



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS – DCF

VICTOR VIEIRA SANTOS SOUZA

**COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DA SUPERFÍCIE USINADA DA
MADEIRA ENTRE DUAS UNIDADES DE BENEFICIAMENTO**

São Cristóvão - SE

2024

Victor Vieira Santos Souza

**COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DA SUPERFÍCIE USINADA DA
MADEIRA ENTRE DUAS UNIDADES DE BENEFICIAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Ciências Florestais da Universidade
Federal de Sergipe, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Antônio
Américo Cardoso Junior

SÃO CRISTÓVÃO - SE
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - DCF

COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DA SUPERFÍCIE USINADA DA MADEIRA ENTRE DUAS UNIDADES DE BENEFICIAMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

APROVADA:

ORIENTADA: Victor Vieira Santos Souza

Prof. Dr. Antônio Américo Cardoso Júnior
Orientador

M.Sc. Carlos Miranda da Silva Prof. Dra.
1º examinador

Anna Carolina de Almeida Andrade
2º examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha mãe, Edirani Vieira e a meu pai, Walter Raimon, por se esforçarem desde o início da minha vida correndo atrás para que seu único filho tivesse as melhores experiências e aventuras na vida. Foram as pessoas que não me abandonaram em meus piores momentos, principalmente na pandemia onde eu quis desistir de uma das minhas maiores conquistas, que foi ter adentrado a Universidade Federal de Sergipe. Obrigado por me ensinar que com estudo e sacrifício a gente pode conquistar o mundo.

Aos meus professores do DCF, agradeço por terem me abraçado de uma forma carinhosa e me mostrando que mesmo em um estado que não possui muita atividade florestal existem infinitas alternativas a se percorrer e conquistar, mas em especial eu queria agradecer a professora Anna Carolina por ser uma professora excelente, uma amiga nas horas vagas e uma mãe que além de puxar a orelha da ensinamentos pra vida. Quero também agradecer ao professor e meu orientador Antônio Americo por ter tido paciência e ter dado não só a mim, mas a outros colegas de curso a oportunidade de acompanhar uma das atividades principais de um Engenheiro Florestal que é o plantio e todas as atividades que acompanham esse processo.

Quero agradecer a mais duas professoras, que me incentivaram e me abraçaram demais no curso, que foi a Professora Crislaine e a Laura Jane, me regando de muitas risadas e um carinho que não sei nem dimensionar de tão grande foi.

Por último e não menos importante eu quero agradecer a todos os meus amigos: Paulo Bento; Kassio Rossi; José Rafael; Tulio Sampaio; Adriann Machado; Keliane; Márcio, Mariane; Abnner; Giselio; Isabel; Lívia; Ritcharlison; Técnico Edson e o Técnico Miranda, que me acompanharam de uma forma espetacular nessa jornada que foi viver a UFS.

RESUMO

O presente trabalho teve como principal objetivo caracterizar a madeira de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) visando entender as características da madeira. Tendo em vista a baixa presença de trabalhos que abordem as características da madeira do Nim, uma árvore pertencente a família das Meliaceae, a qual possui espécies famosas no mercado industrial moveleiro, por possuírem características de bom rendimento para indústria. Para isso a caracterização física da própria espécie, analisando densidade, curva de secagem e análise de rugosidade. Diante do objetivo apontado, os trabalhos deram início com o corte raso de duas árvores de Nim no campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe (UFS). A análise iniciou-se avaliando a curva de secagem, onde foi montada uma pilha ao lado do Laboratório de Usinagem e Produção de Móveis da Universidade Federal de Sergipe (LUPM/DCF). Selecionando assim uma prancha para ser feita a mensuração da densidade, onde foram utilizados corpos de provas de com dimensões 4 x 3 x 1 cm de comprimento, largura e espessura respectivamente. Após a mensuração dos dados, foi realizado o aplainamento das pranchas em dois locais diferentes, um acontecendo no LUPM/DCF e o outro ocorrendo em uma marcenaria Familiar em um Centro de Promoção de Desenvolvimento Sustentável Oxogumlade. A próxima análise foi a rugosidade, que visa avaliar a qualidade da superfície usinada, onde cortou-se as pranchas para caberem na análise do *Sunset Laser*, onde um feixe de luz laser passa por uma superfície visando ressaltar as imperfeições daquela superfície. Após o *Sunset Laser*, a análise do rugosímetro avaliou de uma forma mais destrutiva a qualidade da superfície da madeira. Ao acompanhar a secagem observou-se que a madeira em oito semanas a madeira atingiu a umidade de equilíbrio, tendo assim uma secagem rápida. Foi notado em sequência que a densidade apresentou diferença significativa entre as toras, levando a perceber que o Nim possui uma densidade de grau médio, diferentemente do resultado para as contrações que não obtiveram diferença significativa. Já os resultados para qualidade da superfície usinada foi inferido que o *Sunset laser* em correlação com a análise visual, notou-se que o tratamento feito na marcenaria Familiar obteve melhor resultado de superfície usinada do que o tratamento feito na marcenaria LUPM/DCF, tendo assim a marcenaria familiar um R^2 próximo ao valor de 1, enquanto que os resultados encontrados para análise do rugosímetro não apresentaram nenhuma diferença significante. Concluindo-se que o Nim mesmo possuindo uma densidade alta possui uma boa superfície usinada e com uma secagem rápida de oito semanas.

Palavras-chave: Nim; Anatomia da madeira; física da madeira; produção de móveis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1. Características fenotípicas e da madeira do Nim.....	2
3.2. Importância econômica de espécies da família Meliaceae.....	3
3.3. Propriedades físicas da madeira	4
3.3.1. Secagem da madeira	4
3.3.2. Umidade	5
3.3.3. Instabilidade dimensional da madeira	5
3.3.4. Densidade	7
3.4. Usinagem da madeira	8
3.5. Qualidade superficial.....	9
3.5.1 Rugosidade	9
3.5.2 Avaliação visual	9
3.5.3 <i>Sunset</i> laser	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1. Preparo do material.....	11
4.2. Determinação de umidade e densidade	13
4.3. Contração volumétrica	14
4.4. Processamento da madeira	14
4.5. Qualidade superficial da madeira	15
4.6. Análise estatística	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1. Curva de Secagem	18
5.2. Retratibilidade e Densidade.....	19
5.3. Rugosidade	20
5.4. Análise visual e <i>Sunset</i> Laser	21
6. CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23

INTRODUÇÃO

O Nim é uma árvore que chegou ao Brasil por volta de 35 anos atrás com o auxílio da Fundação Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) com o intuito de difundir as propriedades inseticidas, a qual suas sementes e folhas são estritamente conhecidas. O Nim pertence à família das Meliaceae, que é a família pertencente dos cedros, dos mognos e das canjeneras, onde todas essas madeiras são conhecidas pela indústria madeireira e moveleira por dar origem a madeiras de boa qualidade.

A madeira é uma matéria prima com diversos usos empregados a ela, se fazendo assim necessário conhecer as suas propriedades para que o seu uso seja melhor direcionado, afim de evitar defeitos, perdas de recursos e tratamentos errados. Dentre as avaliações que podem ser feitas para qualificar a madeira, está o estudo das propriedades físicas, como o teor de umidade, até o que necessita de mais recursos, como teor de umidade, densidade, instabilidade dimensional, rugosidade, dentre outros.

A umidade é uma propriedade física da madeira importante, pois a água na madeira influencia em seu comportamento como contração e inchamento, na densidade e até na superfície usinada da madeira.

A densidade da madeira é uma característica a qual nos indica o seu uso final, pois em correlação com a resistência e trabalhabilidade mostra que quanto mais baixa é a densidade mais estreitas são suas paredes celulares, maiores são seus lumens, ocasionando a presença de uma rugosidade na madeira mais grosseira, mostrando assim que ela não possui um bom uso para serraria por exemplo.

A madeira por ser um produto de alto interesse econômico, deve apresentar um padrão de qualidade, principalmente quando se trata da qualidade de superfície usinada, o qual é um parâmetro importante e responsável por determinar a qualidade da superfície, e descrever suas características, dizendo assim seus potenciais e defeitos, expondo o grau de trabalhabilidade da madeira, o potencial de aderência de adesivos, defeitos aparentes dentre outras funções.

1. OBJETIVO

Analisar as características físicas da madeira, como densidade e a instabilidade dimensional da *Azadirachta indica* A. Juss., e determinar a sua curva de secagem assim como a qualidade da superfície usinada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características fenotípicas da madeira do Nim

O Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) é uma árvore da espécie da família *Meliaceae*, É uma árvore com crescimento entre 10 a 20m de altura, crescimento rápido, podendo chegar até 8m em apenas 5 anos, tronco semi-ereto a reto, fuste com coloração marrom-avermelhado, duro e resistente, DAP entre 30 a 80 cm, e sua copa pode variar entre 8 a 12 m (NEVES; CARPANEZZI, 2009).

O Nim, ao completar um ano pode atingir uma estatura de 1,5 m e aos cinco anos pode chegar a uma altura de 8 metros. É uma árvore de crescimento rápido, possuindo um sistema radicular de aproximadamente 15 m de profundidade (EMBRAPA FLORESTAS, 2008).

A madeira do Nim possui uma densidade que varia entre 0,56 a 0,85 g/cm³, possuindo uma média de 0,70 g/cm³, apresenta uma resistência alta a cupins e ao apodrecimento. O seu cerne apresenta grandes quantidades de tanino, sais inorgânicos de cálcio, potássio e ferro (ARAÚJO, 1999).

Sua madeira no desdobro se apresenta avermelhada, mas após o processo de secagem transita do vermelho para o marrom-avermelhado, em especial devido a oxidação natural, com um tanto de brilho opaco e lustroso. Sua madeira costuma ser irregular, com grãos uniformes e uma textura que vai de média a grossa, o que influencia na sua trabalhabilidade e usinabilidade, pois é macia para ser trabalhada em máquinas como manualmente. Com aroma e sabor característico a madeira é moderadamente pesada. Uma característica importante é a ausência de infestação de insetos, tanto em pé, derrubada e processada tendo como uma das explicações a presença de óleos e extrativos na sua madeira que faz com que tenha esse efeito repelente (HIWALE, 2015).

Diante da ausência de dados sobre a madeira da espécie *Azadirachta indica* é discutível falar sobre as propriedades físicas, começando com a densidade da madeira, que é uma mensuração de rápida determinação (MÜLLER *et al.* 2014).

3.2 Importância econômica de espécies da família Meliaceae

A Família Meliaceae é a família a qual o Nim (*Azadirachta indica*) pertence, são conhecidos por possuírem uma ótima madeira, usados na indústria de móveis, na indústria de revestimentos, entre outros fins. As principais espécies da família e que são conhecidas pelo potencial na movelaria são: Cedro (*Cedrela fissilis* Vell. e *Cedrela odorata* L.), Cedro

australiano (*Toona ciliata* Roemer), Mogno (*Swietenia macrophylla* King), Mogno africano (*Khaya* spp.). (NEVES; CARPANEZZI, 2009)

Economicamente, merecem destaque algumas espécies que produzem madeira de boa qualidade para a indústria madeireira e moveleira, como os “mognos” (*Swietenia* spp.), as “canjeranas” (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.) e os “cedros” (*Cedrela* spp.). Algumas espécies, também são cultivadas como ornamentais, como “aglaia” (*Aglaia* Lour. spp.), “árvore-de-Santa-Bárbara” (*Melia azadirachta* L.) e o “Nim” (*Azadirachta indica* A. Juss.), que além disso, também apresenta uma substância chamada “azadiractina”, utilizada como inseticida (LORENZI et al. 2003; SOUZA et al. 2010; NEVES; CARPANEZZI, 2009).

3.3 Propriedades físicas da madeira

3.3.1 Secagem da Madeira

A secagem da madeira é a técnica utilizada para redução do teor de umidade presente na madeira, a fim de induzir esta umidade a um teor abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), o buscando o mínimo de defeito possível associado ao menor custo e com o menor tempo de secagem (MARTINS, 1988).

A secagem fornece benefícios, sendo um deles o controle das variações dimensionais que a madeira sofre ao perder a umidade, chamando esse efeito de contração e inchamento. Essas variações dimensionais começam a ocorrer após a madeira atingir o limite abaixo do PSF tendo como resultado a deformação da madeira em diferentes planos (tangencial, longitudinal e radial), que tem como consequência defeitos na madeira como rachaduras, empenamentos, colapsos, arqueamento, dentre outros (BRAZ et al. 2015).

A curva de secagem analisa a perda de umidade da madeira ao decorrer do tempo, sendo assim responsável por historiar a trajetória de saída de água podendo analisar quais efeitos ocorrem na madeira, auxiliando assim na escolha do método mais viável, ajustando a pilha de secagem, para cada espécie a ser avaliada possuindo uma secagem adequada no menor tempo possível (EUFRATE JUNIOR et al., 2021).

Existem fatores contribuintes para secagem, sendo alguns deles a temperatura, umidade relativa do ar, circulação do ar e as características internas da madeira. A depender desses fatores, um tipo de secagem pode ser escolhido, podendo ser a secagem ao ar livre e a convencional. A secagem natural consiste em empilhar as madeiras em um local ventilado e de preferência coberto, evitando o contato do sol direto e de possíveis chuvas. O método de secagem convencional utiliza uma estufa para secar as madeiras, tendo total controle

assim da umidade, temperatura e velocidade do ar. Existem outros tipos de secagem, porém são derivadas da secagem convencional. (MARTINS, 1988)

3.3.2 Umidade

A umidade possui relação com a massa específica, pois para a determinação desta propriedade física é utilizada a relação da madeira saturada e sua massa seca. Importante ter o entendimento da retração e expansão da madeira, pois as três propriedades estão interligadas. A retração ou expansão da madeira, decorrentes do processo de sorção, ocorre através da perda ou ganho de umidade, que tem o ponto de saturação das fibras (PSF) como parâmetro para explicar as variações dimensionais, tendo noção a relação da massa específica com a umidade é proporcional, em função que quanto maior a massa específica maior será sua retrabilidade (REZENDE *et al.*, 1995). Entretanto Dias *et al.* (2018), não encontrou correlação entre a densidade da madeira com a instabilidade dimensional ao trabalharem com madeira de teca.

Segundo o trabalhado de Souza Junior (2009) ele menciona Lucas Filho (2004) onde o trabalho dele mostra a umidade diminuem as forças de atuação do maquinário de corte na madeira que apresenta um teor de umidade acima das saturações de fibras.

1.3.3. Instabilidade dimensional da madeira

A madeira devido a sua higroscopicidade possui um complexo mecanismo de sorção (adsorção e dessorção). Essa característica que a madeira possui, promove sua expansão e retração dependendo do efeito da sorção em relação ao meio ambiente, esse efeito de retração e expansão chama-se de contração e inchamento da madeira. Esse fenômeno da madeira pode ocorrer sofrendo variações em três sentidos, longitudinal, radial e tangencial (BENITES *et al.*, 2015).

A perda de umidade ocasiona a retração das dimensões da madeira, quando ficam abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), e quando ficam acima e ganham umidade ocorre o inchamento das mesmas, ocasionando assim a deformidade. As mudanças da madeira são diferentes a depender de cada árvore e de acordo com o seu crescimento no meio, sendo possível obter diferentes mudanças para os sentidos longitudinal, radial e tangencial da madeira (SKARR, 1988).

O fenômeno da contração e inchamento explica-se pelo fato das moléculas de água se conectarem através de ponte de hidrogênio as moléculas de celulose que constituem as

microfibrilas do lenho da madeira, e quando ocorre a expulsão da água de dentro desses espaços, através da secagem, deixando um espaçamento entre as células que dão brecha para que as forças naturais de coesão façam com que as microfibrilas se reaproximem, ocasionando o que vemos a olho nu e chamamos de contração. O inchamento acaba ocorrendo de forma contrária ao da contração, iniciando-se quando a madeira é exposta a uma umidade elevada que ocorrer o diferencial de concentração e a penetração da água no lenho inicia-se preenchendo os espaços abertos, ocasionando o afastamento novamente das microfibrilas e ocorrendo assim o inchamento da madeira (AMORIM *et al.*, 2021).

A madeira por ser um objeto higroscópico ela possui um fenômeno muito comum que é conhecido por histerese, onde sempre o equilíbrio de umidade da madeira é tende mais para o processo de dessorção, de que pro de adsorção. Sendo assim, quando essas duas ações físico-químicas estão operando na madeira, gera um intervalo, uma brecha entre elas o que é chamado de histerese, que depende que a temperatura esteja constante e o que oscile seja a umidade relativa do ar (NICACIO *et al.*, 2023). A histerese é a reação físico-química que ocorre no material lenhoso durante o intervalo da perda e o ganho de umidade do material higroscópico, e segundo Durlo (1991) esse coeficiente de histerese estando em baixos coeficientes pode reduzir os níveis de retratibilidade da madeira.

As características estruturais da madeira são de propriedades plásticas, graças as condições que os vasos, a frequência dos vasos na estrutura, o diâmetro tangencial dos vasos, comprimento, espessura das fibras e a distribuição do parênquima axial serem adaptáveis a depender do ambiente que a árvore está plantada, a disponibilidade de água na região e clima, pois o meio dita muitas condições de formação do lenho (JÚNIOR *et al.*, 2022).

1.3.4. Densidade

A densidade básica é uma mensuração rápida, levando a ser uma das análises mais utilizadas para mensuração, é necessário obter o valor de massa seca e o volume verde (saturado) para determinação dessa análise (CARVALHO *et al.*, 2021). É uma análise importante por informar o destino usual da madeira, ou seja, qualifica de uma forma rápida, possuindo uma densidade elevada a madeira possui as características de boa resistência e difícil trabalhabilidade, com uma densidade menor, a madeira tem uma boa trabalhabilidade, porém será um material frágil. Esse parâmetro possui influência direta com as propriedades físico-mecânicas, características anatômicas da madeira e características que o ambiente proporciona para o desenvolvimento da árvore (CAMPOS *et al.*, 2022).

A densidade está diretamente ligada a outros fatores que a constituem, como na presença em maior quantidade ou não de lumens, na quantidade de paredes celulares, que vão determinar por consequência um maior inchamento ou uma maior contração da madeira, onde a contração volumétrica está relacionada diretamente com os números de hidroxilas disponíveis na celulose, hemicelulose e na lignina e ao volume da parede celular, ou seja, voltamos a densidade da madeira (POUBEL *et al.*, 2011).

A densidade tem sua importante relação com a superfície da madeira, principalmente quando associada a rachaduras e colapsos, pois segundo Klitzke (2003) e Skaar (1992) o colapso pode ocorrer quando as tensões capilares são forçadas a um nível que ultrapassem a sua resistência a compressão perpendicular à a grã da parede celular a que ocorre no momento que os meniscos se deslocam através das pontuações da parede celular, provocando assim grandes tensões capilares gerando deformação na superfície da madeira, podendo inviabilizar o seu uso.

Segundo estudo de Lopes *et al.*, (2014) é relatado por eles que, madeiras com baixas densidades possuem sua estrutura anatômica compostas por células de parede mais delgada e com maiores larguras, lume de maior diâmetro, acarretando uma rugosidade mais grosseiras nas superfícies usinadas, tendo a presença de arrancamentos de fibras. Em madeiras de densidade mais alta, possui uma relação entre densidade e resistência mecânica, onde apresentam valores menores, por possuir resistência a penetração dos dentes de corte dos equipamentos, assim influenciando o resultado do acabamento final das superfícies das madeiras usinadas.

Existem vários tipos e caminhos de determinação da densidade, desde os destrutivos, *pilodyn*, e o resistógrafo (PÁDUA, 2009; DIAS, 2011; GOUVÊA *et al.*, 2011; ARANTES *et al.*, 2016), como os métodos destrutivos, descritos pelas normas técnicas – por exemplo, a D 2395-17 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2017), NBR 1194 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003), dentre outras.

3.4 Usinagem da madeira

O ato de usinagem da madeira refere-se à possibilidade de se trabalhar a madeira mais facilmente mediante o uso de instrumentos, modelando a da forma que se deseja, possuindo qualidade na superfície e medidas exatas (SILVA FILHO, 2010).

A madeira usinada tem como objetivo a produção de peças atendendo as formas desejadas, atingindo as qualidades recomendadas quanto a tamanho, espessura,

dimensionamento e a qualidade de superfície. A qualidade da superfície, depende de três fatores: as propriedades da madeira, maquinário e a mão de obra que vai operar os maquinários. Visando a diminuição de defeitos é importante que as propriedades físicas e anatômicas da madeira sejam conhecidas, como ter noção da presença de nós, direção de fibras, orifícios, trincas, rachaduras, densidade, textura e etc. (CRUZ *et al*, 2020).

A qualidade da madeira na usinagem é diferenciada basicamente por dois tipos de linhas de pesquisa. Segundo Silva (2002), a primeira linha menciona que a qualidade é definida através dos valores normativos determinados pelo cálculo de velocidade de avanço dos dentes. Já a segunda linha de pesquisa está relacionada com a qualidade da madeira voltada para as imperfeições físicas da sua superfície, mas também inclui a primeira linha de pesquisa nessa avaliação. Sempre visando conseguir o melhor aproveitamento da matéria prima, com qualidade, reduzindo custo e tempo. Outro modo de avaliar a qualidade de uma madeira usinada é através da norma ASTM D1666-17 (ASTM, 2017) que visa fazer ensaios dos procedimentos de aplainamento, furação (furação para cavilha e dobradiças), lixamento, rasgamento e fendilhamento por pregos, utilizando uma tabela de critérios que vai de 1 a 5, onde 1 significa uma amostra sem defeitos e 5 a nota máxima com cem por cento de defeitos.

3.5 Qualidade superficial

3.5.1 Rugosidade

A rugosidade superficial é um parâmetro valioso na avaliação da qualidade da superfície usinada da madeira, em razão de prejudicar o processo de aplicação de adesivos e revestimentos e, por conseguinte afetar o estado final do produto, visto que a peça possuirá irregularidades na sua superfície. A rugosidade superficial são micro-irregularidades geométricas formadas sob a superfície após um trabalho com ferramentas sob ela. Essas irregularidades variam em dimensões de 10^{-10} a 10^{-5} mm sempre dependendo do tipo de ferramenta que foi utilizada, precisão, qualidade e afiação (CARPINETTI *et al.*, 1996).

Segundo Lopes *et al.*, (2014) existem diversas formas de avaliar a qualidade da superfície da madeira usinada, por exemplo, apalpamento mecânico, ótica paramétrica e a não paramétrica, microscopia, emissão acústica, avaliação do tipo de cavaco, laser, dentre outras. Já em uma avaliação de uma superfície bidimensional de madeira o indicado é que seja utilizada a técnica do rugosímetro, onde é feita a avaliação através da medição da rugosidade e da superfície segundo a variação vertical e o deslocamento horizontal que foi aplicado naquela superfície após a usinagem. A rugosidade é dada em valores, provindos de

funções, onde expressões matemáticas usam a variação vertical das superfícies (picos e vales) com o deslocamento horizontal do sensor (agulha), sendo que o parâmetro mais analisado é o Ra que quer dizer Rugosidade Média.

3.5.2 Avaliação Visual

A avaliação da qualidade de superfície da madeira é extremamente importante, visto que é necessário visualizar os possíveis defeitos gerados pela atuação das ferramentas de cortes na superfície. A norma D 1666-17 (ASTM, 2017) estabelece uma metodologia para qualificação, levando como base os defeitos que costumam surgir durante o processo de usinagem da madeira. Defeitos como arrepimento, arrancamento, lasqueamento e falhas de usinagem são analisados através de uma inspeção visual feita por três pessoas, onde cada uma delas atribui uma nota de qualificação, essa nota podendo ir de 1, que corresponde a excelente até 5 que corresponde a péssima qualidade, com maiores defeitos.

3.5.3 *Sunset* laser

Andrade *et al.*, (2016) relaciona Rabelo (2000) e Soragi (2009) Informam que o feixe de luz, assim como é o laser tem se tornado mais comum em pesquisas científicas, pelo fato de quando a presença da luz sobe quaisquer superfície é possível notar-se características que não seriam comuns de serem observadas apenas ao olho nu, por conta dessa qualidade a iluminação a laser tem se tornado mais frequente em pesquisas e assim ganhando espaço em análises de materiais biológicos, avaliando a superfície de forma não destrutiva.

A técnica do *Sunset* laser utiliza a projeção de luz de laser sobre uma superfície lenhosa a fim de ressaltar as possíveis imperfeições e características visíveis a olho nu do material lenhoso. São geradas sombras através dessa luz projetada, onde as quais são fotografadas, processadas e tratadas em software de computador (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A Andrade (2016) ao estudar Silva *et al.*, (2005) e Silva *et al.*, (2006) confirma e põe em prática a técnica, a qual exige a utilização dos lasers com baixa potência, como instrumentos de avaliação qualitativa de superfícies, as quais formam uma figura com presença de pontos brilhantes, escuros e pontos com nuances diferentes de acordo com a intensidade luminosa que é projetada nessa imagem que está sendo formada. O laser necessita que seja posto em paralelo com a superfície da madeira, onde a luz gerada pelo laser vai provocar imagens podendo assim notar padrões de cristas e vales feitos provindos dos avanços dos dentes de cortes utilizados na usinagem da superfície da madeira.

O Rocha (2023) ao utilizar dessa técnica para seus estudos com *Pinus spp.* e *Astronium lecointei* obteve bons resultados de análise superficial da madeira, ao analisar o estado da superfície após utilização de ferramentas de corte sobre as madeiras das espécies utilizando o método do *sunset* laser em comparação com outra avaliação qualitativa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparo do material

O experimento foi iniciado em março de 2023, com o corte de duas árvores localizadas no campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe. Em cada tora foi realizado o processamento primário utilizando motosserra (modelo MS – 170) operada por mão de obra qualificada e desdobrando a tora em tábuas tangenciais. Após a etapa da confecção das tábuas, elas foram encaminhadas ao Laboratório de Usinagem e Produção de Móveis do Departamento de Ciências Florestais (LUPM/DCF), onde foi realizado o processamento secundário, com as reduções das dimensões para comprimentos variando entre 2,0 e 2,2 m (Figura 1).



Figura 1 – Material biológico utilizado no experimento. Em que: A) Toras de *Azadirachta indica juss* e B) Tábuas obtidas após o processamento primário com motosserra
FONTE: AUTOR (2024)

Em seguida, as tábuas foram empilhadas e cobertas por telha para secagem ao ar livre (Figura 2). A necessidade de se cobrir a pilha de secagem se deu pois o experimento foi montado no mês de maio, o qual é o mês que começam as chuvas no estado de Sergipe. A pilha de secagem foi montada no campus de São Cristóvão, localizada na Avenida Marechal

Deda Chagas, s/n, no bairro Rosa Elze, no município de São Cristóvão – SE, situada nas coordenadas 10°55'32" S e 37°06'08" W, sob o clima tropical megatérmico úmido e sub-úmido, com temperaturas medias durante o ano de 25,2°C, possuindo médias anuais de 1.331,4mm com período chuvoso de março a agosto (CELIS *et al.*, 2022).



FIGURA 2 – Montagem da pilha de secagem
FONTE: AUTOR (2024)

Após a montagem da pilha de secagem, foram selecionadas as amostras controladoras de umidade para realizar o acompanhamento da curva de secagem do material. A obtenção das amostras determinadoras de umidade (ADU's) e das amostras controladoras de umidade (ACU's) se consistiu em pegar uma tábua da pilha e cortá-la. Foram retiradas duas amostras, uma de cada extremidade da peça selecionada, de aproximadamente 10 cm, que foram as ADU's, e a amostra central, de aproximadamente 40 cm, que foi a ACU. As ADU's foram pesadas em uma balança e levada à estufa até atingir peso constante, para a obtenção do teor de umidade da madeira, que será considerado a umidade inicial da pilha para a secagem. Esse valor médio serviu de referência para o trabalho com as ACU's, que foram pesadas periodicamente, (semanalmente, mensalmente, diariamente), conforme a

necessidade ou objetivo da secagem, e o peso anotado. Com base no peso seco obtido nas ADU's, foi determinada a umidade das ACU's ao longo do período de secagem, que, dependendo do clima, pode chegar a 6 meses até atingir a umidade de equilíbrio da pilha de secagem.

Com a etapa de secagem concluída, foram escolhidas duas tábuas, **T1** e **T3** com dimensões de 27,8 x 3,2 x 125 cm e 29,0 x 6,0 x 146 cm (Largura x espessura x comprimento), respectivamente.

As tábuas selecionadas foram levadas novamente ao LUPM/DCF para serem confeccionados corpos de prova para teste de saturação e retratibilidade. Desse modo, foram produzidos 36 corpos de prova com dimensão nominal de 4,0 x 3,0 x 1,0 cm (comprimento x largura x espessura).

4.2 Determinação da umidade e densidade

Os corpos de prova foram submersos por 6 dias em dessecador com água e vácuo aplicado, a fim de atingirem a saturação. Assim que a mesma foi evidenciada as amostras foram novamente mensuradas com o paquímetro e pesadas sobre a diferença de volume de líquido. A densidade relativa foi mensurada através do método de deslocamento de água, que é, todo corpo parcial ou totalmente submerso em um líquido, fica sujeito a uma força de empuxo e do líquido, de direção vertical, de baixo para cima, e com intensidade igual ao peso do líquido deslocado. Sendo assim, a equação para mensuração é:

$$\rho = Ms / V_{sat}$$

Onde:

ρ : é a densidade básica da madeira, em g.cm⁻³;

Ms : é a massa da amostra seca em estufa a $103 \pm 2^\circ$ C, em g;

V_{sat} : é o volume saturado, em cm³.

O teor de umidade encontrado foi através do Método gravimétrico, que é estabelecido pela norma ABNT NBR 14929, onde o método é constituído através da diferença de massas das amostras antes e depois do processo de secagem por estufa.

Os corpos de provas foram pesados em uma balança de precisão no LAQM/DCF em seu estado saturado e, em seguida, foram inseridos na estufa a $103 \pm 2^\circ$ C. Após cinco dias na estufa, os corpos de prova foram pesados em seu estado seco.

4.3 Contração Volumétrica

O volume das pranchas foi determinado através do método estereométrico, onde a espessura foi medida utilizando um paquímetro com precisão de 0,01 mm. Para a espessura

foi tirada duas medidas (uma em cada extremidade) e feita a média por tábua. Para o comprimento foi retirada uma medida, utilizando uma trena com precisão de 1 mm, onde foi posicionada na região central da tábua e medida de uma extremidade a outra. Para a largura foram retiradas três medidas utilizando uma trena, com precisão de 1 mm, no início, meio e fim da tábua sempre no sentido casca-medula-casca.

A contração volumétrica foi definida após calcular as dimensões dos corpos de provas feitas pelas pranchas da T1 e T3, após secagem natural que ocorreu durante 140 dias corridos. Após esse processo, foram retiradas dessas duas toras T1 e T3, três fileiras, cada uma com seis amostras, totalizando 36 corpos de provas, onde os mesmos foram imersos em água, com vácuo para saturação total dos corpos durante 3 dias, logo após foram retiradas as medidas radiais e tangenciais, afim de ter noção da contração. Após saturar, os corpos de provas foram para estufa a 103 ± 2 °C durante três dias e foi retirado as medidas radiais e tangenciais novamente para analisar a alteração.

4.4 Processamento da madeira

O processo de desbaste e processamento primário se deu mediante corte com motosserra (modelo MS – 170) operada por mão de obra qualificada. O equipamento apresentava um sabre de 30 cm e 22 dentes, tendo um corte na madeira de 3,9 mm.

O método de desdobro empregado foi seguindo a orientação de corte tangencial, retirando o máximo de tábuas possíveis em cada tora. A espessura das pranchas variou entre 6,0 e 4,0 cm e a largura ficou entre uma variação de 20,0 e 36,0 cm de acordo com o diâmetro das toras desdobradas.

O processo de aplainamento das tábuas foi executado em quatro tábuas retiradas das toras T1 e T3. Dessas quatro tábuas, duas foram aplainadas no LUPM/DCF e as outras duas tábuas foram aplainadas, em uma marcenaria familiar localizada em um ponto cultural conhecido como Centro de Desenvolvimento Sustentável Oxogumlade (CPDS Oxogumlade) no povoado Caípe Velho localizado no município de São Cristóvão.

No LUPM/DCF, o aplainamento foi realizado por meio de uma plaina desempenadeira com rotação de 3460 min^{-1} , duas facas recém afiadas e cabeçote de 10,0 cm de diâmetro e o controle da velocidade de avanço foi de forma manual executada por marceneiro experiente e treinado. Já no CPDS Oxogumlade, o aplainamento foi realizado com auxílio de plaina elétrica, modelo M1902 de 500 watts de potência, com uma rotação de 16000 min^{-1} e foi executado pelo próprio autor, em que o mesmo se atentou em manter a mesma velocidade de avanço durante todo o aplainamento (Figura 3).



FIGURA 3 – Processo de aplainamento das tábuas. Em que: A) aplainamento executado no LUPM/DCF e B) aplainamento executado no C. P. D. S. Oxogumlade
 FONTE: AUTOR (2024)

4.5 Qualidade superficial da madeira

O resultado do processamento mecânico da madeira obtido após o aplainamento das tábuas foi obtido por meio das análises da qualidade superficial da madeira, sendo elas, rugosidade, análise visual e *sunset* laser. Para a avaliação da qualidade da superfície as tábuas foram seccionadas em quatro partes para atender as limitações da coleta de dados da metodologia do *sunset* laser. Toda avaliação da superfície aplainada foi realizada no Laboratório de Análise Qualitativa da Madeira (LAQM/DCF) e contou com auxílio de equipe treinada.

A avaliação da rugosidade superficial foi realizada com rugosímetro de arraste, da marca Mitutoyo, do modelo SURFTEST SJ-210 e os parâmetros avaliados foram R_a , R_q e R_z (Figura 4). A coleta dos parâmetros de rugosidade foi obtida após leitura em três pontos diferentes em cada tábua avaliada. Após isso, foi calculada a média aritmética dos três valores obtidos em cada medição. Esta estratégia permitiu criar um ponto de referência entre as diferentes condições de aplainamento aplicadas à superfície das amostras.



FIGURA 4 – Rugosímetro
FONTE: AUTOR (2024)

De acordo com Silva et al. (2006) e Gonzales (1987) os parâmetros disponibilizados pelo rugosímetro avaliando a expressão matemática nele baseada, onde avalia a variação vertical das superfícies, mostrados pelos picos e vales, já a outra variação avaliada é o deslocamento horizontal do sensor (agulha). Todos esses parâmetros e as variáveis estudadas são:

- a) R_a – é um parâmetro onde a sua média aritmética das alturas do perfil
- b) R_q – é um parâmetro, onde sua base de medição da textura é semelhante à usada do no parâmetro do R_a , sua rugosidade é determinada pela raiz quadrada média dos quadrados das ordenadas do perfil e
- c) R_z – é um parâmetro, que tem como base a média de todos os valores de R_t , a sua rugosidade é determinada por meio dessa expressão.

A análise visual das superfícies aplainadas foi executada em conformidade com a norma D1666-17 (ASTM, 2017) em que se estabeleceu notas de 1 à 5 de acordo com a intensidade dos defeitos avaliados, arrepiamento e arrancamento das fibras. Afim de diminuir a subjetividade intrínseca à norma, sua avaliação se deu com base na percepção de três avaliadores e posteriormente foi realizada a média aritmética entre as notas dadas por cada avaliador. Desse modo, cada tábua aplainada recebeu uma nota referente a sua qualidade superficial (Tabela 1).

TABELA 1 – Notas atribuídas para cada qualidade da superfície de madeira usinada

Notas	Qualidade da superfície da madeira usinada	classificação da superfície aplainada
1	Superfície isenta de quaisquer defeitos	Excelente (isenta de defeitos)
2	Presença de arrepimento leve a médio	Boa
3	Presença de arrepimento forte e arrancamento leve	Regular
4	Presença de arrepimento forte e arrancamento leve a médio	Ruim
5	Presença de arrancamento forte, independente da presença de arrepimento	Muito Ruim

FONTE: ASTM (2017)

A coleta dos dados de área do defeito medida pelo *sunset* laser foi executada mediante aplicação de quatro feixes de luz laser de baixa potência e com inclinação de 3° sob os corpos de prova. O laser utilizado possuía um comprimento de onda de 632 nm, com uma potência de 5 mW.

Após a preparação e ajuste do laser, as imagens foram capturadas (Figura 9), usando uma câmera de celular da marca Samsung modelo A54, tendo um sensor principal de 50 MP e mais dois sensores de 12 MP e 5 MP. A câmera ficou a uma distância de 30 cm das peças em uma posição perpendicular, conforme metodologia sugerida por Rocha (2023).



FIGURA 5 – Estrutura sunset laser. Em que: A) estrutura de suporte do sunset laser e B) estrutura em uso com baixa iluminação externa para não interferir na coleta de dados
Fonte: ROCHA (2023)

As fotos obtidas das peças adquiridas foram submetidas a análise pelo software livre *ImageJ*. Por meio desse tratamento foi possível observar as imperfeições, em que as áreas com imperfeições ficam sombreadas nas imagens dando tons mais escuros. Diante dessa percepção conseguimos ver que nas áreas onde as peças foram usinadas deixaram algum defeito sob a peça ou não.

O processamento dessas fotos ocorreu na transformação das imagens do formato RGB para imagens em 8 bit, para que em seguida fosse possível a aplicação do processo de binarização nessas imagens. Essa etapa de binarização é muito importante, pois é nesse momento que conseguimos focar apenas nos defeitos ocasionados pela usinagem, focando em possíveis arrancamentos, arrepios e outro defeito visual que apareça, nessa análise visual foi visto os arrepios, foi organizado a visualização de pixels que originalmente são entre de 0 a 255 e foi necessário descer para entre 0 a 40 para um foco visual maior para percepção de falhas.

4.6 Análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) para os dados de contração volumétrica, densidade, umidade e rugosidade da madeira, considerando como fator de variação o tipo de plaina utilizada. As análises foram realizadas por meio do

programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2019). A análise de variância (ANOVA) foi realizada à 5% de significância, essa sendo significativa foi realizado o teste de Scott-Knott à 5% de significância (SCOTT & KNOTT, 1974).

Os dados qualitativos obtidos pela avaliação visual e área do defeito pelo *sunset* laser foram avaliados empregando a regressão linear simples.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Curva de secagem

Observa-se na Figura 6 o comportamento da secagem da madeira. Verifica-se que em cinco semanas o teor de umidade já apresentou valores próximos aos teores de umidade de equilíbrio (UE) de 14,31%, ficando a umidade da madeira estável. Segundo os estudos da Santana (2013) o valor UE médio para o estado de Sergipe é de 13,75% utilizando a equação Hailwood e Harrobin (um hidrato) tendo também um valor aproximado ao encontrado por esse estudo.

A pilha atingiu o equilíbrio na sua oitava semana, com uma UE de 14,31% (Figura 6).

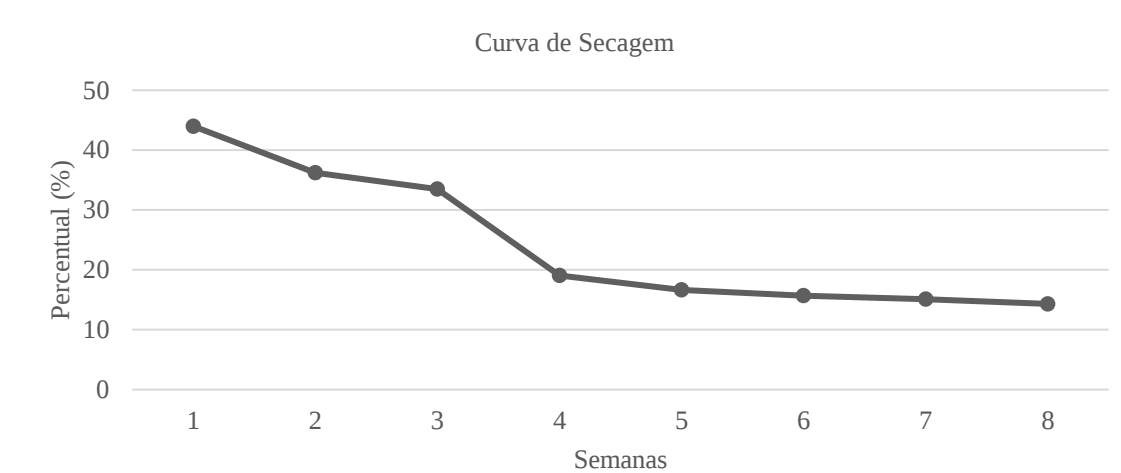


FIGURA 6 – Curva de Secagem das tábuas de *Azadirachta indica juss.*

FONTE: AUTOR

De acordo com Sá (2013) a UE para o município de São Cristóvão está em torno de 14%, o que está de acordo com a umidade estabilizada da madeira de Nim. Importante observar que o período que a madeira levou para chegar a UE da região foi curto, demonstrando a facilidade de secagem da madeira. Foram encontrados valores próximos a este no estudo da Sá (2013) que relatou uma UE de 14,50% para a espécie *Cedrella odorata* na época, de chuvas e umidade relativa do ar elevadas no estado de Sergipe. Pode-se inferir que o comportamento de perda rápida do teor de umidade da madeira é uma característica

dessa espécie, pelo fato das condições edafoclimáticas do ambiente durante o andamento do trabalho não serem propícias a uma perda de umidade em um período curto, já que a secagem da madeira necessita possuir temperaturas mais elevadas, uma boa circulação de ar e uma umidade relativa do ar em equilíbrio

5.2 Retratabilidade e Densidade

Observando os resultados obtidos pela análise de variância (ANOVA), notou-se que as médias encontradas tanto para contrações tangenciais como para as contrações radiais não apresentaram diferenças significativa nem para T1 e nem para T3. Já o valor médio da densidade para amostras T1 e T3 foi de 0,70861 g/cm³ (Tabela 2). Ponderando o valor da análise conseguimos classificar o objeto estudado em densidade mediana. Para Silva *et al.*, (2015) madeiras com densidades acima de 0,72 g/cm³ são classificadas como madeiras de densidade média.

TABELA 2 - Resumo da ANOVA para Retratabilidade e Densidade

FV	GL	QM		
Tratamento	1	CTg	CRd	Densidade
		47,909 ^{ns}	6,820 ^{ns}	0,00466*
Repetição	17	22,734	2,144	0,001564
Erro	17	22,897	2,450	0,00094
CV (%)		31,63	25,460	4,33
Média Geral		15,127	6,148	0,70861

^{ns} não significativo a 5% de significância. * teve significância a 5%. CTg: Contração Tangencial. CRd: Contração Radial.

FONTE: AUTOR

Trazendo uma comparação entre as madeiras que são mais utilizadas comercialmente no Brasil, podemos avaliar que a densidade encontrada para o Nim foi distante das demais utilizadas no mercado brasileiro, como exemplo, *E. grandis* 0,45 g/cm³, *E. urograndis* 0,54 g/cm³, *Pinus sp.* 0,446 g/cm³(FOELKEL *et al.*, 1971), *C. odorata* 0,520 g/cm³, *C. fissilis* 0,304 g/cm³ (FERNANDES *et al.*, 2017), *Swietenia macrophylla* King 0,520 g/cm³(REBOLETO, 2016), *Khaya grandifoliola* 0,480 g/cm³(ALMEIDA *et al.*, 2023) e *Tectona grandis* 0,630 g/cm³(LIMA *et al.*, 2011).

5.3 Rugosidade

Os dados encontrados pela ANOVA para os parâmetros de Ra, Rq e Rz da *Azadirachta indica juss*, nos informa que não ocorreu diferenciação significativa nos tratamentos executados para T1 e T3, tanto para marcenaria do LUPM/DCF quanto para os

tratamentos feitos na marcenaria familiar do autor, mostrando assim que independente do maquinário utilizado, e tendo um operador capacitado, a madeira vai apresentar uma boa resposta, tendo em relação a superfície aplainada levando em consideração os parâmetros de Ra, Rq e Rz.

TABELA 3 – Resumo da ANOVA para Rugosidade

FV	GL	QM		
		Ra	Rq	Rz
Tratamento	3	0,059449	0,238	0,843804
Repetição	5	0,019248	0,120	0,451894
Erro	15	0,049225	1,255	1,312748
CV (%)		56,35	60,670	56,8
Média Geral		0,394	0,477	2,0170833

^{ns} não significativo a 5% de significância.

FONTE: AUTOR

5.4 Análise Visual e *Sunset* Laser

Analisando os resultados obtidos da análise visual comparados com os dados do *Sunset* laser com base nos parâmetros da norma ASTM D 1666-22, foi possível identificar que as T1e T3 Familiar, que obtiveram tratamento utilizando a plaina elétrica manual de modelo M1902 obtiveram o resultado de $R^2 = 0,9772$ (Figura 7).

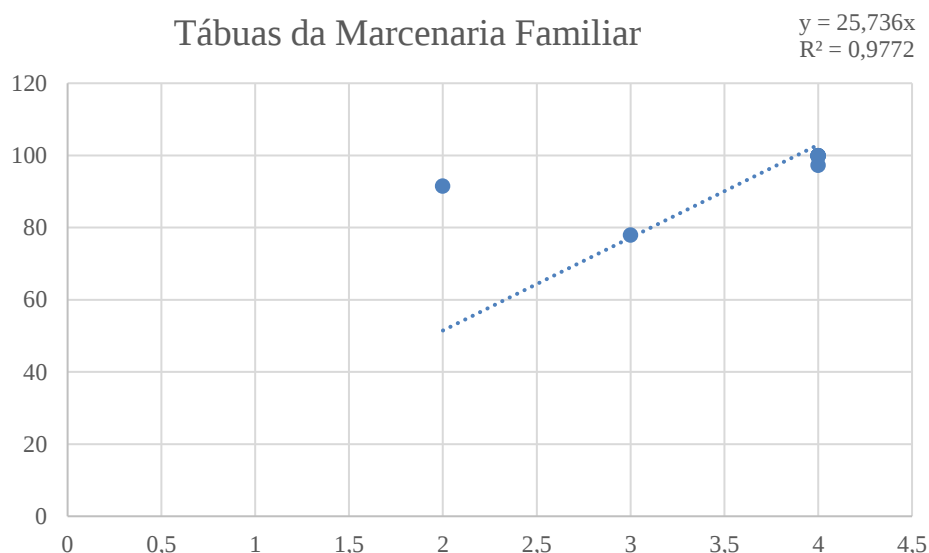


FIGURA 7 – Interação do *Sunset* laser com Área visual para tabua da T1 e T3 aplainada na marcenaria familiar.

FONTE: AUTOR

Ao se comparar as mesmas toras T1 e T3, tratadas na marcenaria da LUPM/DCF utilizando a plaina desempenadeira de bancada foi obtido o valor de $R^2 = 0,8793$ (Figura 8).

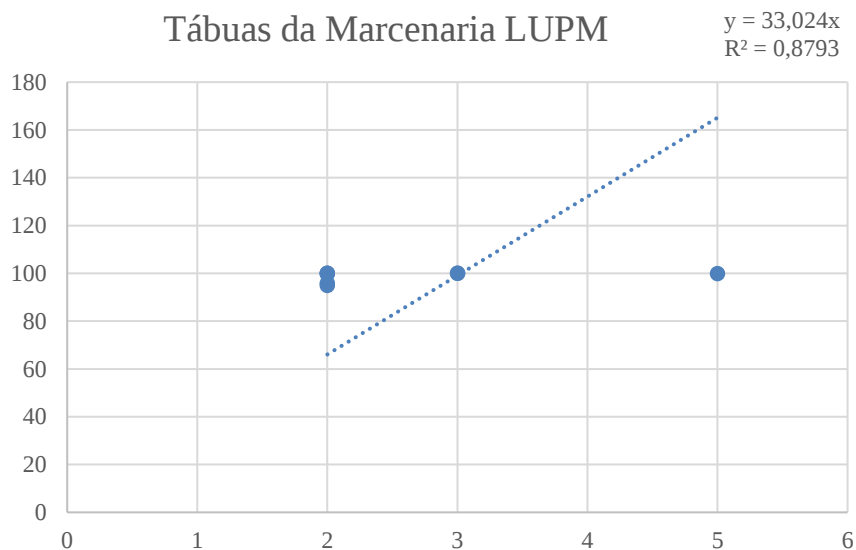


FIGURA 8 – Interação do *Sunset* laser com Área visual para tábuas da T1 e T3 na marcenaria LUPM/DCF.

FONTE: AUTOR

Considerando os dois resultados obtidos e entendendo a correlação de Pearson, onde duas variáveis estão sendo relacionadas de maneira linear, esperando que os pontos aproximem-se da reta crescente do gráficos. É possível inferir que o tratamento executado na marcenaria Familiar, por apresentar o R^2 mais próximo do valor de 1, onde o valor de 1 indicam uma correlação ótima entre os testes de Análise visual e *Sunset* laser.

6. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, conclui-se que:

- A madeira apresentou uma secagem rápida de oito semanas e dentro dos padrões UE% esperados para região do estado de Sergipe, de 14%;
- A densidade média para a madeira de Nim foi de 0,701 g/cm³;
- A madeira não apresentou diferença significativa quanto a análise de contração;
- A madeira não apresentou diferença significativa na qualidade da superfície usinada quanto a análise de rugosidade;
- A amostra das tabuas pras toras um e três (T1 e T3) Familiar apresentaram o $R^2 = 0,9772$ mostrando assim melhores qualidades de superfície usinada em comparação com as amostras das toras um e três (T1 e T3) LUPM.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Lauanda Gomes de, BRITO, Alice Soares, SILVA, Angélica Barbosa, GOMES, Deborah Silva, COSTA, Talita Emanuele Gomes da. **Avaliação da densidade básica da madeira de Mogno Africano**. In: IFIntegra, 2023, Anais eletrônicos [...]. Montes Claros: IFNMG, 2024. Disponível em: https://eventos.ifnmg.edu.br/if_integra_2023/650e222402bb5.pdf. Acesso em 10 de Oct. 2024.
- AMMON, R. D. A. (2011). **Anatomia do lenho de dez espécies de Eucalyptus L'Hér.** In: CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2014. v. 5, p. 515-522.
- AMORIM, Erick Phelipe; PAES, Juarez Benigno; NICÁCIO, Marcos Alves. **ANISOTROPIA DA CONTRAÇÃO E INCHAMENTO DA MADEIRA: uma abordagem tecnológica**. Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil: Qualidade, Pesquisas e Atualidades - Volume 2, [S.L.], p. 81-100, 2021. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/211006537>
- ANDRADE, Anna Carolina de Almeida et al. **Utilização da técnica *sunset* laser para distinguir superfícies usinadas de madeira com qualidades similares**. Cerne, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 159-162, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201622022025>.
- ARANTES, M. D. C. et al. **Densitometria de raios X na madeira e carvão de clone de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden x Eucalyptus urophylla S. T. Blake**. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 40, n. 1, p. 155-162, 2016.
- ARAÚJO HJB. **Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras**. Floresta 2007; 37(3): 399-416. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v37i3.9937>.
- BENITES, P.K.R.M.; GOUVÊA, A.F.G.; CARVALHO, A.M.M.L.; SILVA, F.C.. **Caracterização Anatômica das Fibras de Oito Espécies Florestais do Cerrado de Mato Grosso do Sul para a Produção de Papel**. Revista Ciência da Madeira - Rcm, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 88-93, 31 ago. 2015. Revista de Ciência de Madeira. <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v6n2p88-93>.
- BURATTA, Caterina Carvalhal. **Propriedades tecnológicas e de superfície da madeira de mogno africano (Khaya ivorensis) sob efeito de tratamento térmico**. 2016. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.
- CAMPOS, A., NATHANNA MARCELINO DE MOURA, J., SOUZA DE CAMPOS, A., CINTIA SILVA DE FREITAS, M., DA MOTA MOURA, G., SZUTA DA SILVA, D., &

- ANDRÉ TRAZZI, P. (2022) *et al.* **Avaliações bibliométricas sobre a influência da silvicultura na densidade da madeira.** 9º congresso florestal brasileiro, 1(1), 326–329.
- CARPINETTI, L. C. R. *et al.* **RUGOSIDADE SUPERFICIAL:** conceitos e princípios de medição. São Carlos: Eesc-Usp, 1996. 55 p.
- Carvalho, P. E. R. 2003. *Canjarana: Cabralea canjerana subsp. canjerana*. Brasília: **Embrapa**, 2003. CNPF.
- CARVALHO, S. R. de., *et al.* Análise das propriedades físicas da madeira de Mogno (*Swietenia macrophylla* King) em floresta plantada na Amazônia Central / Analysis of the physical properties of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) wood in a planted forest in Central Amazonia. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 2749-2763, 28 jun. 2021. South Florida Publishing LLC.
- CELIS, A. M., LIMA, J., SANTOS, J., OITICICA, M. L. **A utilização da Simulação computacional como ferramenta para a análise do microclima urbano do Campus Universitário São Cristóvão – SE.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–11. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2227.
- COSTA, R. B. da *et al.* Melhoramento de Espécies Alternativas para o Centro Oeste - Teca. **Workshop Sobre Melhoramento de Espécies Florestais e Palmáceas no Brasil, Colombo**, v. 62, n. [], p. 154-167, ago. 2001.
- COUTINHO, S. de A. **Cultivo e mercado da teca.** 2017. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/18-cultivo-e-mercado-da-teca/>.
- CRUZ, T. M., BORGES, C. C., DUARTE, P. J., SIMETTI, R., ROSADO, S. C. DA S., & SILVA, J. R. M. da. (2020). **Análise da superfície usinada da madeira de clones de *Toona ciliata*; *M. Roemer* var. *australis*.** *Ciência Florestal*, 30(3), 809–818.
- DE CADEMARTORI, P. H. G., GATTO, D. A., & STANGERLIN, D. M. Descrição macroscópica das madeiras de *Cedrela fissilis* vell., *Cedrela odorata*., *Cedrelinga catenaeformis ducke*. Embrapa arroz e feijão. Circular técnica, 62: Cultivo e utilização do nim indiano. 62 ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 12 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/212487>. Acesso em: 19 set. 2023.
- DELUCIS, R. de A. *et al.* **Segregação e variação radial de propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo).** *Piracicaba*, v. 41, n. 12, p. 549-556, dez. 2013.
- DIAS, A. C. C., *et al.* **Relação entre a densidade básica e as retrações em madeira de teca.** *Revista Ciência da Madeira - Rcm, Vazante*, v. 9, n. 1, p. 37-44, 1 mar. 2018. *Revista de Ciencia de Madeira*. <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v9n1p37-44>.
- DIAS, D. da C. **Resistograph use in modeling basic density of clones of eucalypt.** 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade da madeira; Tecnologia de celulose e papel) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- DURLO, MIGUEL ANTÃO. Influência da temperatura de secagem no comportamento higroscópico da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 7-21, out. 1991.

- EUFRADE-JUNIOR, Humberto de Jesus et al. **Predição do teor de umidade de toras longas de madeira de *Eucalyptus urophylla* estocadas em pilhas ao ar livre**. Scientia Forestalis, [S.L.], v. 49, n. 130, p. 1-11, 1 jun. 2021. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v49n130.03>.
- FERNANDES, Neila Cristina Lima; VALLE, Mara Lúcia Agostini; CALDERON, Claudene Menezes Atayde. **Características Físicas e Anatômicas de *Cedrela odorata* L. e *Cedrelinga cateniformis* Ducke**. Floresta e Ambiente, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 1-10, 11 dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.100814>.
- FLORES, T. B.; SOUZA, V. C.; COELHO, R. L. G.. **Flora do Espírito Santo: Meliaceae**. Rodriguésia, v. 68, n. 5, p. 1693–1723, out. 2017.
- FOELKEL, Celso Edmundo Bochetti; BRASIL, Maria Aparecida Mourão; BARRICHELO, Luiz Ernesto George. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. Ipef, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 65-74, out. 1971.
- GALVÃO, A. Paulo M.. **Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil**. Ipef, Piracicaba, v. 11, n. 4, p. 53-65, out. 1975.
- GOMES, Joaquim Ivanir. **Conhecendo Espécies de Plantas da Amazônia: Mogno (*Swietenia macrophylla* King– Meliaceae)**. Belém, v. 266, n. 1, p. 1-7, ago. 2015
- GOUVÊA, A. F. G. et al. **Determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos**. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 3, n. 2, p. 349-358, 2011.
- JM RODA. **Comparison of wood properties of planted big-leaf mahogany (*Swietenia Macrophylla*) in martinique island with naturally grown mahogany from Brazil, Mexico and Peru**. Journal of Tropical Forest Science (JTFS) , [S. l.], v. 23, n. 3, p. 252–259, 2022. Disponível em: <https://jtfs.frim.gov.my/jtfs/article/view/622>. Acesso em: 19 oct. 2024.
- JUNQUEIRA, AMANDA ARANTES. **Potencial madeireiro de espécies nativas do Brasil em plantio comercial**. 2022. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas, Seropédica, 2022.
- LIMA, Israel Luiz de; GARCIA, Rafael; LONGUI, Eduardo Luiz; FLORSHEIM, E Sandra Monteiro Borges. **Dimensões anatômicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. em função do espaçamento e da posição radial do tronco**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 39, n. 6, p. 61-68, mar. 2011.
- LOPES, Camila Santos Doubek et al. **Avaliação da rugosidade superficial da madeira de *Eucalyptus* sp submetida ao fresamento periférico**. CERNE, v. 20, n. 3, p. 471-476, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104776020142003875>.
- MARTINS, Varlone Alves. Secagem de Madeira Serrada. Brasília: Ministério da Agricultura, 1988. 53 p. BRAZ, Rafael Leite; DUARTE, Ana Paula Coelho; OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; MOTTA, Javan Pereira; ROSADO, Antônio Marcos. **Curva Característica de Secagem da Madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao Ar Livre**. Floresta e Ambiente, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 117-123, mar. 2015. REZENDE, Marcos Antonio de et al. ESTUDO DAS INTERRELAÇÕES ENTRE MASSA ESPECÍFICA, RETRATIBILIDADE E UMIDADE DA MADEIRA DO *Pinus caribaea* var. *hondurensis* AOS 8 ANOS DE IDADE. Research Paper, Botucatu, v. 48, n. 49, p. 133-141, dez. 1995. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.037913>.

MELO JÚNIOR, João Carlos F.; OLIVEIRA, Gustavo Borba; BRODBECK, Bruna; SALVADOR, Heloísa Fagundes; CORREIA, Deivid. **Anatomia e condutividade hidráulica da madeira de nectandra oppositifolia (Lauraceae)**: subsídios para o manejo silvicultural. Tecnologia de Produtos Florestais: pesquisas e desenvolvimento, [S.L.], p. 28-43, 2022. Editora Científica Digital.

MÜLLER, Bruna Verediana; ROCHA, Márcio Pereira da; CUNHA, Alessandro Bayestorf; KLITZKE, Ricardo Jorge; NICOLETTI, Marcos Felipe. **Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage**. Floresta e Ambiente, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 535-542, 10 out. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.050413>.

NEVES, Edinelson José Maciel *et al.* **A Cultura do Nim**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 106 p.

NEVES, Edinelson José Maciel; CARPANEZZI, Antonio Aparecido. **Prospecção do cultivo do nim (Azadirachta indica) no Brasil**. Embrapa Florestas, 2009. 34 p.

NICACIO, Marcos; SOARES, Antônio; AMORIM, Erick; PAES, Juarez; ARAUJO, Bruno. **Umidade de equilíbrio e histerese de sorção na madeira, bambu e em produtos derivados**. Open Science Research XI, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 111-132, 31 maio 2023. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/230512971>.

OLIVEIRA, Mônica B. *et al.* **Utilização da técnica sunset laser para qualificação superficial em pisos de madeira**. 2015. 7 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Belo Horizonte, 2015.

PÁDUA, Franciane Andrade de. **Amostragem para avaliação da densidade básica da madeira de um**. 2009. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação de Ciências e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Embrapa Florestas (Documento 38), p. 113, 2000.

REBOLETO, Isabela Dias. **Propriedades físico-mecânicas da madeira de mogno brasileiro proveniente de plantios homogêneos**. 2016. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.

RIBEIRO, Andressa; FERRAZ FILHO, Antonio Carlos; SCOLFORO, José Roberto Soares. **O Cultivo do Mogno Africano (Khaya spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil**. Floresta e Ambiente, Lavras, v. 24, n. 1, p. 3-3, abr. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.076814>

RODRIGUES, Waldemir. **Determinação do teor de umidade em madeiras por meio de medidores elétricos**. 1999. 87 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

SÁ, Criz Regina. **Comportamento da umidade de equilíbrio da madeira de 45 espécies florestais nativas**. 2013. Monografia-Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013

SANTANA, Joyce Moraes. **Estimativa da umidade de equilíbrio para alguns municípios do estado de Sergipe mediante equações**. 2013. Monografia-Universidade Federal de Sergipe.

SILVA FILHO, Carlos Roberto Fernandes da. **Ensaio de usinagem aplicados à painéis à base de madeira**. 2010. 43 f. Tese (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; BRAGA, P. P. C.; TRUGILHO, P. F. **A utilização de rugosímetro na qualificação de superfícies usinadas em madeiras de Eucalyptus sp.** Anais. Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira (EBRAMEN), São Pedro, 2006.

SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; BRAGA, P. P. C.; TRUGILHO, P. F. **A utilização de rugosímetro na qualificação das superfícies usinadas em madeiras de Eucalyptus sp.** In: ENCONTRO NACIONAL EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. Anais... São Carlos: EBRAMEN, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, J.R.M. **Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden**. Revista Árvore. v.29, n.3, p.479-487, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/CwZKqGFb9NmC6pgTkRJMb3K/?lang=pt>. Acesso em 10 de jun, 2023.

Silva, M. R., Mori, F. A., Rabelo, G. F., & Braga Jr., R. A.. (2005). **Interação da luz laser para a avaliação da textura de madeiras nativas e de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden**. Ciência Florestal, 15(2), 167–175. <https://doi.org/10.5902/198050981834>.

SKAAR, C. Wood-water relations. New York: **Springer**, 1988. 283p. (Springer Series in Wood Science).

SOARES, F. P. et al. **Cultivo e usos do nim** (Azadirachta indica A. Juss). Lavras: Editora UFLA, 14p.

SOUZA JUNIOR, Nelson Diogo de. **Qualidade de superfície na produção de peças S2S no setor de usinagem de uma indústria de molduras de pinus**. 2009. 40 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

WENDLING, I. (2003). **Propagação vegetativa**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA.

ZIECH, Raiana Quirino de Souza. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (Toona ciliata M. Roem) produzida no sul do estado de minas gerais**. 2008. 106 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.