturas. Sua grande versatilidade, sua disponibilidade em quase todas as partes do planeta e sua fácil obtenção, manejo e trabalhabilidade a tornam um dos materiais mais empregados pelo homem, sendo utilizada para a obtenção de diversos objetos como móveis, construções e estruturas (FRANCO & VENTURA, 2010).

Atualmente, há um vasto leque de produtos na indústria de processamento madeireiro, incluindo a madeira maciça e as chapas de madeira reconstituída como aglomerado, MDF, MDP, OSB e compensado, que contribuem para o aumento da utilização da madeira para fabricação de móveis. A indústria moveleira pode ser classificada em relação à matéria-prima mais utilizada na fabricação dos móveis, como a madeira e/ou metal, ou em relação ao tipo de móvel trabalhado, onde os móveis são classificados em retilíneos e torneados. Os móveis retilíneos têm como matérias-primas os aglomerados, painéis e compensados. Já os torneados contam com a madeira maciça e os painéis como matéria-prima. (BRAINER, 2018).

Ainda segundo o autor, a indústria moveleira encontra dificuldade na utilização de espécies nativas devido ao aumento das restrições ecológicas ao seu uso, fazendo com que

espécies provenientes de reflorestamento, como o pinus, sejam utilizadas em maior proporção. Porém, as espécies utilizadas no mercado moveleiro precisam ter propriedades adequadas para a obtenção de produtos com alto valor agregado advindos de madeira serrada e, para isso, as espécies tradicionais podem ser substituídas por espécies nativas que são pouco utilizadas devido à escassez de conhecimento técnico-científico acerca do seu potencial de uso, como observado com o marupá (SOUZA et al., 2020).

### **3.3. Produtos de acabamento**

A madeira e todo produto derivado dela necessita de tratamento adequado para protegê-los contra as adversidades ambientais e de uso. Os produtos de acabamento têm a função de proteger e preservar as superfícies dos produtos acabados e torná-los mais bonitos. Podem ser naturais ou sintéticos, sendo estes os mais utilizados pela indústria moveleira, como tintas, vernizes e selantes, em detrimento dos produtos naturais, como ceras e óleos (SOUZA et al., 2011). Segundo Raabe et al. (2016), apesar da ampla utilização de produtos de acabamento, há pouco conhecimento sobre o efeito da sua aplicação em relação à rugosidade da madeira.

Segundo REMADE (2006), os produtos naturais são aqueles extraídos de animais ou vegetais e têm como característica serem reversíveis, já que a cura se dá pela evaporação do solvente e para reverter o processo precisa apenas da presença de álcoois, cetonas ou outros solventes, tornando-o menos resistente. Ainda segundo REMADE (2006), os produtos sintéticos são bicomponentes compostos por resina e catalisador químico e têm como característica serem irreversíveis, onde a cura se dá por reações químicas entre os mesmos, não sendo possível a reversão do processo pelo uso de solventes, possuindo alta resistência física, mecânica e química; além disso, há a presença de diluentes e aditivos em sua composição que são volatilizados após a aplicação do produto, não participando da reação de cura.

Silva (2021) realizou o estudo da aplicação de cinco produtos de acabamento em três diferentes espécies, entre elas o marupá. No estudo, a autora mostrou que o tratamento com produtos convencionais, como verniz e seladora, proporciona um bom desempenho na proteção da madeira da espécie contra a variação de cor da madeira frente à fotodegradação; além disso, os produtos apresentaram uma boa aderência e boa ancoragem na madeira, mostrando a

eficiência da utilização de produtos de acabamento como uma alternativa para manter a madeira de marupá preservada.

Em um estudo realizado por Souza et al. (2011) onde aplicou-se diferentes produtos de acabamento em diferentes espécies, a madeira de *Eucalyptus camaldulensis* apresentou melhor aderência na aplicação dos vernizes à base de nitrocelulose e poliuretano, enquanto a madeira de *Eucalyptus urophylla* apresentou melhor aderência na aplicação do tingidor complementado com o verniz à base de poliuretano, mostrando que o produto que mais se adequa à superfície da madeira vai depender da espécie escolhida.

A adequação de cada espécie a um determinado produto de acabamento também foi mostrada por Silva et al. (2006), onde avaliou-se o efeito de proteção de dois produtos de acabamento de madeiras (verniz poliuretânico e “stain”) quando submetidos ao intemperismo artificial. O estudo mostrou que o verniz poliuretânico forneceu proteção ligeiramente maior para as madeiras de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e maçaranduba (*Manilkara huberi*); enquanto o “stain” foi mais eficiente para a tatajuba (*Bagassa guianensis*) e itaúba (*Mezilaurus itauba*). Já a madeira de tauari (*Couratari* sp.) teve proteção semelhante com ambos os produtos.

### **3.4. Lixamento**

O lixamento é a primeira técnica a ser aplicada para obter um bom acabamento da madeira. Seu objetivo é eliminar os danos causados durante seu manuseio, permitindo o nivelamento e o alisamento da sua superfície, tornando-a ideal para aplicar os produtos de acabamento, como seladores e vernizes (REMADE, 2008).

Tiburcio (2009) divide o processo de lixamento em duas classes. A primeira classe se refere ao lixamento da madeira após sua usinagem, para obter uma regularização da superfície e deixando-a relativamente lisa e plana. A segunda classe refere-se ao lixamento realizado para preparar a superfície da madeira para posterior aplicação de materiais de acabamento.

Segundo REMADE (2008), a técnica de lixamento consiste no uso de lixas graduais, onde a granulometria deve ser progressiva e não deve ultrapassar duas faixas granulométricas em relação à lixa anterior. Deve ser efetuado no sentido do veio da madeira, para que não

provoque ranhuras na sua superfície, e o uso de lixas graduais é indispensável, pois cada uma elimina os riscos causados na superfície pela anterior, que ficam evidentes ao aplicar os seladores ou vernizes, prejudicando assim a estética do móvel. Após a aplicação dos produtos de acabamento, há a necessidade de realizar novamente o lixamento visando obter uma superfície homogênea. Nesta etapa, também haverá o uso de lixas de granulometrias progressivas, porém serão utilizadas lixas com granulometrias mais finas.

### **3.5. Rugosidade**

A rugosidade consiste nas irregularidades presentes na superfície da madeira usinada. A qualidade da superfície é afetada tanto por fatores relacionados às propriedades da madeira quanto às condições de usinagem, onde a sua ação sobre as características deste material - como quantidade e diâmetro dos vasos, quantidade e distribuição dos traqueídes, densidade e teor de umidade - é a responsável por provocar as irregularidades, profundas ou não, tornando a superfície rugosa (MAGOSS, 2008).

Atualmente, há diversas técnicas de medição da rugosidade de superfícies, porém não são tão precisas na superfície da madeira, pois seus elementos anatômicos, como o arranjo dos vasos, prejudicam a leitura do equipamento e geram medições com distorções (SIQUEIRA et al., 2003). O rugosímetro é um exemplo de equipamento eletrônico utilizado para a medição da rugosidade da superfície da madeira. Gozeloto e Gonçalves (2009) explicam como a sua agulha de diamante registra as oscilações da superfície quando entra em contato com a mesma.

A rugosidade possui diversos parâmetros que representam a variação das superfícies através de expressões matemáticas, que levam em consideração os picos e vales e o deslocamento horizontal da agulha (SILVA et al., 2006). Ainda segundo os autores, os parâmetros de rugosidade são:  $R_a$ , que se baseia na medição da rugosidade de uma superfície por meio do recurso da linha;  $R_q$ , que é semelhante a  $R_a$ , porém utilizando outra fórmula;  $R_t$ , que é o parâmetro que mostra a distância entre o pico mais alto e o vale mais baixo em cada parte da medição;  $R_y$  que representa o maior valor de  $R_t$  entre todas as medições realizadas e;  $R_z$  que consiste na média de todos os valores de  $R_t$ .



### **3.6. Avaliação da qualidade do acabamento**

Segundo Braga (2011), a melhoria da qualidade dos produtos de acabamento da indústria moveleira é crescente com o passar dos anos, sendo analisada pelas variáveis: material, design, durabilidade, relação custo/benefício, aprovação dos clientes e adequação ao uso. Ainda segundo o autor, os produtos que apresentam melhor qualidade de acabamento têm uma aceitação maior no mercado, devido proporcionar uma melhor estética e maior durabilidade do produto.

Para conferir a qualidade da superfície acabada, determinadas características do acabamento devem ser analisadas conforme os métodos estabelecidos pelas normas NBR 14535 (2000) e NBR 11003 (2009), chamados de teste de aderência e teste de resistência química, respectivamente.

Silva (2021) realizou o teste de resistência química presente na norma NBR 14535 (2000), onde o grau de dificuldade de remoção das manchas foi obtido seguindo as etapas de limpeza previstas na norma. O teste foi aplicado sobre as madeiras de marupá, cedro e cumaru revestidas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona. O óleo de mamona foi o produto de acabamento que menos foi resistente, pois apresentou o maior número de manchas permanentes, apresentando manchas dos reagentes batom, caneta e pincel atômico para todas as espécies e manchas de vinho apenas na espécie de marupá. Já o verniz e a seladora não apresentaram manchas permanentes para nenhum dos reagentes utilizados.

Orem (2019) realizou o teste de aderência analisando a norma NBR 14535 (2000), onde o grau de aderência foi obtido pela porcentagem de estacamento da película do acabamento. A aderência foi testada na madeira de angelim pedra e garapa, com o tratamento apenas com óleo mineral, com mistura de 70-30% e com a mistura 50-50% de óleo mineral e cera de abelha respectivamente. As duas espécies apresentaram aderência de 100% em todos os tratamentos, equivalente a 0% de área destacada do acabamento.

#### **3.6.1. Aderência**

A norma NBR 14535 (ABNT, 2000) define aderência como “qualidade do filme de acabamento de unir-se ao substrato sobre o qual é aplicado”.

A madeira, por ser um material poroso, permite a penetração do produto de acabamento nos poros da sua superfície enquanto líquido, o que vai formar pontes de ancoragem quando o produto endurecer. Quanto maior a penetração nas microestruturas da madeira, maior será a área de contato entre o aderente e o substrato, que vai resultar em uma maior intensidade das forças de ligação (SOUSA, 2008).

Um estudo feito por Maia et al. (2018) a respeito do tratamento da madeira de maçaranduba (*Manilkara* sp.) com diferentes produtos de acabamento mostrou que todos eles tiveram aderência satisfatória, apresentando baixos valores de película destacada.

### **3.6.2. Resistência química**

A resistência química do produto de acabamento consiste nas alterações da superfície do acabamento, tais como descoloração, mudança de cor ou brilho, formação de bolhas, amolecimento ou outra, devido ao efeito de produtos domésticos em geral sobre os acabamentos, conforme especificado na norma NBR 14535 (ABNT, 2000).

O ensaio de resistência química é importante para a indústria moveleira pois serve para conhecer a eficácia dos produtos de acabamento na proteção da superfície da madeira nas situações do cotidiano, pois madeiras utilizadas para fabricação de móveis necessitam da presença de um produto que não favoreça a ocorrência de manchas, para que o móvel tenha uma longa duração (SILVA, 2021). No estudo da mencionada autora, foi testada a resistência química de três espécies, entre elas o marupá que apresentou um melhor desempenho em remover as manchas quando utilizados o verniz e a seladora, enquanto os demais produtos, verniz natural, laca natural e óleo de mamona, apresentaram amostras com manchas permanentes.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Preparo das amostras**

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília (UnB). Os corpos de prova de marupá (*Simarouba amara*) foram obtidos de pranchas adquiridas no mercado madeireiro de Brasília – DF, e previamente identificados pelo Laboratório de Produtos Florestais (LPF/SFB).

A partir de lâminas da madeira foram confeccionados 69 corpos de prova, com dimensões de 8 cm x 3 cm x 0,5 cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente), presentes na Figura 2, para a realização de 8 tratamentos (Tabela 1), com 5 amostras designadas para serem testemunhas, 16 amostras para o lixamento com lixa grão 280 e 8 amostras para cada um dos demais tratamentos.



**Figura 2** – Dimensões dos corpos de prova.

**Tabela 1.** Tratamentos aplicados na superfície da madeira de *Simarouba amara*.

Tratamentos	Número de amostras	Definição
1	05	Testemunha (sem lixa e produto)
2	16	Lixa grão 280
3	08	Lixa grão 280 <sup>1</sup> + seladora
4	08	Lixa grão 280 <sup>2</sup> + verniz fosco
5	08	Lixa grão 280 <sup>1</sup> + seladora + lixa grão 320
6	08	Lixa grão 280 <sup>2</sup> + verniz fosco + lixa grão 320
7	08	Lixa grão 280 <sup>1</sup> + seladora + lixa grão 320 + seladora
8	08	Lixa grão 280 <sup>2</sup> + verniz fosco + lixa grão 320 + verniz fosco

Os tratamentos 3 e 4 foram realizados com o uso das amostras destinadas ao tratamento 2, após seu tratamento ter sido finalizado, assim como os tratamentos 7 e 8 foram realizados utilizando as amostras dos tratamentos 5 e 6, respectivamente, o que resultou no uso de apenas 37 corpos de prova, mesmo o trabalho apresentando o uso de 69 amostras para os oito tratamentos.

O lixamento foi realizado com as lixas de granulometria 280 e 320, pois elas são mais utilizadas na indústria moveleira para a aplicação de produtos de acabamento, pois elas possuem uma abrasão extrafina, sendo utilizadas apenas para promover a preparação da superfície para

aplicação dos produtos de acabamento e remover partículas de poeira e bolhas de ar retidas na superfície entre as camadas de acabamento.

Em todos os tratamentos o lixamento foi realizado manualmente; nos tratamentos 5 e 6, iniciou-se com a lixa grão 280 e, posteriormente à aplicação da primeira demão de produto, utilizou-se lixa grão 320, uma das numerações mais utilizadas na indústria para obter uma superfície da madeira extremamente lisa; nos tratamentos 7 e 8 realizou-se o mesmo procedimento dos tratamentos 5 e 6, com o acréscimo de uma nova demão de produto, após a utilização da lixa grão 320. Nos tratamentos onde ocorreu lixamento, este processo foi feito passando a lixa por 5 vezes na madeira, em movimentos de ida e volta, para que não ocorresse o desgaste da madeira e a remoção total do produto.

A Figura 3 apresenta os produtos de acabamento aplicados na face tangencial dos corpos de prova, a seladora da marca Sayerlack e o verniz fosco da marca Sparlack; seus componentes são descritos na Tabela 2. A aplicação foi feita de acordo com o especificado pelos fabricantes, com o auxílio de um pincel de cerdas sintéticas.



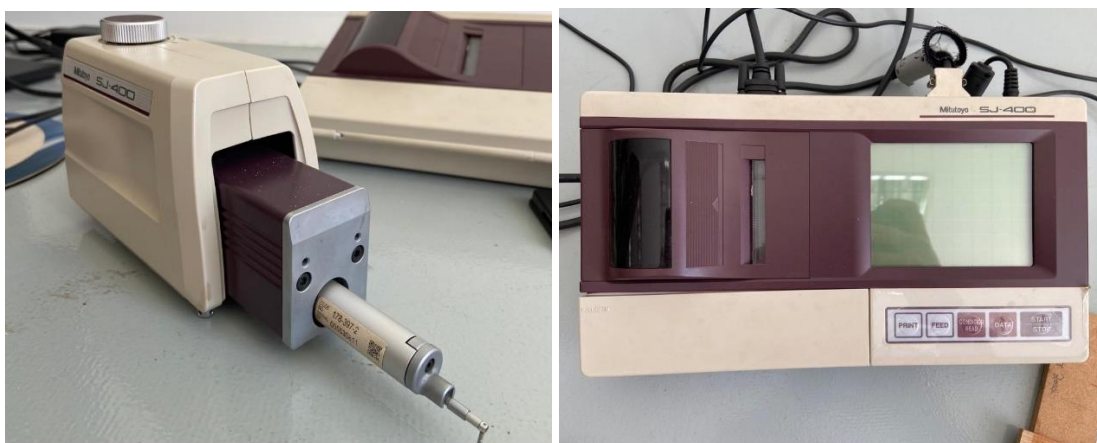
**Figura 3** – Produtos utilizados para o acabamento da madeira. A – Seladora. B – Verniz fosco.

**Tabela 2.** Composição química dos produtos de acabamento utilizados.

<b>Produto</b>	<b>Composição química</b>
Seladora concentrada (Sayerlack)	Tolueno, Etilbenzeno, Xileno, Acetato de etila, Álcool etílico, Nitrocelulose, Acetonido de glicerol, Estearato de zinco e Acetato de butila.
Verniz fosco (Sparlack)	Resinas alquídicas modificadas com poliuretano, solventes do tipo hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, agente fosqueante e aditivos.

## 4.2. Rugosidade

O ensaio foi realizado com a utilização do equipamento rugosímetro SurfTest SJ-400 (Mitutoyo), apresentado na Figura 4, calibrado com cut-off de 0,8 mm e percurso de avaliação de 8mm de acordo com a norma JIS B 0601 (JIS, 2001). Para a realização do teste foram feitas 3 leituras equidistantes em cada corpo de prova, sempre no sentido transversal às fibras. Foi utilizado um gabarito para que fosse possível realizar a leitura de todos os corpos-de-prova no mesmo lugar, para obter uma maior precisão. A rugosidade foi analisada antes e após a aplicação dos produtos de acabamento e, também, antes e após cada processo de lixamento.



**Figura 4** – Rugosímetro SurfTest SJ-400 (Mitutoyo).

A rugosidade foi avaliada por meio de três parâmetros, Ra, Rz e Rq. A rugosidade média (Ra) é calculada através da média de todos os valores obtidos ao longo do comprimento de medição. A rugosidade média quadrática (Rq) é a raiz quadrada da média dos quadrados dos valores obtidos na medição em relação à linha média dentro do percurso de medição. A rugosidade média (Rz) corresponde à média dos cinco maiores valores de picos e os cinco maiores de vales, ao longo do comprimento de medição.

## 4.3. Aderência

O ensaio de aderência foi feito pelo método B, corte em grade, de acordo com a norma NBR 11003 (ABNT, 2009). Foram feitos seis cortes com o estilete, com 10 mm de comprimento e distância de 2 mm entre eles; outros seis cortes foram feitos cruzando em ângulo reto, formando uma grade (Figura 5). Foram feitas duas grades em cada uma das quatro amostras testadas de cada tratamento. Posteriormente, foi colada uma fita adesiva transparente sobre cada grade, e então removida após um intervalo de 2 minutos. Com a ajuda de uma lupa

com aumento de sete vezes conforme estipulado na norma, observou-se o percentual de aderência do produto de acabamento na superfície da amostra (Tabela 3).



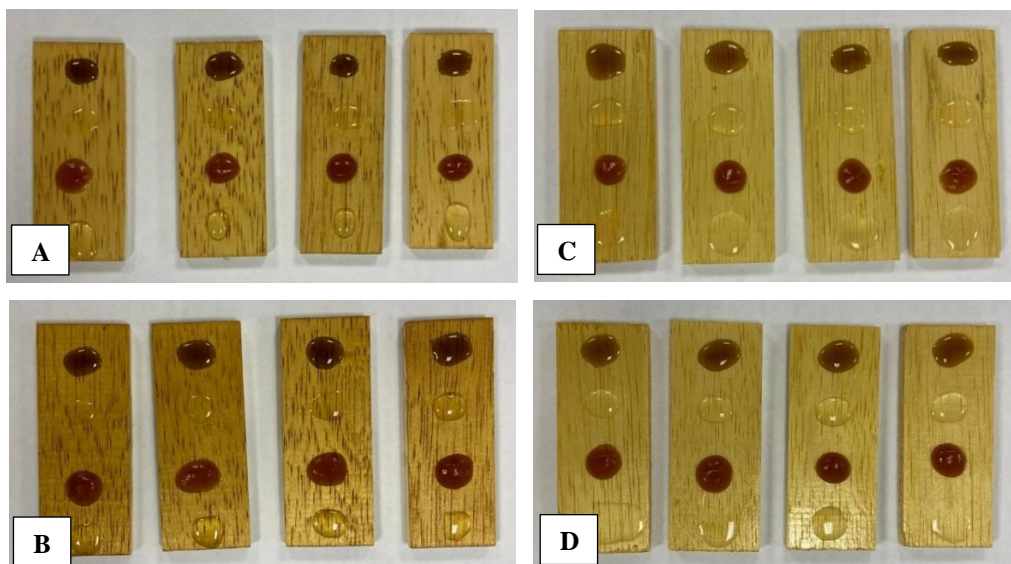
**Figura 5** – Etapas do ensaio de aderência. A – Cortes em grade. B – Colagem da fita adesiva. C – Análise do destacamento com o auxílio de lupa.

**Tabela 3.** Avaliação da aderência dos produtos de acabamento em função da área destacada conforme a norma NBR 11003 (ABNT, 2009)

<b>Grau</b>	<b>Descrição</b>
Gr0	0% de área destacada da película do acabamento, equivalente à 100% de aderência
Gr1	5% de área destacada da película do acabamento, equivalente à 95% de aderência
Gr2	15% de área destacada da película do acabamento, equivalente à 85% de aderência
Gr3	35% de área destacada da película do acabamento, equivalente à 65% de aderência
Gr4	65% de área destacada da película do acabamento, equivalente à 35% de aderência

#### **4.4. Resistência química**

O ensaio foi feito com a aplicação de 0,5 mL de cada um dos quatro reagentes escolhidos entre os listados na norma NBR 14535 (ABNT, 2000) - café, vinagre, ketchup e óleo vegetal de soja - sobre a superfície das amostras conforme a Figura 6 e removidos após 16 horas. O intuito do teste é determinar o efeito de produtos domésticos em geral em acabamentos orgânicos transparentes e pigmentados, causando qualquer alteração da superfície, tais como descoloração, mudança de brilho, formação de bolhas, amolecimento, estufamento, perda de adesão ou outra.



**Figura 6** – Aplicação dos reagentes sobre as madeiras tratadas. A – Madeiras com uma demão de seladora. B – Madeiras com duas demãos de seladora. C – Madeiras com 1 demão de verniz fosco. D – Madeiras com 2 demãos de verniz fosco.

Após a remoção dos reagentes das amostras, foram realizadas as etapas de limpeza presentes na Tabela 4, tendo entre cada etapa a pausa de 1 hora para melhor análise da limpeza. Cada tratamento teve um determinado número de etapas para cada reagente, e serão detalhadas na discussão dos resultados.

**Tabela 4.** Etapas de limpeza do ensaio de resistência química conforme a norma NBR 14535 (ABNT, 2000).

Grau de dificuldade de remoção	Etapas de limpeza
1	Limpar com pano umedecido em água, e após utilizar pano seco.
2	Limpar com pano umedecido em solução de água e sabão neutro, e após utilizar pano úmido e depois pano seco.
3	Limpar com pano umedecido em solução de 1:1 de água e álcool hidratado, e após utilizar pano úmido e depois pano seco.
4	Limpar com pano umedecido em álcool hidratado, e após utilizar pano úmido e depois pano seco.
5	Limpar com pano umedecido em detergente neutro, e após utilizar pano úmido e depois pano seco.
6	Limpar com pano umedecido em solvente aguarrás, e após utilizar pano úmido e depois pano seco.
7	Limpar com pano umedecido em alvejante, e após utilizar pano úmido e depois pano seco.

#### 4.5. Análise estatística

Os dados acerca da rugosidade foram obtidos diretamente pelo software de aquisição de dados do equipamento e posteriormente disposto em planilha eletrônica do software EXCEL. Com auxílio do software IBM SPSS Statistics v.20, foi realizada uma ANOVA de uma via, objetivando avaliar o efeito principal de cada tratamento sobre os diferentes parâmetros de rugosidade (Ra, Rz e Rq). O teste de médias de Tukey a 5% de significância foi empregado em todas as médias que diferiram estatisticamente entre si.

Os dados apresentados dos parâmetros aderência e resistência química do acabamento foram analisados apenas qualitativamente, sendo suficiente apenas a análise visual.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Rugosidade

A Tabela 5 apresenta os valores médios dos parâmetros de rugosidade da superfície da madeira de marupá antes de receber os lixamentos e os produtos (testemunha) e após os tratamentos propostos.

**Tabela 5.** Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de marupá antes (testemunha) e após os tratamentos.

Tratamentos	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )		
	Ra	Rz	Rq
1- Testemunha (sem lixa e produto)	5,64 a	35,00 a	7,53 a
2- Lixa grão 280	5,60 a	34,55 a	7,47 a
3- Lixa grão 280 + seladora	5,84 a	35,52 a	7,76 a
4- Lixa grão 280 + verniz fosco	5,49 a	33,97 a	7,41 a
5- Lixa grão 280 + seladora + lixa grão 320	5,78 a	35,30 a	7,74 a
6- Lixa grão 280 + verniz fosco + lixa grão 320	5,23 a	30,93 a	6,90 a
7- Lixa grão 280 + seladora + lixa grão 320 + seladora	5,39 a	32,26 a	7,17 a
8- Lixa grão 280 + verniz fosco + lixa grão 320 + verniz fosco	2,75 b	16,16 b	3,71 b

Letras iguais na mesma coluna indicam que as médias não diferem estatisticamente a 5% de significância.



Ao comparar todos os tratamentos esperava-se que a testemunha apresentasse os maiores valores médios de rugosidade, porém foi o tratamento com a seladora após a superfície ser anteriormente lixada com lixa grão 280 (Tratamento 3) que obteve o maior valor. Essa divergência provavelmente ocorreu, devido a presença de pequenas partículas, geradas com o passar do tempo devido a validade do produto, que aderiram à superfície e possivelmente proporcionou uma maior aspereza a superfície, ocasionando o aumento da rugosidade em relação ao tratamento anterior (Tratamento 2). Porém, apenas as partículas não explicam o aumento da rugosidade, visto que no tratamento posterior onde ocorre a aplicação de mais uma demão do produto, a rugosidade diminuiu (Tratamento 7). Logo, o aumento da rugosidade ocorreu, provavelmente, pela junção entre dois fatores, a presença de partículas e a não retirada total dos resíduos gerados pelo lixamento sobre a superfície.

No geral, foi mostrado que tanto o lixamento quanto a aplicação de produtos de acabamento proporcionam leve redução da rugosidade nas madeiras. Essa afirmativa é confirmada por Raabe et al. (2016), onde, de maneira geral, as amostras submetidas ao processo de lixamento e posterior aplicação de seladora apresentaram menores valores de rugosidade que as amostras testemunhas.

A ANOVA indicou que o tratamento 8, com uso de lixa grão 280 e 320 juntamente com aplicação de duas demãos de verniz fosco, foi o único que reduziu significativamente todos os parâmetros de rugosidade analisados ( $R_a$ ,  $R_z$  e  $R_q$ ); os valores médios de rugosidade dos demais tratamentos são estatisticamente iguais aos das testemunhas, portanto não foram efetivos para reduzi-la.

A rugosidade  $R_q$  mede a média tanto da altura dos picos e dos vales quanto da amplitude de cada um deles, o que a faz sempre apresentar um valor maior que a rugosidade  $R_a$ , que leva em consideração apenas as alturas dos picos e dos vales para cálculo da média. A rugosidade  $R_z$  analisa a variação máxima da altura, logo, caso haja uma irregularidade atípica que não seria mostrada na rugosidade  $R_a$ , será mostrada com esse parâmetro.

Os valores dos parâmetros  $R_z$  e  $R_q$  se comportaram de forma semelhante ao  $R_a$  em relação aos tratamentos, onde os maiores valores foi obtido no Tratamento 3 e os menores, no Tratamento 8, mostrando que os tratamentos que apresentaram maior rugosidade média

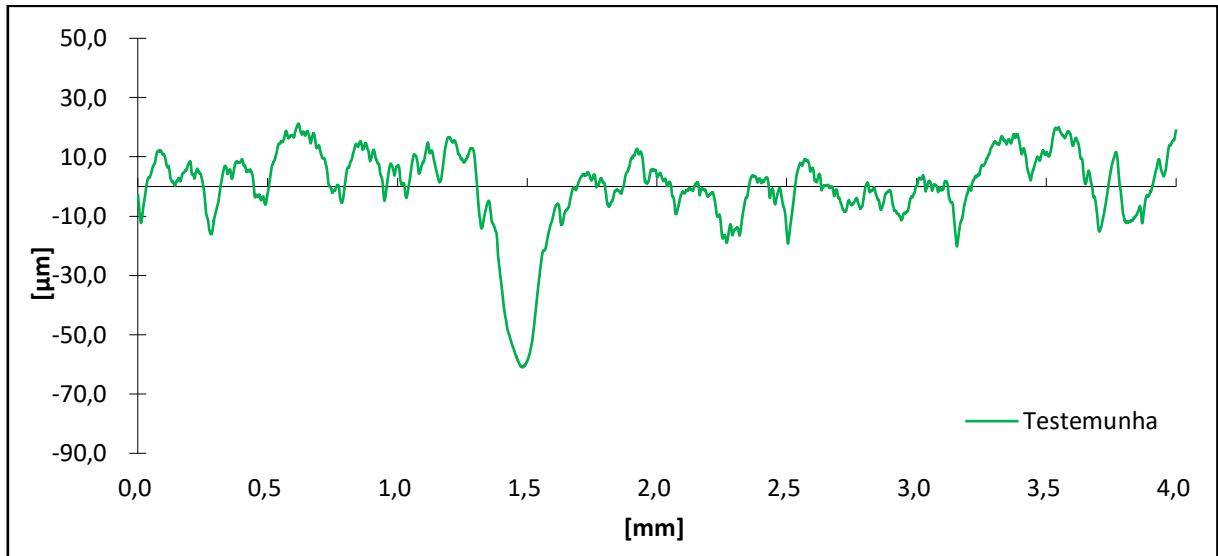
apresentaram maiores alturas e amplitudes de picos e vales. Logo, o Tratamento 3 apresentou maior amplitude assim como altura para os picos e vales presentes na superfície da madeira, assim como a aplicação de duas demãos de verniz fosco e uso de lixa grão 280 e 320 reduziram a amplitude e altura máxima dos picos e vales.

Posto isso, o verniz mostrou-se mais eficiente, quando aplicado com mais de uma demão (Trat. 8), para reduzir a rugosidade, pois ele apresentou uma redução de  $3\mu\text{m}$  quando comparado a aplicação de apenas uma demão do produto (Trat. 6). Já a seladora não se mostrou igualmente eficiente, pois além de apresentar redução não significativa da rugosidade, houve um aumento nos parâmetros medidos em relação à testemunha (tratamentos 3 e 5).

Observou-se que, após a secagem, a seladora não formou uma película sobre a madeira como ocorreu na aplicação do verniz fosco; enquanto a seladora foi bastante absorvida e levou menos tempo de secagem, o verniz foi pouco absorvido e necessitou de maior tempo de secagem, o que deixou a madeira com aspecto oleoso por mais tempo e resultou na formação de uma película sobre a superfície. Isso explica a diferença de rugosidade entre os pares de tratamentos 3 e 4, 5 e 6 e 7 e 8, onde a variável foi apenas o produto de acabamento – seladora ou verniz fosco. O segundo produziu os menores valores.

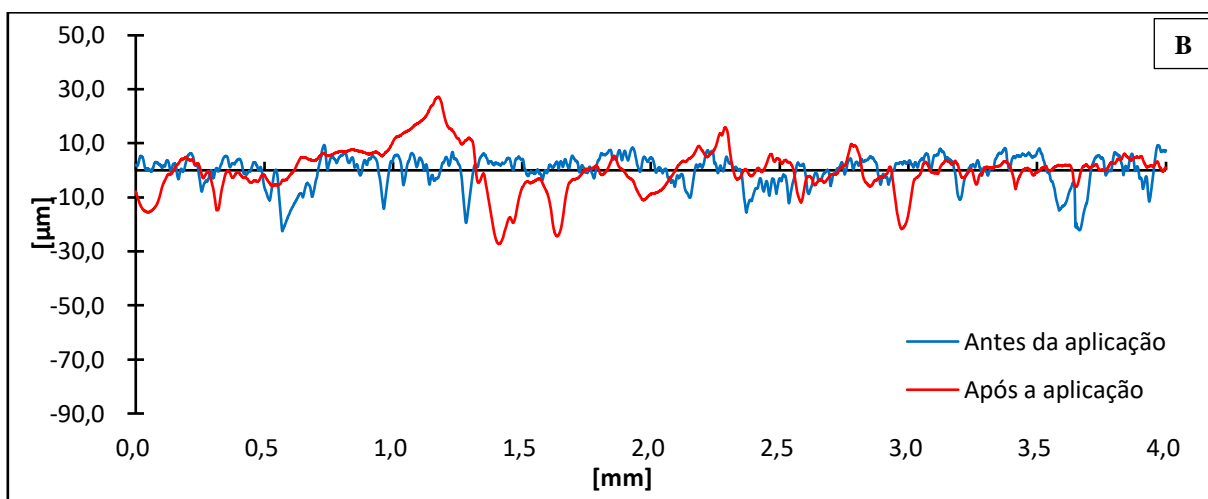
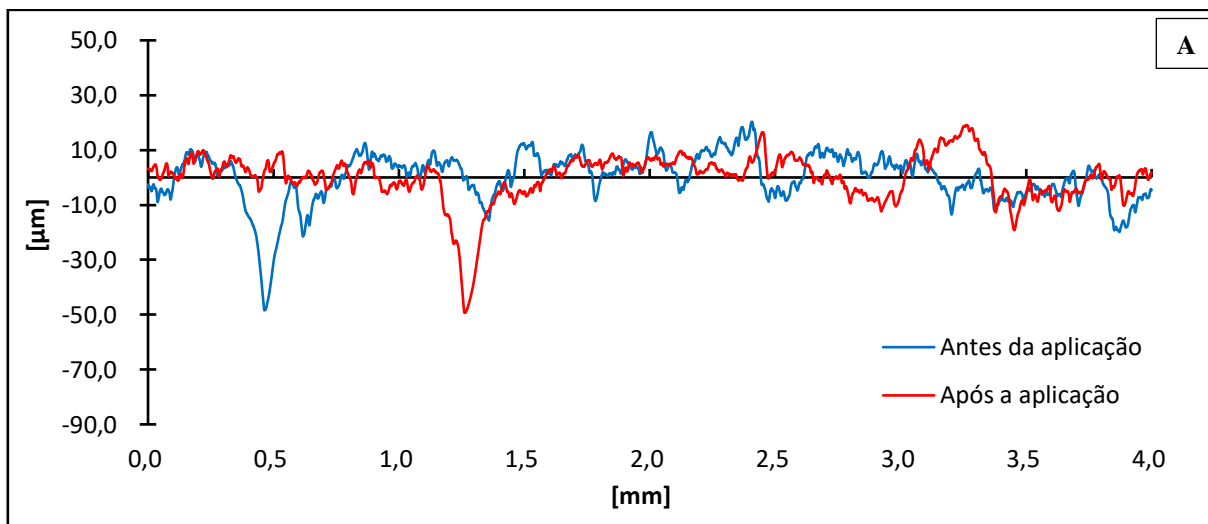
O uso das lixas 280 e 320 não contribuiu significativamente com a redução da rugosidade, possivelmente por serem pouco ásperas, com granulometrias próximas e a superfície já estar uniforme. Fonte (2016) utilizou oito lixas que aumentavam a granulometria gradativamente para o estudo da rugosidade da superfície da madeira. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre as granulometrias 220 e 280, as mais finas, mostrando que a superfície já se encontrava lisa com o uso da lixa de grão 280, concluindo que não havia a necessidade de utilizar granulometrias superiores a esta, o que se assemelha ao obtido no presente estudo.

A Figura 7 mostra o perfil da rugosidade ( $R_a$ ) da superfície da madeira de marupá natural, sem ter passado por nenhum tratamento com produtos de acabamento e lixamento. O perfil apresentou valores de depressões com vales de até  $-60\mu\text{m}$  de profundidade e picos de até  $21\mu\text{m}$  de altura, com rugosidade média de  $5,64\mu\text{m}$ , o que difere do estudo de Teles et al. (2016), que apresentou uma rugosidade média de  $4,8\mu\text{m}$  para a madeira de marupá sem nenhum tratamento.



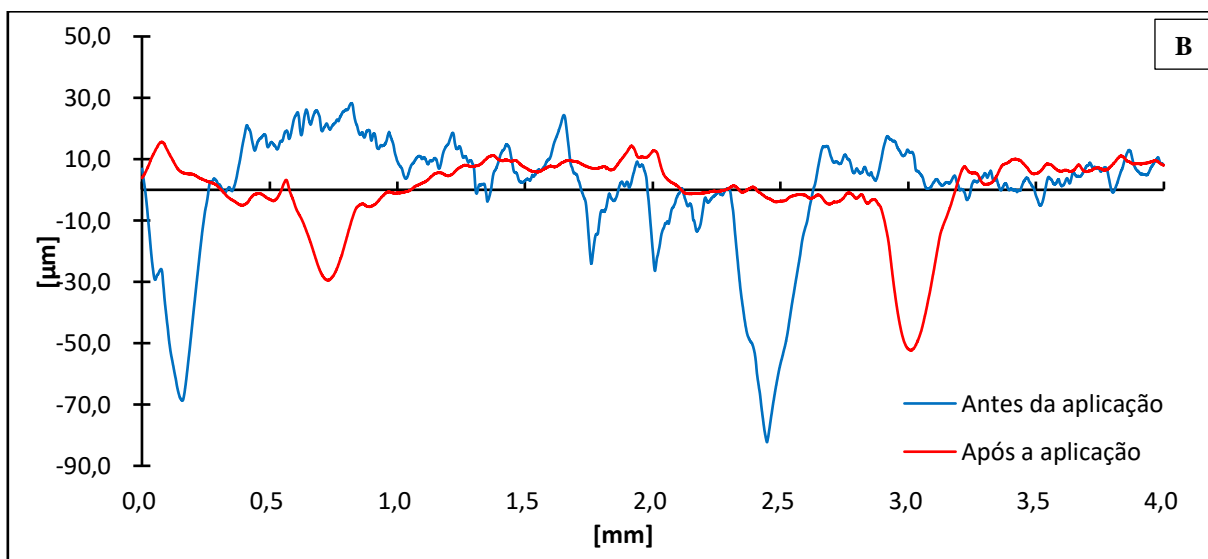
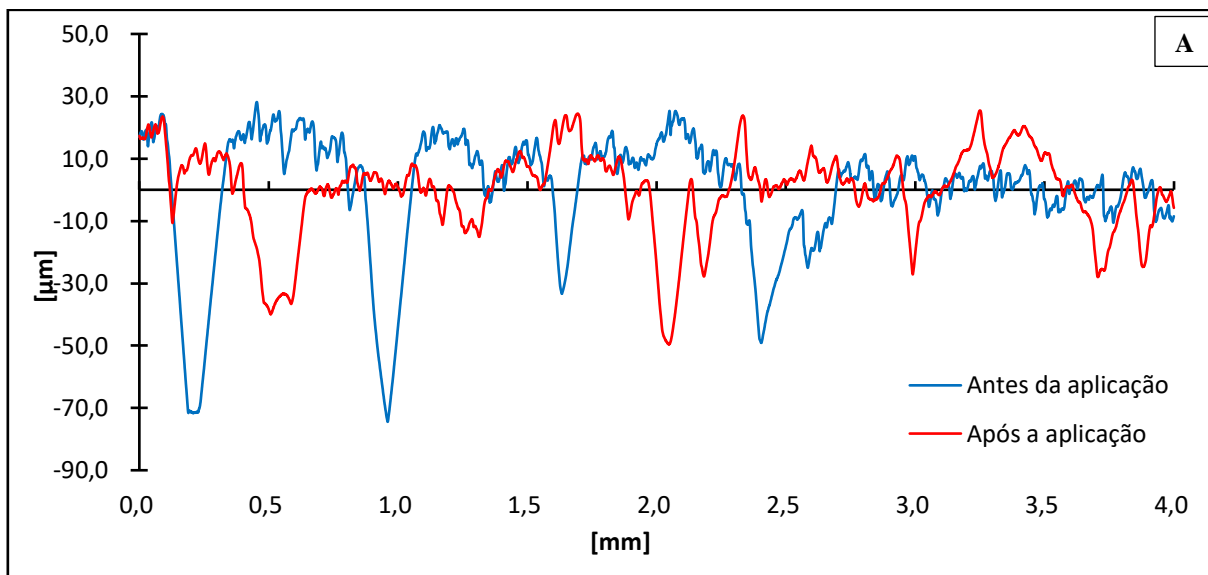
**Figura 7** – Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá *in natura*.

A Figura 8 apresenta os perfis de rugosidade da superfície da madeira de marupá com o uso da lixa de grão 280, antes e após a aplicação da seladora como produto de acabamento (A), e o uso da lixa de grão 320 após a primeira demão de produto, também mostrando a rugosidade antes e após a aplicação da segunda demão do produto (B).



**Figura 8** – Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá tratada com seladora. A – Perfil das madeiras tratadas com lixa grão 280. B – Perfil das madeiras tratadas com lixa grão 280 e 320.

A Figura 9 apresenta os perfis de rugosidade da superfície da madeira de marupá com o uso da lixa de grão 280, antes e após a aplicação do verniz fosco como produto de acabamento (A), e o uso da lixa de grão 320 após a primeira demão de produto, também mostrando a rugosidade antes e após a aplicação da segunda demão do produto (B).



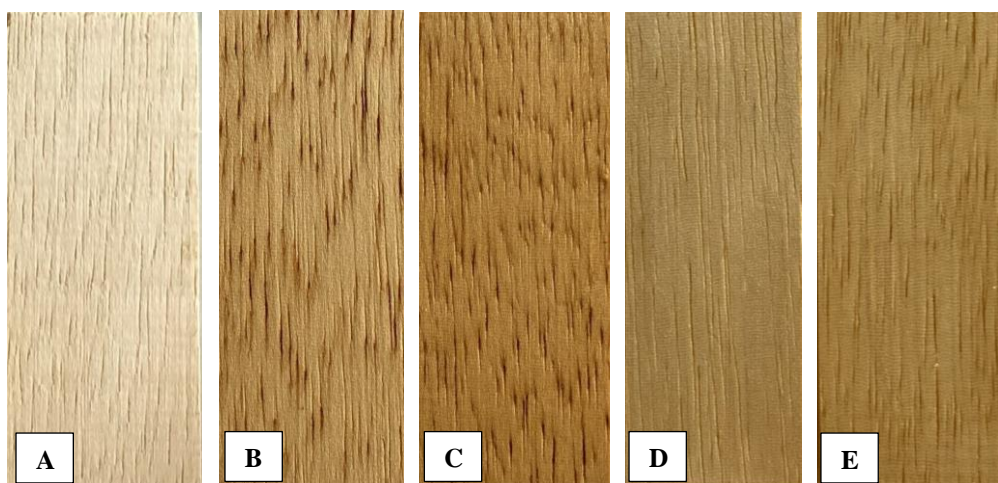
**Figura 9** – Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá tratada com verniz fosco. A – Perfil das madeiras tratadas com lixa grão 280. B – Perfil das madeiras tratadas com lixa grão 280 e 320.

Observa-se nas Figuras 8 e 9 que o marupá tratado com verniz fosco apresentou menores distâncias entre a altura dos vales e picos do que quando apenas lixado, devido ao preenchimento das obstruções da superfície da madeira pelo produto utilizado, tornando a superfície mais lisa. Porém, este comportamento não foi apresentado pelo tratamento com seladora, onde os valores de picos e vales foram bem acentuados quando comparados ao tratamento sem aplicação do produto. Isto ocorreu porque a seladora não formou uma película sobre a superfície, fazendo com que as obstruções não fossem preenchidas, o que não reduziu a rugosidade.

Logo, como foi constatado que nas amostras tratadas com lixas 280 e 320 e com aplicação de duas demãos de verniz fosco o grau de uniformidade foi mais acentuado, implicou-se que essas superfícies são menos rugosas e conseqüentemente, de melhor qualidade.

## 5.2. Qualidade do acabamento

A Figura 10 mostra a alteração da cor da madeira de marupá devido a aplicação do produto de acabamento. As madeiras submetidas ao tratamento com seladora apresentaram uma cor mais escura e um maior destacamento dos vasos. As madeiras tratadas com verniz fosco apresentaram uma cor mais clara que a seladora, voltada para o amarelo.



**Figura 10** – Alteração da cor com a aplicação dos produtos de acabamento. A – Madeira sem tratamento. B – Madeira com uma demão de seladora. C – Madeira com duas demãos de seladora. D – Madeira com uma demão de verniz fosco. E – Madeira com duas demãos de verniz fosco.

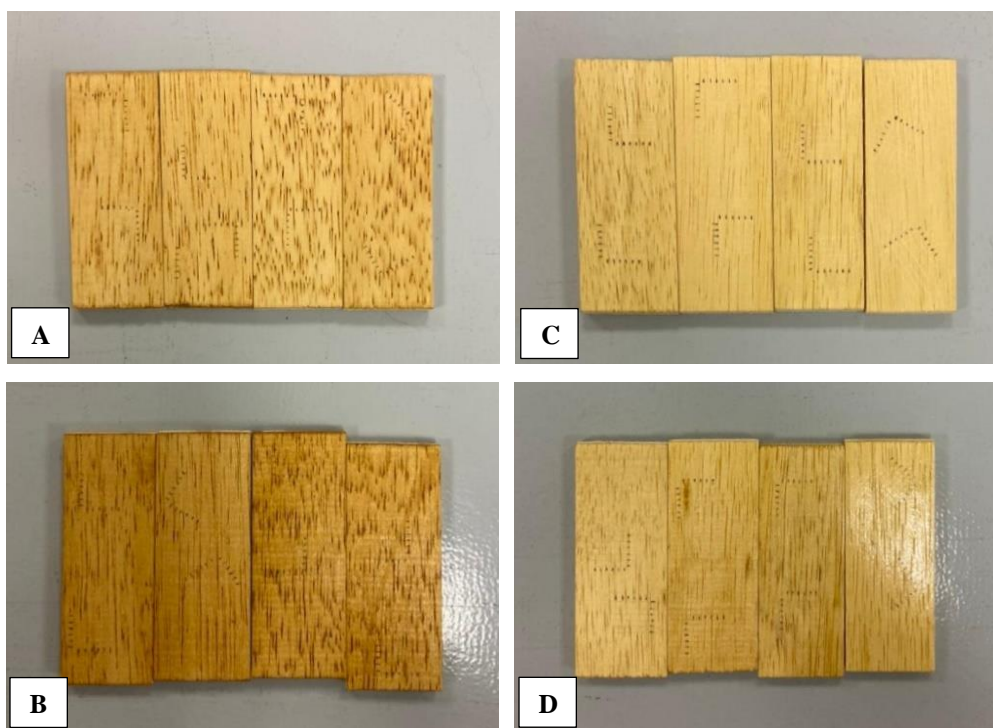
### 5.2.1. Aderência

O teste de aderência foi realizado em 4 amostras de cada um dos tratamentos especificados na Tabela 6, com as lixas 280 e 320, seladora e verniz fosco. A classificação da quantidade de amostras por grau de aderência segundo a norma NBR 11003 (ABNT, 2009) obtida no presente estudo é apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6.** Classificação das amostras pelo grau de aderência nos diferentes acabamentos.

Tratamento	Graus de aderência				
	Gr0	Gr1	Gr2	Gr3	Gr4
Lixa grão 280 + seladora	4	0	0	0	0
Lixa grão 280 + verniz fosco	4	0	0	0	0
Lixa grão 280 + seladora + lixa grão 320 + seladora	4	0	0	0	0
Lixa grão 280 + verniz fosco + lixa grão 320 + verniz fosco	4	0	0	0	0

Tanto a seladora quanto o verniz apresentaram boa aderência e se comportaram de maneira semelhante no marupá. Nenhum dos produtos apresentou um destacamento igual ou maior a 5% da área, visto que todas as 4 amostras de cada tratamento foram classificadas com grau de aderência Gr0 (Tabela 3), sugerindo uma boa ancoragem na madeira (Figura 11).



**Figura 11** – Corpos de prova após teste de aderência. A – Tratamento com lixa 280 e aplicação de uma demão de seladora. B - Tratamento com lixa 280 e 320 e aplicação de duas demãos de seladora. C – Tratamento com lixa 280 e aplicação de uma demão de verniz fosco. D - Tratamento com lixa 280 e 320 e aplicação de duas demãos de verniz fosco.

A alta aderência dos produtos de natureza sintética é comprovada por Souza et al. (2011), que mostraram a excelente compatibilidade entre a superfície da madeira e os produtos existentes no mercado hoje em dia, apresentando a qualidade exigida atualmente pelo setor moveleiro. Fonte (2016), também analisando o verniz poliuretano, obteve um destacamento de 15% da película de acabamento na madeira de *Cryptomeria japonica*.

Outras teorias foram consideradas para explicar o resultado obtido no presente trabalho, como o uso de uma fita adesiva não tão aderente ou os produtos de acabamentos terem sido demasiadamente absorvidos pela superfície da madeira, o que não permitiu a formação de uma película significativa para ser retirada durante o teste. Outro componente que pode ter sido responsável por não formar a película significativa é o fato de a madeira ter sido tratada com, no máximo, apenas duas demãos de produto. Considerações semelhantes foram feitas por Magalhães et al. (2006), onde foram testados nove produtos, entre eles o verniz e a seladora, e a maioria dos tratamentos obtiveram aderência de 100% mesmo após um período sob intemperismo natural. Estas conjecturas só poderiam ser confirmadas após uma análise microestrutural da superfície das amostras, por meio de imagens obtidas em microscópio eletrônico de varredura.

Silva (2021) investigou o tratamento da madeira de marupá com verniz, seladora e laca natural, e obteve os seguintes valores de destacamento da película: verniz (4,4%), seladora (3,4%) e laca natural (5%). Os resultados se assemelham aos obtidos por Fonte (2016), pois ambos tiveram um destacamento de área de película inferior a 15% em todos dos tratamentos. Este trabalho e os citados mostram que estes produtos de acabamento testados no marupá estão em conformidade com a norma NBR 11003 (2009), que informa o destacamento máximo permitido na superfície de móveis de madeira.

### **5.2.2. Resistência química**

O grau de dificuldade de remoção das manchas realizado em 4 amostras de cada um dos tratamentos especificados na Tabela 6, seguindo as etapas previstas pela norma NBR 14535 (ABNT, 2000), está apresentado na Tabela 7.



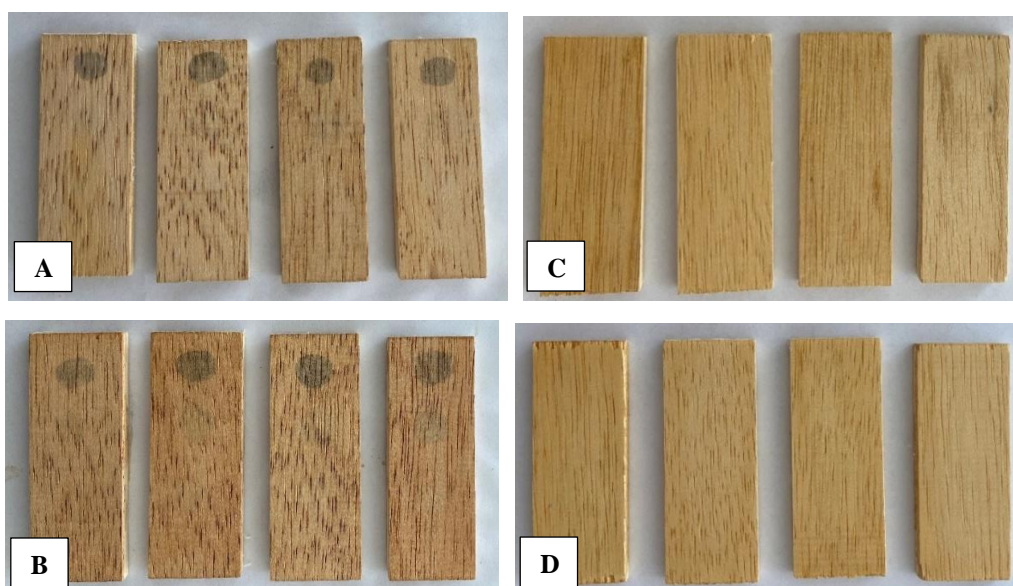
**Tabela 7.** Grau de dificuldade de remoção das manchas por tratamento.

Tratamentos	Reagentes			
	Café	Vinagre	Ketchup	Óleo de soja
Lixa 280 + seladora	MP	MP	7	5
Lixa 280 + verniz fosco	4	2	1	1
Lixa 280 e 320 + seladora	MP	MP	7	1
Lixa 280 e 320 + verniz fosco	4	1	1	1

MP – Mancha permanente.

Os reagentes ketchup e óleo de soja foram os únicos que não deixaram vestígios de manchas após as etapas de limpeza, conforme apresentado na Figura. A seladora mostrou ser o produto de acabamento menos resistente, pois mesmo após todas as 8 etapas de limpeza aplicadas, elencadas na Tabela 4, as amostras apresentaram marcas permanentes dos reagentes café e vinagre. Além disso, foram necessárias 7 etapas de limpeza para remover as manchas de ketchup e 5 etapas para remover as manchas de óleo de soja.

A Figura 12 mostra que o verniz fosco apresentou melhor resistência, pois nenhum dos reagentes deixou mancha permanente. O café foi o que produziu a mancha mais difícil de retirar, pois levou mais etapas para sair da superfície vernizada. E o que apresentou a maior facilidade de remoção foi o óleo de soja, que saiu após a primeira etapa de limpeza, com pano umedecido em água.



**Figura 12** – Corpos de prova após teste de resistência química. A – Tratamento com lixa 280 e aplicação de uma demão de seladora. B - Tratamento com lixa 280 e 320 e aplicação de duas

demãos de seladora. C – Tratamento com lixa 280 e aplicação de uma demão de verniz fosco. D - Tratamento com lixa 280 e 320 e aplicação de duas demãos de verniz fosco.

Fonte (2016) estudou a resistência química de treze reagentes na madeira de *Cryptomeria japonica* tratada com quatro revestimentos, entre eles o verniz poliuretano, onde os reagentes ketchup, café, óleo e vinagre não deixaram nenhuma mancha para o produto de acabamento em questão, se igualando com o resultado dessa pesquisa.

Leite (2014) aplicou dez reagentes – entre eles os quatro testados neste trabalho - nas madeiras de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus resinífera* e *Corymbia maculata* tratadas com verniz e seladora, e observou que todos os quatro reagentes em questão foram removidos, resultado que se assemelha ao obtido nos tratamentos com verniz fosco e que diverge ao encontrado nos tratamentos com seladora.

Silva (2021) explica que o teste de resistência química é importante para mostrar a eficácia dos produtos de acabamento na proteção da superfície da madeira, visto que é um atributo de extrema importância para a indústria moveleira, pois promove a maior duração do móvel. Ainda segundo o autor, os produtos que apresentaram melhor desempenho na proteção contra manchas foram o verniz e a seladora, o que difere em partes do presente estudo.

## 6. CONCLUSÃO

Este estudo com lâminas de madeira de *Simarouba amara* permitiu concluir que:

- A rugosidade da superfície da madeira tendeu a diminuir com o aumento progressivo da granulometria da lixa utilizada e com o aumento progressivo do uso de demãos dos produtos de acabamento. E reduziu significativamente após a aplicação da segunda demão do verniz fosco como produto de acabamento.

- A seladora e o verniz fosco apresentaram aderência de 100% à superfície da madeira, mostrando que ambos fizeram boa ancoragem nos poros e espaços do substrato.

- O verniz apresentou melhor desempenho no teste de resistência química, pois não exibiu nenhuma mancha permanente. A seladora promoveu um acabamento menos resistente, exibindo manchas permanentes de café e vinagre.

- Portanto, o verniz fosco mostrou ser a opção de melhor qualidade para o acabamento da superfície da madeira de marupá, que porventura seja utilizada na indústria de fabricação de móveis.

## **7. RECOMENDAÇÕES**

- Recomenda-se, em estudos futuros, testar outros produtos de acabamento, incluindo os naturais, como a cera de abelha, óleo de linhaça entre outros, além de utilizar os que foram aplicados no presente estudo com o uso de outras técnicas de avaliação de qualidade do acabamento, como a determinação do brilho e a dureza do filme de revestimento.

- Recomenda-se realizar a resistência química para essa espécie utilizando outros reagentes, como a mostarda e a tinta de caneta esferográfica, que causam manchas de alto grau de dificuldade de remoção.

- A utilização de análise colorimétrica também merece atenção futura visto que a cor é uma das características mais importantes para indicação dos usos para cada espécie de madeira, assim como a utilização de técnicas para avaliar a molhabilidade, pois a penetração de produtos à superfície da madeira pode explicar a qualidade do acabamento, pois espécies com superfícies mais permeáveis terão maior impregnação de produtos de acabamento, que confere à madeira maior durabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Victor Almeida et al. Importância da madeira de florestas plantadas para a indústria de manufaturados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 189-200, 2017.

As árvores plantadas e seus múltiplos usos. **Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ)**. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/Multiplos\\_Usos\\_da\\_Madeira.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/Multiplos_Usos_da_Madeira.pdf)>. Acesso em: 05 jan, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11003**: Tintas - Determinação da aderência. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14535**: Móveis de madeira - Tratamento de superfícies - Requisitos de proteção e acabamento. Rio de Janeiro, 2000.

AZEVEDO, I.M.G. et al. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 157-164, 2010.

BRAGA, Pedro Paulo de Carvalho. **Qualidade na usinagem e no acabamento da madeira de *Coffea arabica***. 2011. Dissertação (Pós-doutorado) – Universidade Federal de Lavras.

BRAINER, M.S.C.P. Setor Moveleiro: Aspectos gerais e tendências no Brasil e na área de atuação do BNB. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, n. 34, 2018.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 3, 2008.

COSTA, G. **Trabalho novo e o processamento de madeira: uma análise a partir da associação de moveleiros de Parintins (AM)**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Estado do Amazonas.

FONTE, A.P.N. **Utilização da madeira de *Cryptomeria japonica* para a produção de painéis colados lateralmente e aplicação de acabamento superficial**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

FRANCO, A.; VENTURA, A. **A evolução do móvel residencial seriado brasileiro em madeira reconstituída**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

GOZELOTO, M.; GONÇALVES, R. Dióxido de carbono em forma de névoa na refrigeração da ferramenta de corte, durante a usinagem da madeira. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1426-1432, 2009.

HOEFLICH, V. A. Desenvolvimento florestal sustentável: requerimentos de uma sociedade. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2006.

JÚNIOR, D.L.; COLODETTE, J.L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.

LEITE, M.K. **Caracterização tecnológica da madeira de *Corymbia maculata*, *Eucalyptus cloeziana* e *E. resinifera* para a aplicação no design de Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA)**. 2014. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MADEIRA, Equipe Jornalística da Revista da. Lixamento é a primeira etapa de um bom acabamento. **Revista da Madeira (REMADE)**, n. 111, 2008.

MAGALHÃES, W.L.E. et al. Desempenho de madeira de grevílea revestida com verniz, tinta e stain exposta a intemperismo natural. **Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira–EBRAMEM**, 10º, 2006.

MAGOSS, E. General regularities of wood surface roughness. **Acta Silvatica et Lignaria Hungarica**, v. 4, p. 81-93, 2008.

MAIA, J.H. et al. Comportamento colorimétrico da madeira de maçaranduba tratada com produtos de acabamento. **Nativa**, v. 6, p. 767-772, 2018.

Marupá. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)**. Disponível em: <[https://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras/43-caixeta.htm](https://www.ipt.br/informacoes_madeiras/43-caixeta.htm)>. Acesso em: 22 jul, 2023.

OREM, C.F. **Madeiras de garapa (*Apuleia leiocarpa* J. Vogel) e angelim pedra (*Hymenolobium petraeum* Ducke) tratadas com produto atóxico para produção de**

**utensílios domésticos.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.

RAABE, J.; DEL MENEZZI, C.; GONÇALEZ, J. Avaliação da superfície de lâminas decorativas de curupixá (*Micropholis venulosa* Mart. Eichler). **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2016.

SANTOS, J.A.; DUARTE, C. Degradação e proteção superficial da madeira em exterior. **Revista Corrosão e Protecção de Materiais**, v. 32, p. 10-18, 2013.

SILVA, J. R. M. et al. A utilização de rugosímetro na qualificação de superfícies usinadas em madeiras de *Eucalyptus* sp. **Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira**, v. 10, 2006.

SILVA, J.O.; PASTORE, T.C.M.; PASTORE JUNIOR, F. Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento. **Ciência Florestal**, v. 17, p. 17-23, 2007.

SILVA, J.R.M. et al. Crescimento pede foco no produto. **Revista da Madeira (REMADE)**, n. 98, 2006.

SILVA, L.F. **Comportamento de lâminas de madeiras de três espécies florestais submetidas à fotodegradação artificial após serem tratadas com diferentes produtos de acabamentos.** 2021. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.

SIQUEIRA, K.P. et al. Principais metodologias de mediação de estado de superfícies. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 2, p. 203-210, 2003.

SOUSA, F.R.R. et al. **Estudo do envernizamento de madeiras exóticas com vernizes aquosos.** 2008. Tese (Mestrado) - Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

SOUZA, M.M.; BUFALINO, L.; GOMES, L.G. Caracterização madeira de marupá (*Simarouba Amara* Aubl.) visando utilização na indústria moveleira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98163-98185, 2020.

SOUZA, M.O.A.; DE CASTRO SILVA, J.; EVANGELISTA, W.V. Aplicação de acabamentos superficiais em madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* ST Blake visando ao uso na indústria moveleira. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 403-409, 2011.

SOUZA, W. C. S. Variações das propriedades físicas do lenho de marupá (*Simarouba* spp.) nos sentidos axial e radial. **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira (III CBCTEM)**, 2017.

TELES, R.F.; COSTA, A.F.; SOUZA, M.R. Análise da influência do tratamento preservativo na cor e rugosidade de superfícies de madeiras tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 100-108, 2016.

TIBURCIO, U.F.O. **Medição e análise do acabamento superficial da madeira de eucalipto na usinagem de torneamento cilíndrico e lixamento**. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.