

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Usinagem da Madeira de *Tectona grandis* Linn F.  
Jovem Proveniente de Diferentes Materiais  
Genéticos e Espaçamentos de Plantio**

**Osmar de Freitas Neves Junior**

**2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**USINAGEM DA MADEIRA DE *Tectona grandis* LINN F. JOVEM  
PROVENIENTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS  
E ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO**

**OSMAR DE FREITAS NEVES JUNIOR**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Alexandre Monteiro de Carvalho**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais

Seropédica, RJ  
Junho de 2022

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N511u      Neves Junior, Osmar de Freitas, 1990-  
Usinagem da madeira de *Tectona grandis* Linn F.  
jovem proveniente de diferentes materiais genéticos e  
espaçamentos de plantio / Osmar de Freitas Neves  
Junior. - Rio de Janeiro, 2022.  
66 f.: il.

            Orientador: Alexandre Monteiro de Carvalho.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais e Florestais, 2022.

            1. Processamento mecânico da madeira. 2. Utilização  
madeira da teca jovem. 3. Propriedades tecnológicas  
da madeira. I. Monteiro de Carvalho, Alexandre, 1971  
, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais e Florestais III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**OSMAR DE FREITAS NEVES JUNIOR**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/06/2022

---

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho - UFRRJ  
(Orientador)

---

Prof. Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca - UFRRJ  
(Membro interno)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Anna Carolina de Almeida Andrade - UFS  
(Membro externo)



Emitido em 14/06/2022

ATA Nº 2609/2022 - DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 27/06/2022 12:27 )

ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)

Matrícula: 1486653

(Assinado digitalmente em 27/06/2022 14:35 )

JOAO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptPF (12.28.01.00.00.00.30)

Matrícula: 1216943

(Assinado digitalmente em 30/06/2022 16:44 )

OSMAR DE FREITAS NEVES JUNIOR

DISCENTE

Matrícula: 20191001583

(Assinado digitalmente em 28/06/2022 22:06 )

ANNA CAROLINA DE ALMEIDA ANDRADE

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 079.965.186-96

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrj.br/documentos/> informando seu número: **2609**, ano: **2022**, tipo: **ATA**, data de emissão: **27/06/2022** e o código de verificação: **90add50136**

## DEDICATÓRIA

*Aos meus familiares que vivem  
nessa terra e aos que vivem  
no meu coração.  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Osmar de Freitas Neves (*in memoriam*), que já se foi, mas que se faz presente em todos os dias da minha vida.

À minha mãe, Neide de Almeida Neves, que juntamente com meu pai, não mediu esforços para que eu chegasse até aqui. O que há de bom em mim, em sua grande maioria, herdei deles.

À minha amada irmã, Bianca Cristina. Se os anjos da guarda existem, ela é o meu.

À minha namorada, Luciana Mendes. Um tesouro que encontrei pelos corredores da Rural. Se até aqui eu tiver contribuído com ela o quanto ela contribuiu comigo, me considero um homem feliz.

Ao povo brasileiro, por financiar meus estudos.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de estudar em uma universidade gratuita e de qualidade, proporcionando-me as condições para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF), pela oportunidade de aprendizado. Destaco, ainda, os Professores Alexandre Miguel do Nascimento, Fernando José Borges Gomes e João Vicente de Figueiredo Latorraca, que me proporcionaram um aprofundamento no conhecimento científico durante o mestrado.

Ao meu orientador e amigo, Professor Alexandre Monteiro de Carvalho, pessoa extraordinária, por me acompanhar da graduação ao mestrado, e se o futuro assim permitir, que me acompanhe por mais muitos e muitos anos.

Aos membros da banca examinadora, Professora Anna Carolina de Almeida Andrade e Professor João Vicente de Figueiredo Latorraca, pelas contribuições a este trabalho.

À Empresa *Teak Resources Company* (TRC), por ter cedido o material alvo do meu estudo.

Ao meu Professor João Vicente de Figueiredo Latorraca, pelo convite para participar de parte desse grande projeto.

Aos membros do Laboratório de Processamento de Madeira (LPM), em especial ao amigo José Mário, que extraiu gargalhadas de mim quando estive no meu momento mais delicado, e sem o qual este trabalho não teria sido possível de ser realizado. Também ao Carlos Eduardo “Cadu”, valioso amigo que me faz evoluir. À querida Amanda Arantes, por toda a ajuda e conselhos. Aos amigos Cláudio Domingos, José Cardozo, Rodrigo Borges, Celi Ramos e a todos os demais.

Aos membros do Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira (NPQM), em especial: Anne, Poli, Jonnys e, por fim, mas não menos importante, e sim principalmente, Fábio, meu querido e valioso amigo.

Aos meus amigos de dentro e fora da sala de aula: Wayka Preston, Aécio Dantas, Jéssica Grama, Thaís Paula e Laís Cândido.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de Financiamento 001.

## RESUMO

NEVES JUNIOR, Osmar de Freitas. **Usinagem da madeira de *Tectona grandis* Linn F. jovem proveniente de diferentes materiais genéticos e espaçamentos de plantio.** 2022. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

As indústrias madeireiras localizadas no Brasil utilizam, atualmente, a madeira dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, em larga escala, para fins de processamento mecânico. No entanto, como uma boa alternativa de investimento, o reflorestamento com a espécie *Tectona grandis* Linn F., popularmente conhecida como teca, vem se destacando por questões relacionadas à sua produtividade e qualidade de sua madeira, explicada pelas suas favoráveis propriedades físicas, mecânicas, durabilidade, resistência natural ao ataque de agentes xilófagos, estabilidade dimensional e facilidade no processamento. Nos países de origem, sua madeira é explorada entre os 50 e 80 anos, enquanto no Brasil, devido a diversos fatores, o período de exploração foi reduzido para idades entre 20 e 25 anos. Até o final desse ciclo são realizados desbastes no povoamento, sendo esse material denominado como “teca jovem” sendo comercializada com valores inferiores em relação à madeira adulta. A compreensão acerca de um material é fator essencial para viabilizar o seu uso de forma racional. Sendo assim, o objetivo geral desse estudo foi avaliar a usinabilidade da madeira de quatro materiais genéticos da espécie *Tectona grandis* Linn F., provenientes de dois espaçamentos de plantio, visando fornecimento de matéria-prima para a indústria madeireira. A matéria-prima utilizada neste estudo foi disponibilizada pela empresa *Teak Resources Company*, sendo constituída de indivíduos de teca com 12 anos de idade. Foram selecionados quatro materiais genéticos (clonais e seminais) em dois espaçamentos de plantio (4x4 e 4x3 m). O material foi submetido ao desdobro e secagem em estufa. Foi realizada a determinação das propriedades físicas da madeira, avaliação visual do comportamento obtido nas operações de usinagem e determinação de parâmetros de rugosidade. Em relação às avaliações visuais do material resultante das operações de usinagem, os resultados foram satisfatórios, sendo classificados, em sua maioria com desempenho de “excelente” a “bom”, e em menor frequência como “regular”, sugerindo que a matéria-prima, de pouca idade, pode ser utilizada para diversos fins que requerem elevada qualidade superficial da madeira. De modo geral, os materiais genéticos provenientes de clonagem e o espaçamento de plantio de 4 x 4 m geraram madeiras com os maiores valores médios de densidade. Os fatores material genético e espaçamento de plantio, isoladamente, não apresentaram diferenças significativas nos valores médios do coeficiente de anisotropia, os quais foram elevados, indicando a utilização de programas de secagem brandos, cuidados no armazenamento e processamento. A rugosidade das matérias-primas, avaliada por meio dos parâmetros de rugosidade média e rugosidade total, não apresentaram associações com os fatores material genético e espaçamento de plantio, e sim com o método de usinagem adotado.

**Palavras-chave:** processamento mecânico da madeira; utilização madeireira da teca jovem; propriedades tecnológicas da madeira.

## ABSTRACT

NEVES JUNIOR, Osmar de Freitas. **Wood machining of young *Tectona grandis* Linn F. from different genetic materials and planting spacing.** 2022. 66p. Dissertation (Master in Forest and Environmental Sciences, Science and Technology of Forest Products). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

The lumber industries located in Brazil currently use wood from the *Pinus* and *Eucalyptus* genera, on a large scale, for mechanical processing purposes. However, as a good investment alternative, reforestation with the species *Tectona grandis* Linn F., popularly known as teak has been highlighted by issues related to its productivity and quality of its wood, explained by its favorable physical, mechanical, durability, natural resistance to attack by xylophagous agents, dimensional stability and ease of processing. In the countries of origin, its wood is exploited between the ages of 50 and 80, while in Brazil, due to several factors, the period of exploitation was reduced to ages between 20 and 25 years. Until the end of this cycle, thinning is carried out in the stand, and this material is called “young teak” and is sold at lower values compared to adult wood. Understanding a material is an essential factor to enable its rational use. Therefore, the general objective of this study was to evaluate the wood machinability of four genetic materials of the species *Tectona grandis* Linn F., from two planting spacings, aiming to supply raw material for the wood industry. The raw material used in this study was made available by the Teak Resources Company, consisting of 12-year-old teak individuals. Four genetic materials (clonal and seminal) were selected in two planting spacings (4x4 and 4x3 m). The material was submitted to splitting and drying in an oven. The determination of the physical properties of the wood, visual evaluation of the behavior obtained in the machining operations and determination of roughness parameters were carried out. Regarding the visual evaluations of the material resulting from the machining operations, the results were satisfactory, being classified, mostly with performance from "excellent" to "good", and less frequently as "regular", suggesting that the raw material, of young age, can be used for various purposes that require high surface quality of wood. In general, the genetic materials from cloning and the planting spacing of 4 x 4 m generated wood with the highest average density values. The factors genetic material and planting spacing, individually, did not present significant differences in the average values of the anisotropy coefficient, which were high, indicating the use of mild drying programs, care in storage and processing. The roughness of the raw materials, evaluated through the parameters of average roughness and total roughness, did not present associations with the factors genetic material and planting spacing, but with the adopted machining method.

**Keywords:** mechanical processing of wood; timber use of young teak; technological properties of wood.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Representação das estruturas morfológicas da espécie *Tectona grandis*. Em que – A: indivíduo de teca; B: inflorescência; C: folha; D: casca. Fonte: compilação do autor<sup>1</sup>. .....4
- Figura 2. Países produtores de teca e exportadores de madeira na forma de tora, entre 2005 e 2014. As cores indicam os volumes médios em m<sup>3</sup>/ano. Fonte: Adaptado de Kollert e Walotek (2015). .....6
- Figura 3. Países produtores de teca e exportadores de madeira serrada, entre 2005 e 2014. As cores indicam os volumes médios em m<sup>3</sup>/ano. Fonte: Adaptado de Kollert e Walotek (2015). 6
- Figura 4. Representação do parâmetro Ra. Em que – A: A partir dos picos e vales uma linha média (x) é traçada; B: A área abaixo da linha média é invertida; C: O somatório das áreas dá origem a um retângulo, cuja altura corresponde ao parâmetro Ra. Fonte: Fonte: elaboração do autor. .... 10
- Figura 5. Representação do parâmetro Rt. Fonte: Fonte: elaboração do autor. .... 11
- Figura 6. Localização das regiões de coleta das árvores de *Tectona grandis*. Fonte: elaboração do autor a partir de dados disponibilizados pelo IBGE (2017 e 2018)..... 12
- Figura 7. Dados meteorológicos referentes ao período de 1998 a 2021, obtidos na estação automática de Conceição do Araguaia – PA. Fonte: elaboração do autor a partir de dados disponibilizados pelo INMET (2021)..... 12
- Figura 8. Localização da retirada dos corpos de prova para caracterização da usinagem e determinação das propriedades físicas. Fonte: elaboração do autor..... 14
- Figura 9. Representação do corpo de prova para as operações de usinagem. Fonte: elaboração do autor. .... 17
- Figura 10. Plaina desempenadeira com o alimentador de avanço. Fonte: elaboração do autor. .... 18
- Figura 11. Lixadeira de cinta. Fonte: elaboração do autor. .... 18
- Figura 12. Equipamentos utilizados na operação de furação para cavilha e dobradiça. Em que – A: furadeira de coluna vertical; B: brocas helicoidais (para cavilha e encaixe de espiga); C: broca chata (para dobradiça). Fonte: elaboração do autor..... 19
- Figura 13. Furadeira horizontal utilizada para a confecção do encaixe de espiga. Fonte: elaboração do autor..... 20
- Figura 14. Rugosímetro de arraste Digimess, modelo TR200. Fonte: elaboração do autor..... 21
- Figura 15. Valores médios do coeficiente de anisotropia para cada tratamento e média geral. Em que – C: clone; Sem: seminal; 4x4 e 4x3: espaçamentos de plantio. Coeficiente de anisotropia < 1,5: madeira muito estável; 1,6 até 2,0: madeira de média baixa instabilidade; 2,0 até 2,5: madeira de média alta instabilidade; > 2,6: madeira muito instável. Fonte: elaboração do autor. .... 25

Figura 16. Defeitos do aplainamento. Em que - A: grã felpuda; B: grã arrancada. Fonte: elaboração do autor.....	27
Figura 17. Madeira de teca após lixamento. Fonte: elaboração do autor. ....	28
Figura 18. Defeitos de furação para cavilha. Em que - A: grã arrancada; B: grã arrepiada. Fonte: elaboração do autor.....	29
Figura 19. Furo passante e não passante para inserção de dobradiça. Em que - A: furação passante com ausência de defeitos, mas com severo arrancamento de fibras no lado oposto (saída da broca); B: severo defeito de grã arrepiada. Fonte: elaboração do autor.....	30
Figura 20. Madeira de teca após furação para encaixe de espiga. Fonte: elaboração do autor.	31
Figura 21. Perfurações por prego. Em que – A: corpo de prova sem rachaduras; e B: corpo de provas com rachaduras. Fonte: elaboração do autor.....	32
Figura 22. Exemplos de superfícies aplainadas e lixada, com gráficos gerados através do rugosímetro. Em que - A: superfície aplainada a 6 m/min; B: superfície aplainada a 13 m/min; e C: superfície lixada. Fonte: elaboração do autor. ....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento experimental em função dos parâmetros analisados (Procedência x Espaçamento).....	13
Tabela 2. Classificação das notas atribuídas aos corpos de prova de usinagem .....	16
Tabela 3. Médias da umidade, densidade básica e aparente por tratamento e geral .....	22
Tabela 4. Médias dos valores de densidade básica considerando a variação entre espaçamentos de plantio .....	22
Tabela 5. Médias dos valores de densidade básica considerando a variação entre materiais genéticos .....	23
Tabela 6. Interação entre os fatores espaçamento e material genético, nas médias da densidade básica .....	23
Tabela 7. Médias das retrações lineares e volumétricas e coeficiente de anisotropia na retração por tratamento e geral .....	23
Tabela 8. Médias dos valores de retração volumétrica considerando a variação entre materiais genéticos .....	24
Tabela 9. Médias dos inchamentos lineares e volumétricas e coeficiente de anisotropia no inchamento por tratamento e geral .....	24
Tabela 10. Interação entre os fatores espaçamento e material genético, nas médias do coeficiente de anisotropia .....	25
Tabela 11. Médias das notas, por defeito, referentes às operações de aplainamento a 6 m/min .....	26
Tabela 12. Médias das notas, por defeito, referentes às operações de aplainamento a 13 m/min .....	27
Tabela 13. Médias das notas, por defeito, nas operações de lixamento .....	28
Tabela 14. Médias das notas, por defeito, nas operações de furação para cavilha.....	29
Tabela 15. Médias das notas, por defeito, nas operações de furação para dobradiça.....	30
Tabela 16. Médias das operações de furação para encaixe de espiga .....	31
Tabela 17. Quantidade relativa de perfurações por prego que causaram rachaduras nos corpos de prova .....	32
Tabela 18. Parâmetros de rugosidade na superfície da madeira aplainada de teca nas velocidades de 6 e 13 m/min, além do lixamento .....	33
Tabela 19. Valores médios dos parâmetros de rugosidade Ra e Rt em relação ao método de usinagem.....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	2
2.1 Objetivo geral .....	2
2.2 Objetivos específicos .....	2
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
3.1 A espécie <i>Tectona grandis</i> Linn f.....	3
3.2 Usos, características e propriedades da madeira de <i>Tectona grandis</i> Linn f. ....	6
3.3 A espécie <i>Tectona grandis</i> no Brasil .....	7
3.4 A “teca jovem”.....	8
3.5 Propriedades físicas da madeira.....	8
3.6 Usinagem da madeira.....	9
3.7 Parâmetros de rugosidade .....	10
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
4.1 Área de coleta do material .....	11
4.2 Amostragem e preparo do material.....	13
4.3 Determinação das propriedades físicas da madeira .....	14
4.3.1 Densidade básica e aparente .....	14
4.3.2 Estabilidade dimensional .....	15
4.4 Ensaio de usinagem .....	16
4.4.1 Aplainamento .....	17
4.4.2 Lixamento.....	18
4.4.3 Furação para cavilha e dobradiça .....	19
4.4.4 Furação para encaixe de espiga .....	19
4.4.5 Inserção de pregos .....	20
4.5 Determinação dos parâmetros de rugosidade .....	20
4.6 Análise estatística .....	21
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
5.1 Propriedades Físicas .....	21
5.2 Qualidade das Superfícies Usinadas .....	26
5.2.1 Aplainamento .....	26
5.2.2 Lixamento.....	28
5.2.3 Furação para cavilha, dobradiça e encaixe de espiga .....	29
5.2.4 Fendilhamento por pregos .....	32
5.3 Parâmetros de rugosidade da madeira .....	33
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	35
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	36
<b>ANEXOS</b> .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

As indústrias madeireiras localizadas no Brasil utilizam, atualmente, a madeira proveniente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, em larga escala, para fins de processamento mecânico. No entanto, como uma boa alternativa de investimento, o reflorestamento com a espécie *Tectona grandis* Linn F., popularmente conhecida como teca, vem se destacando por questões relacionadas à sua produtividade e qualidade de sua madeira (MATOS et al., 2018). Segundo dados do IBÁ (2019), em 2018 o país contava com 7,83 milhões de hectares de reflorestamento, dos quais os plantios de teca representavam 93.957 hectares desse total. Em comparação à área plantada com a espécie no ano de 2010, esse número corresponde a um aumento de 43%.

A madeira de teca é empregada para as mais distintas finalidades: mobília de luxo, esquadrias de elevado padrão, pisos, decoração, construção naval, laminação e compensados, entre outros (TONINI; COSTA; SCHWENGBER, 2009; THULASIDAS; BAILLÈRES, 2017). É considerada uma madeira nobre, de excelente qualidade, sendo valorizada pela beleza, resistência, durabilidade e dispõe de grande demanda no mercado global (BERMEJO et al., 2004; KEOGH, 1990; PANDEY; BROWN, 2000; PELISSARI et al., 2014). Entretanto, no Brasil, devido a diversos fatores, o período de exploração foi reduzido para idades entre 20 e 25 anos, para obter valores significativos no mercado consumidor. Até o final desse ciclo são realizados desbastes no povoamento (FIGUEIREDO et al., 2005). Esse material conta com um mercado para o que se está denominado “teca jovem”, onde a madeira oriunda de toras de menores diâmetros é beneficiada em separado. Trata-se de um produto com algumas características semelhantes às da madeira adulta, mas também com distinções e particularidades que a tornam adequada para aplicações específicas, como móveis rústicos e peças de decoração.

Alguns autores citam que a teca jovem possui uma madeira de densidade básica e resistência inferior quando comparada à madeira de indivíduos adultos, sendo comercializada com valores mais baixos em relação à madeira de indivíduos com mais idade. Contudo, a maior parte do volume de madeira é subutilizada em produtos de baixo valor agregado, como estacas, moirões, escoras para a construção civil e produção de energia nas formas de carvão e lenha (FIGUEIREDO et al., 2005), ou mesmo descartadas no campo, onde são biodegradadas (PAES et al., 2015).

A possibilidade de transformação da madeira de determinada espécie em diversos produtos, ainda levando em consideração variações de materiais genéticos e espaçamentos de plantio, depende, principalmente, do entendimento a respeito das suas características e como trabalhá-las. Sendo assim, é de suma importância o conhecimento da sua usinabilidade, a qual tem por objetivo processar o material através de instrumentos específicos, almejando realizar não somente o corte do material, mas também produzir formas desejadas e superfícies de qualidade satisfatória (BURGER; RICHTER, 1991).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a usinabilidade da madeira de quatro materiais genéticos da espécie *Tectona grandis* Linn F., provenientes de dois espaçamentos de plantio, visando fornecimento de matéria-prima para a indústria madeireira.

### 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o comportamento da madeira nas operações de usinagem de aplainamento, lixamento, furação para cavilha, dobradiça e encaixe de espiga e inserção de pregos;
- Determinar parâmetros de rugosidade das superfícies usinadas;
- Determinar propriedades físicas da madeira.

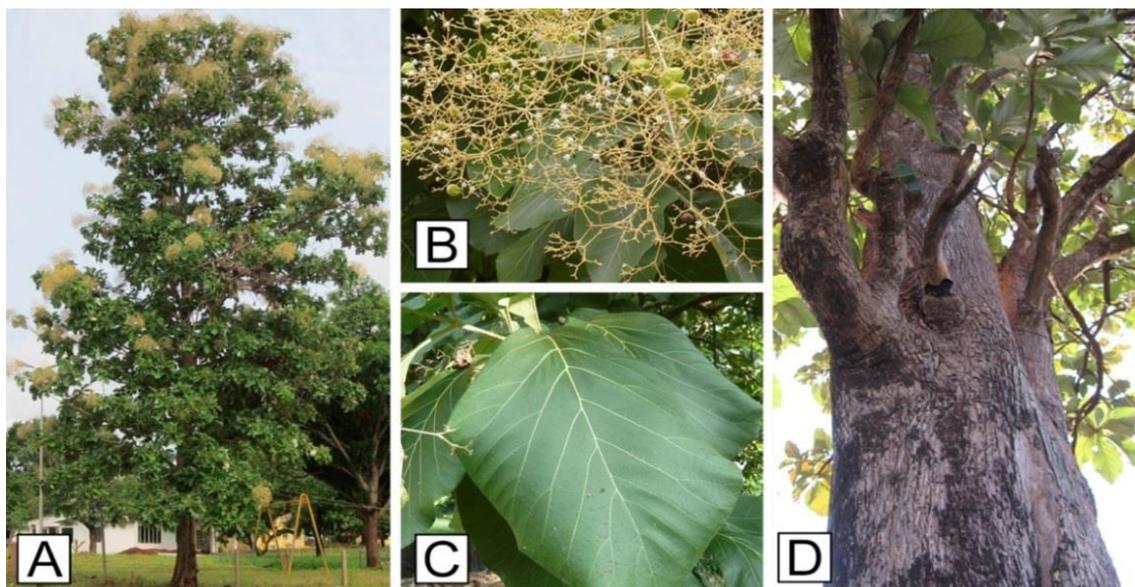
### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A espécie *Tectona grandis* Linn f.

A espécie *Tectona grandis* Linn f., de nome popular teca, pertence à família Lamiaceae (antiga Verbenaceae) (ROCHA; LEONARDO; OLIVEIRA, 2015), também sendo conhecida por teak, teck, ojati, may sak e tiek (FIGUEIREDO et al. 2005; TSUKAMOTO FILHO et al., 2003), tendo como sinonímia botânica os seguintes: *Tectona theka* Lour. e *Theka grandis* (L. f.) Lam. (LORENZI et al., 2003). Trata-se de uma espécie originária do continente asiático, naturalmente distribuída em apenas quatro países do planeta: Índia, Mianmar, Tailândia e Laos. Foi introduzida em várias regiões da África, América do Sul e Central, mais intensamente na Colômbia, El Salvador, Equador, Venezuela, Panamá, Trinidad e Tobago (NOCETTI, 2011).

A teca é uma árvore de crescimento médio a rápido, podendo atingir grandes dimensões. Embora existam relatos de indivíduos de mais de 60 m de altura (CHAVES; FONSECA, 1991; XAVIER et al., 2021) e 2 m de diâmetro, estes são casos raros (JEREZ-RICO; COUTINHO, 2017). Em florestas plantadas a partir de sementes, as árvores dominantes podem atingir em torno de 40 m de altura e 70 cm de diâmetro em 50 a 80 anos, mas aos 40 anos, os indivíduos raramente excedem a altura de 35 metros e diâmetro de 60 cm. Com a utilização apropriada das práticas de manejo e em bons sítios, nos primeiros anos o crescimento em altura é rápido (3 a 6 m / ano), reduzindo após os 15 anos de idade. O incremento do diâmetro atinge o pico de 3-5 cm aos 3-6 anos. Para a teca, o Incremento Médio Anual (IMA) de 15-20 m<sup>3</sup> / ha / ano é considerado excelente, já o IMA de 6 m<sup>3</sup> / ha / ano é o limite inferior para que a floresta seja lucrativa (KOLLERT; CHERUBINI, 2012). Em relação às florestas provenientes de clones, valores de crescimento em todo o mundo foram revisados por Ugalde (2013), o qual relatou um IMA de 32 m<sup>3</sup> / ha / ano para plantações do México e Brasil. No estado do Mato Grosso / Brasil, plantações de 10 anos apresentaram incrementos em diâmetro de mais de 3 cm / ano. Além disso, os clones dessa região expressaram um excelente crescimento em altura e em volume, em razão da homogeneidade do talhão.

Geralmente apresenta tronco retilíneo (Figura 1), de seção circular e baixa conicidade, com casca fina de 1,2 cm e textura áspera (CHAVES; FONSECA, 1991; XAVIER et al., 2021). Suas folhas podem alcançar, em média, de 30 a 40 cm de comprimento por 25 cm de largura, apresentando elevado grau de decíduidade foliar, com folhas coriáceas, opostas, elípticas, com ápices e bases agudas e pecíolos curtos ou ausentes (Figura 1) (COSTA et al., 2007). Sua inflorescência é constituída por cachos, na forma de panículas, contendo de 700 a 3.500 flores de pequenas dimensões e de coloração branca (Figura 1). Desse número, 1% a 2% dão origem aos frutos, que por sua vez são formados por uma membrada fina que envolve uma estrutura esférica com diâmetro de 5 a 20 mm. Seu fruto é classificado como drupa subglobulosa e tetralocular, comportando de uma a quatro (raramente) sementes em cada lóculo. As sementes são pequenas, com 5 a 6 mm de comprimento (BEZERRA, 2009).



**Figura 1.** Representação das estruturas morfológicas da espécie *Tectona grandis*. Em que – A: indivíduo de teca; B: inflorescência; C: folha; D: casca. Fonte: compilação do autor<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Montagem a partir de imagens coletadas no site West African Plants (2021), de autoria dos fotógrafos Ralf Biechele (A e D), Paul Latham (B) e Hannes Ohm (C).

A espécie *Tectona grandis* é fácil de propagar, ainda que a sua baixa taxa de germinação frequentemente resulte em elevada demanda de sementes (KAOSA-ARD; SUANGTHO; KJAER, 1998). Possui características pioneiras, o que inclui rápido crescimento nos seus primeiros anos, sendo favorável para o plantio e cresce de forma satisfatória onde o clima e solo são apropriados. A teca cresce predominantemente em regiões com precipitação anual entre 1300 e 3800 mm (PANDEY; BROWN, 2000) e em solos férteis (GOH et al., 2013a). De forma geral, o ambiente natural da teca apresenta uma estação seca pronunciada de pelo menos 5 meses, porém a espécie também se desenvolve em áreas sem estação seca acentuada (MONTEUUIS et al., 2011). Contudo, para se obter mais cedo o retorno dos investimentos para clones superiores, em geral mais onerosos quando comparados às mudas não selecionadas, a região deve contar com um alto e bem distribuído regime de chuvas, sendo de 2000 mm/ano ou mais. Madeiras com boas propriedades podem ser obtidas em plantações de teca, embora as mesmas dependam, em certa medida, da idade (BHAT, 2000). Sabe-se também que longos períodos de estiagem promovem a excessiva ramificação lateral de certos clones, o que resulta na depreciação da madeira, mesmo que a sua produção em volume permaneça superior em comparação com a obtida de outras origens (MONTEUUIS et al., 2011). Quanto à acidez do solo, a mesma aparentemente tem pouco efeito no desenvolvimento do teca (CHAIX et al., 2011; GOH et al., 2013b).

Estima-se que as florestas naturais de teca ocupem uma área de 29 milhões de hectares na Índia, Laos, Mianmar e Tailândia, dos quais metade está localizada no Mianmar. A teca de idade avançada, apresentando alta qualidade, está sob ameaça devido à sua grande exploração e conversão do solo para outros usos. O fornecimento de toras de elevada qualidade provenientes das antigas florestas naturais no Mianmar para os mercados estrangeiros encontra-se em declínio, devido ao impacto da proibição das exportações de toras em vigor desde 1º de abril de 2014. Esse fato acarretou um aumento do interesse em estabelecer e gerir florestas plantadas da espécie (KOLLERT; KLEINE, 2017), atraindo grandes investimentos do setor privado na África, Ásia e América Latina (KOLLERT; WALOTEK, 2015). Do ponto de vista

global, as florestas plantadas da espécie é um recurso florestal emergente, possuindo valiosa madeira. De acordo com várias estimativas, essas florestas cobrem cerca de 4,35 a 6,89 milhões de hectares no mundo, dos quais mais de 80% se localizam na Ásia, 10% na África e 6% na América tropical. É conhecido que a espécie apresenta variação nas características de sua madeira, o que está diretamente relacionado com a sua ampla variação geográfica. Sendo assim, com o objetivo de se produzir madeira de boa qualidade, diversos programas de melhoramento genético têm sido estabelecidos, especialmente na América Latina e na Ásia, os quais tem como foco a seleção das características desejadas para uma madeira de alta qualidade, incluindo a taxa de crescimento, fuste reto, grã, textura, cor, resistência, durabilidade e estabilidade. Contudo, é sabido que a maioria das florestas plantadas de teca se utiliza de um banco de germoplasma constituído de um número muito limitado de clones, principalmente oriundos da Costa Rica, Malásia e Tailândia (KOLLERT; KLEINE, 2017).

O atrativo valor da madeira e o fácil estabelecimento do plantio a tornaram uma das espécies arbóreas mais relevantes nos trópicos, também fora de sua região natural (KEOGH, 1996). Hoje, a teca está presente em mais de 70 países (KOLLERT; CHERUBIBI, 2012; MIDGLEY et al., 2015). Deste modo, a troca global de material reprodutivo tem proporcionado pontos positivos para a silvicultura e obtenção de madeira em todo o planeta (KOSKELA et al., 2014). Espera-se que futuramente as florestas plantadas representem a principal fonte de madeira da espécie (KOLLERT; WALOTEK, 2015).

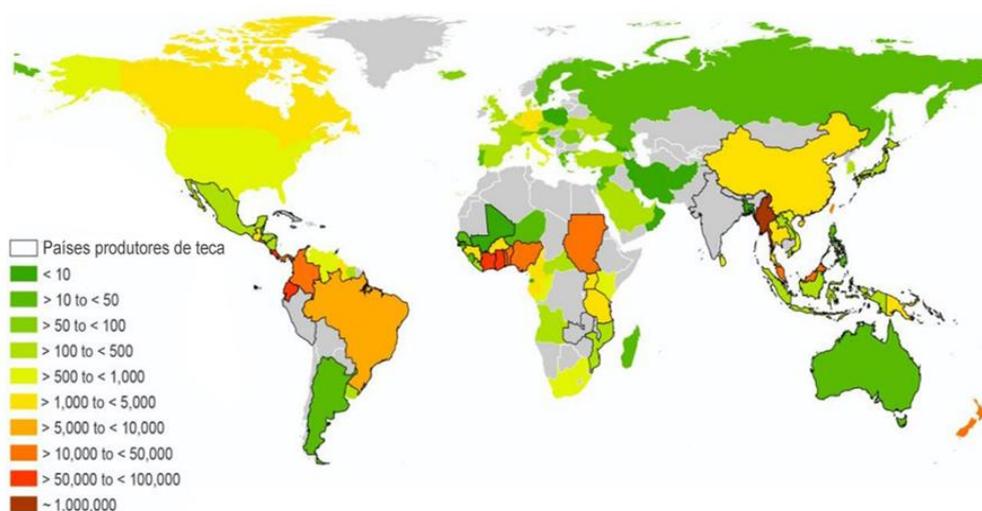
A propagação da teca por meio de sementes é a maneira mais natural, fácil e eficiente para produzir novos materiais genéticos. Isso é fundamental para garantir uma diversidade de genótipos apropriada e o seu melhoramento (KAOSA-ARD, 1986). Contudo, a produção de teca através de sementes carrega uma série de desvantagens, como: i) A relação entre o início da produção de sementes/frutificação e o comprimento do fuste. Ou seja, sementes coletadas de árvores com floração precoce resultam em indivíduos de baixa qualidade (CALLISTER, 2013); ii) A quantidade reduzida de sementes produzidas, condicionada por variações da árvore, ano e local (WHITE, 1991). iii) Baixa e imprevisível taxa de germinação de sementes que diminui com o tempo após a coleta, embora possam existir diferenciação entre a origem das sementes (WHITE, 1991). iv) Variação significativa entre os indivíduos, mesmo provenientes da mesma matriz, impactando características de grande relevância econômica como volume de madeira, forma do fuste, características tecnológicas e estética da madeira (CHAIX et al., 2011). v) Limitação quanto ao conhecimento sobre a herança de fatores econômicos relevantes, dificultando prever o ganho (CHAIX et al., 2011; MONTEUUIS et al., 2011).

Já a propagação por meio da clonagem consiste em duplicar genótipos, teoricamente de forma ilimitada, por métodos de propagação vegetativa, preservando a composição genética original. Dessa maneira, as características (incluindo as de interesse econômico) que podem ser mal herdadas via semente, serão passadas para os descendentes. Os indivíduos derivados tenderão a exibir uniformemente todas as características da matriz. Isso salienta a importância da prudência no momento de selecionar as árvores matrizes a serem clonadas, que devem se sobressair quanto às características economicamente desejadas (MURILLO; BADILHA, 2004). Ainda existe a possibilidade de aplicar a propagação vegetativa a qualquer indivíduo que não produza sementes, como no caso de estar situado em condições desfavoráveis do meio ou por não ter atingido a maturidade (MONTEUUIS; GOH, 2017). Tanto para a teca quanto para qualquer outra espécie arbórea, a utilização das técnicas de clonagem pode ser vantajosa para fins de pesquisa e para plantios comerciais (MONTEUUIS; GOH, 1999). Espera-se que as florestas plantadas de teca a partir de clones produzam elevado volume de madeira de qualidade superior e uniforme em menores períodos, o que depende da capacidade da espécie em ser propagada em massa com eficiência (MONTEUUIS; GOH, 2017).

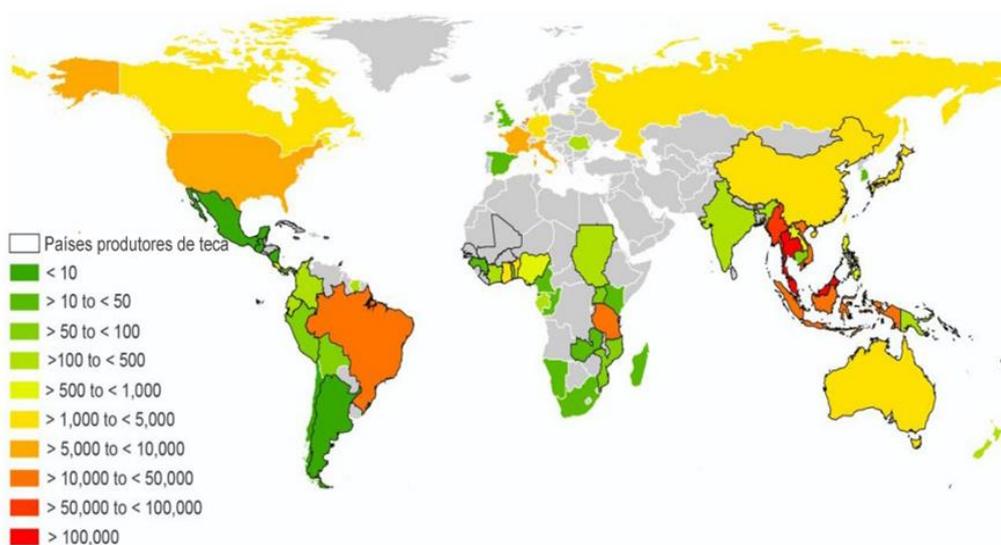
### 3.2 Usos, características e propriedades da madeira de *Tectona grandis* Linn f.

A *Tectona grandis* Linn f. é uma espécie pertencente do grupo das folhosas que produz uma madeira valiosa, a qual cresce em pelo menos 70 países ao redor do mundo. A qualidade de sua madeira atrai grandes investimentos por parte do setor privado na África, Ásia e América Latina. Em muitos países, a produção e o comércio da teca se converteram no principal componente florestal (KOLLERT; WALOTEK, 2015).

Um estudo detalhado realizado por Kollert e Walotek (2015) concluiu que entre os anos de 2005 e 2014 o comércio global da madeira de teca na forma de tora foi, em média, em torno de 1 milhão de m<sup>3</sup> por ano, onde as importações somaram aproximadamente 487 milhões de dólares. Já o comércio de madeira serrada, no mesmo período, foi em torno de 120 mil m<sup>3</sup>, somando 75 milhões de dólares. As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, o comércio da madeira de teca na forma de tora e madeira serrada, pelo ponto de vista dos países exportadores.



**Figura 2.** Países produtores de teca e exportadores de madeira na forma de tora, entre 2005 e 2014. As cores indicam os volumes médios em m<sup>3</sup>/ano. Fonte: Adaptado de Kollert e Walotek (2015).



**Figura 3.** Países produtores de teca e exportadores de madeira serrada, entre 2005 e 2014. As cores indicam os volumes médios em m<sup>3</sup>/ano. Fonte: Adaptado de Kollert e Walotek (2015).

A madeira da espécie *Tectona grandis* madura, com ausência de nós e com diâmetro adequado para serraria é muito valorizada ao redor do mundo, sendo capaz de atingir valores até três vezes mais altos que do mogno (*Swietenia macrophylla* King) (FIGUEIREDO, 2005). Seu valor pode ser explicado pelas suas favoráveis propriedades físicas e mecânicas (ARRUDA, 2014; MOTTA et al., 2013), durabilidade, resistência natural ao ataque de fungos e insetos, estabilidade dimensional, facilidade de pré-tratamento (VIEIRA et al., 2002), facilidade de secagem, boa trabalhabilidade, fácil colagem, bom acabamento, cor e desenho que lhe conferem qualidade estética (FAO, 2009; GONZÁLEZ, 2004; MACEDO, 2005).

Quando recém-cortada, a madeira exibe uma cor verde oliva claro. Há grande diferenciação entre as cores do cerne e alburno, sendo o primeiro marrom vivo e brilhante, enquanto o segundo é amarelo esbranquiçado (FLÓREZ, 2012). Tanto no cerne quanto no alburno é encontrada uma substância semelhante a um látex, conhecida como caucho, que confere lubrificação à superfície, diminui a absorção de água, confere à madeira resistência a ácidos e evita a corrosão de parafusos e pregos (ANGELI, 2003). A densidade básica varia em torno de 0,65 g/cm<sup>3</sup> e a maciez da madeira permite que a mesma seja facilmente trabalhável com ferramentas manuais ou máquinas, sendo possível de se obter um acabamento suave (CHUDNOFF, 1984).

A espécie apresenta uma variedade de usos, como na confecção de móveis de luxo, indústria naval, estruturas, pisos, esquadrias, painéis, chapas, postes, dormentes, peças torneadas, e objetos de luxo (ANGELO, 2009; PAES et al., 2015; TONINI et al., 2009). Além disso, é possível a comercialização da madeira proveniente dos primeiros desbastes, onde em sua maioria é utilizada para geração de energia.

### 3.3 A espécie *Tectona grandis* no Brasil

No Brasil, o primeiro experimento com a teca ocorreu na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ (Piracicaba/SP) e foi conduzido pelo pesquisador Helladio do Amaral Mello (MELLO, 1963). Contudo, há relatos que os primeiros exemplares de teca foram plantados no Jardim Botânico do Rio de Janeiro/RJ e no Horto de Rio Claro/SP (FERREIRA, 2008).

Para fins de produção no Brasil, os plantios se iniciaram no final dos anos 60 no município de Cáceres – Mato Grosso, que conta com condições edafoclimáticas próximas dos países onde a árvore cresce de forma natural. Junto a isso, estudos silviculturais em conjunto com os solos de qualidade favorável tornou possível reduzir o ciclo natural de 60 a 80 anos para 20 a 25 anos (PASSOS et al., 2006; PELISSARI et al., 2013; TSUKAMOTO FILHO, 2003). Segundo o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA, 2013), o estado do Mato Grosso possui a maior área de cultivo de teca, em torno de 64.828 ha distribuídos em 42 municípios (IMEA), onde os principais espaçamentos são de 2 x 2,5 m (2.000 plantas/ha), 3 x 2 m (1.667 plantas/ha) e 3 x 3 m (1.111 plantas/ha), e em sistemas agroflorestais, 5 x 5 m (400 plantas/ha) (FIGUEIREDO, 2005). Já o IMA referente à teca no Brasil é em média 15m<sup>3</sup>/ha/ano, em um ciclo entre 20 e 25 anos (ABRAF, 2013). Contudo, segundo Bufulin (2001), esse valor é maior, pois foi verificado um IMA de 12 a 28 m<sup>3</sup> e 24 m<sup>3</sup> por hectare em Agudos – São Paulo e Cáceres – Mato Grosso, respectivamente.

Segundo a ABRAF (2013), a região Centro-Oeste produz 700 mil m<sup>3</sup>/ano, sendo 67,4% do total das florestas plantadas, e a região norte (32,6%) produz a outra fração do volume de madeira de teca no Brasil. De acordo com o relatório anual publicado pela Indústria Brasileira de Árvores em 2019, referente ao ano de 2018 (IBÁ, 2019), a *Tectona grandis* detém a quinta posição das espécies arbóreas com maior quantidade de área plantada no Brasil, sendo de

93.957 ha, estando atrás das espécies de eucalipto, pinus, acácia e seringueira. Em comparação com o ano de 2010, houve um aumento de 43,6% da área plantada.

### **3.4 A “teca jovem”**

Nos países do continente asiático onde a teca é originária, sua madeira é explorada com idades entre 50 e 80 anos (PASSOS et al., 2006; PELISSARI et al., 2013; TSUKAMOTO FILHO, 2003). Já no Brasil, devido a diversos fatores, o período de exploração foi diminuído para idades entre 20 e 25 anos, para obter valores significativos no mercado consumidor. Até o final desse ciclo são realizados desbastes no povoamento (FIGUEIREDO et al., 2005). Esse material conta com um mercado para o que se está denominado “teca jovem”, onde a madeira oriunda de toras de menores diâmetros é beneficiada em separado e com a utilização de tecnologias específicas. Trata-se de um produto com algumas características semelhantes às da madeira adulta, mas também com distinções e particularidades que a tornam adequada para aplicações específicas, como móveis rústicos e peças de decoração. É uma madeira de densidade básica e resistência inferior quando comparada à madeira de indivíduos adultos, sendo comercializada com valores mais baixos em relação à madeira adulta. Contudo, a maior parte do volume de madeira é subutilizada em produtos de baixo valor agregado, como estacas, moirões, escoras para a construção civil e produção de energia nas formas de carvão e lenha (FIGUEIREDO et al., 2005), ou mesmo descartadas no campo, onde são biodeterioradas (PAES et al., 2015).

A madeira proveniente da teca jovem abatida na operação de desbaste não é normalmente adequada para aplicações tradicionais da espécie, em razão do diâmetro reduzido das toras, elevada conicidade e elevada proporção de lenho juvenil, apresentando características tecnológicas inferiores quando comparada à madeira obtida de indivíduos adultos (BALLARIN; LARA PALMA, 2003; CHAGAS et al., 2014; FLÓREZ et al., 2014).

A madeira classificada como juvenil corresponde a uma porção central e cilíndrica do tronco, sendo o xilema secundário produzido durante a fase inicial da vida da árvore, sendo observado um aumento gradual nas dimensões e mudanças na forma, estrutura e disposições das células no sentido medula-casca (JANKOWSKY, 1979). As características anatômicas e propriedades físicas da madeira, como as dimensões das fibras e vasos, densidade e estabilidade dimensional interferem no seu comportamento em uso e condicionam o seu processo de industrialização (BONDUELLE et al., 2015; GALLIO et al., 2016).

### **3.5 Propriedades físicas da madeira**

A compreensão acerca de um material é fator essencial para viabilizar o seu uso de forma racional. A madeira oferece diversos usos, sendo largamente empregada pela humanidade e com demanda crescente, devido ao aumento populacional, o que a torna um material em potencial para estudo (GALLIO et al., 2016).

A madeira é um material heterogêneo e é constituída por variados tipos de tecidos especializados no desempenho de funções específicas. As variações nas características e propriedades químicas, físicas e anatômicas ocorrem entre espécies, dentro de uma mesma espécie e até dentro de um mesmo indivíduo, no sentido medula casca e da base ao topo. Tal heterogeneidade da madeira é condicionada por diversos fatores, como tipo de solo, local de crescimento, aspectos climáticos e genéticos (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996).

A densidade é uma importante propriedade física da madeira e varia em função da quantidade de vasos e da espessura da parede celular das fibras ou traqueídeos (PERES et al., 2012), o que interfere diretamente na qualidade do material (RODRIGUES et al., 2018). A densidade básica expressa a aptidão de determinada madeira para usos específicos, sendo a propriedade física mais estudada e difundida no mundo, devido a sua importância e facilidade de determinação (RIBEIRO; ZANI FILHO, 1993).

Por ser um material higroscópico, a madeira é capaz de adsorver e perder água para a atmosfera, provocando alterações em suas três direções estruturais quando o seu teor de água está abaixo do ponto de saturação das fibras (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985). A higroscopicidade da madeira é resultante da natureza hidrofílica dos componentes da parede celular, onde as hidroxilas presentes na celulose e hemicelulose são polares e se ligam às moléculas de água (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985). A determinação da instabilidade dimensional viabiliza a classificação da madeira quanto a sua utilização adequada, sendo um importante fator a ser estudado em programas de melhoramento genético (GONÇALVES et al., 2009).

O coeficiente de anisotropia (ou relação T/R) é um importante índice no estudo das retrações da madeira, sendo determinado pela razão entre as retrações tangencial e radial. Quanto mais elevado for o coeficiente, maior a tendência da peça de madeira apresentar defeitos de empenamento e rachaduras (OLIVEIRA, 1988). Via de regra, a contração na direção tangencial é, aproximadamente, duas vezes maior em relação à radial. São desejáveis menores valores do coeficiente de anisotropia quando a estabilidade dimensional for fator importante para determinados usos da madeira (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

### **3.6 Usinagem da madeira**

A usinagem da madeira diz respeito à facilidade de se processar a mesma com o uso de instrumentos específicos, pretendendo realizar não somente o corte do material, como também produzir formas e superfícies desejadas, almejando obter uma peça de qualidade satisfatória e da forma mais economicamente viável possível (BURGER, RICHTER, 1991).

As operações de usinagem, quando padronizadas, possibilitam um bom rendimento e melhoria da qualidade do produto final desejado, porém, por ser um material anisotrópico e de propriedades físicas e mecânicas variáveis, a madeira dificulta essa padronização, acarretando uma queda na produtividade (JUNIOR et al., 2013).

Segundo Bonduelle (2002), pode-se expressar a usinagem da madeira por meio da função 5M, sendo:

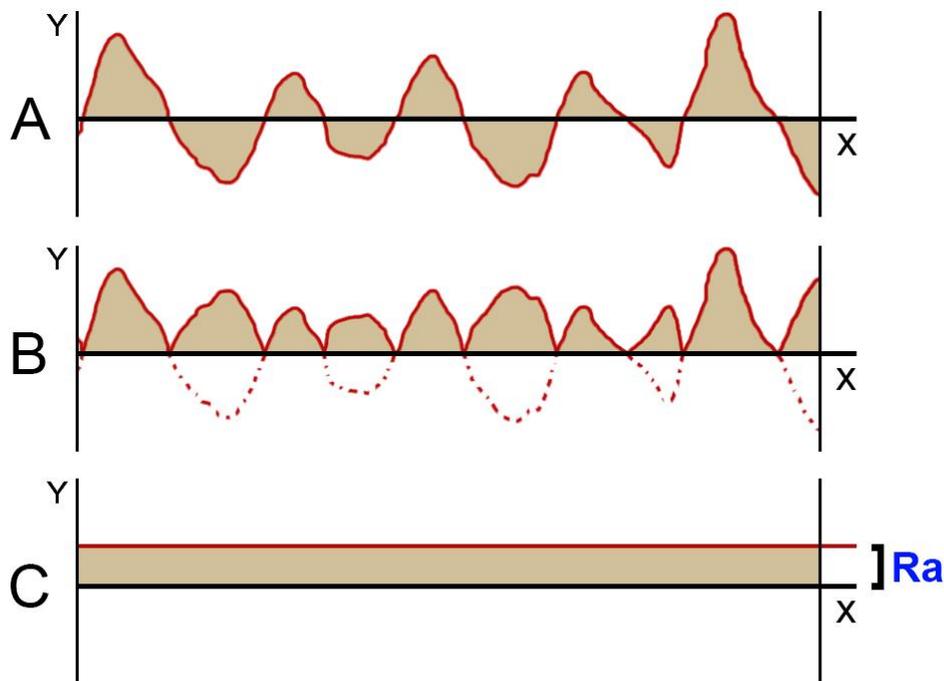
- Matéria-prima – relacionada a todas as propriedades inerentes da madeira e suas influências no processo;
- Máquina – relacionada com os aspectos de construção das máquinas envolvendo os dispositivos de fixação, de condução e de exaustão de cavacos que objetivam a melhoria da operação de usinagem;
- Metodologia – engloba toda a descrição dos parâmetros de usinagem a serem empregados, bem como a seleção das ferramentas mais apropriadas para otimizar o processamento;
- Mão de obra – considera a capacitação dos operadores responsáveis pelas tarefas de usinagem que deve possuir conhecimentos de todos os itens anteriores para poder intervir caso seja percebido alguma deficiência no processo;

- Meio ambiente – considera-se que todas as etapas de processamento devem evitar degradações do ambiente, visando o aproveitamento satisfatório da matéria-prima, reduzindo os resíduos e ruídos.

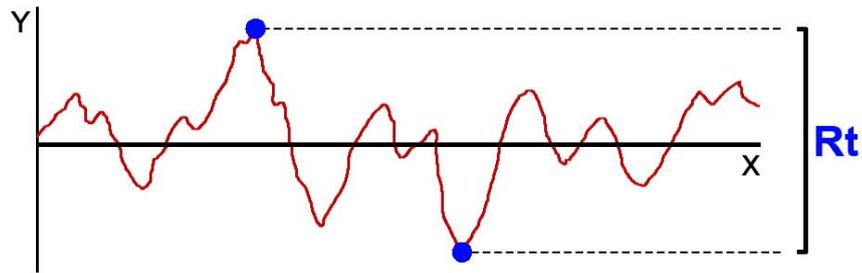
A madeira possui a característica de ser um material anisotrópico, sendo possível, então, ser submetida às operações de usinagem de diferentes modos, em função da direção e sentido de ataque entre determinada ferramenta e as fibras da madeira. Pode ser trabalhada no sentido longitudinal, transversal e no topo, havendo singularidades em cada um deles (LEITZ, 2001).

### 3.7 Parâmetros de rugosidade

Algumas pesquisas têm utilizado diversos meios para a avaliação da superfície usinada da madeira, entre os quais pode ser citado o uso de um rugosímetro de arraste, o qual é capaz de determinar um conjunto de parâmetros de rugosidade, entre eles o Ra e Rt. A rugosidade média (Ra) corresponde à média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (picos e vales) dos pontos do perfil da superfície da madeira em relação à linha média compreendida dentro do comprimento de avaliação (lm). Tal grandeza pode ser correspondida à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pela linha média e pelo perfil de rugosidade (Figura 4). A altura total do perfil (Rt) É a soma da altura do pico mais alto e da profundidade do vale mais profundo por todo o comprimento de avaliação (Figura 5) (ABNT, 2002).



**Figura 4.** Representação do parâmetro Ra. Em que – A: A partir dos picos e vales uma linha média (x) é traçada; B: A área abaixo da linha média é invertida; C: O somatório das áreas dá origem a um retângulo, cuja altura corresponde ao parâmetro Ra. Fonte: Fonte: elaboração do autor.



**Figura 5.** Representação do parâmetro Rt. Fonte: Fonte: elaboração do autor.

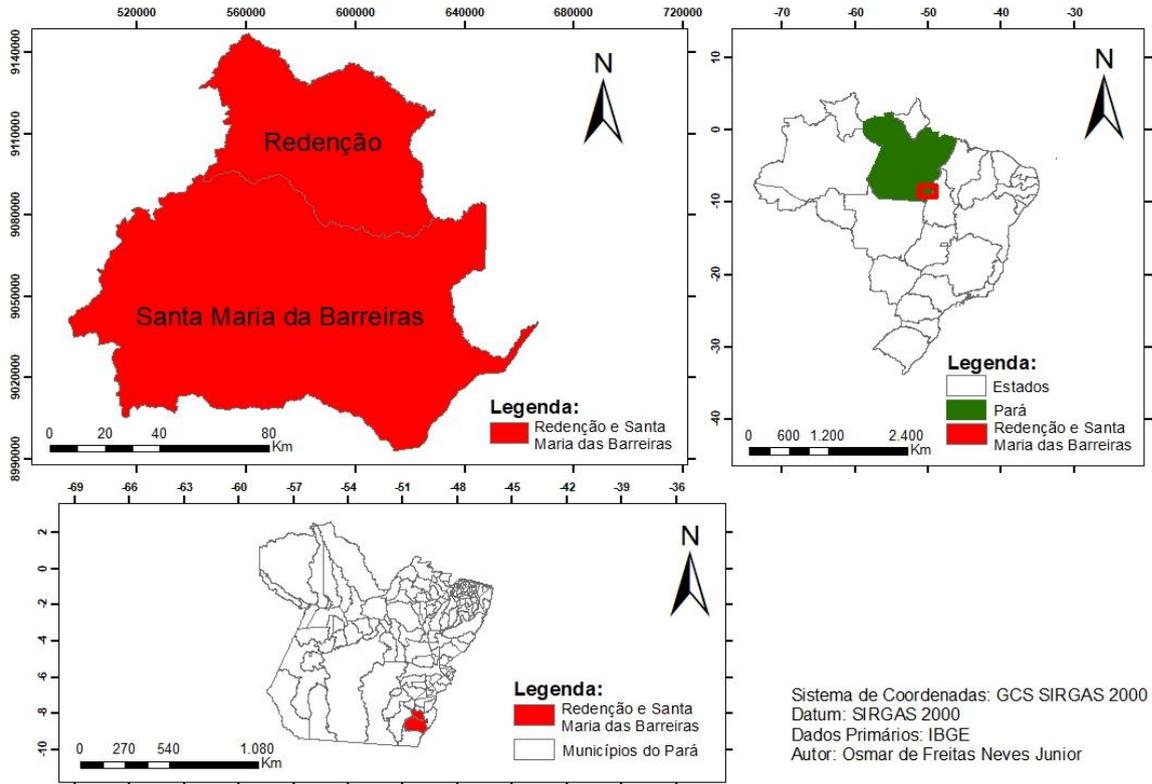
Devido a praticamente todo equipamento medidor de rugosidade possuir o parâmetro Ra, o mesmo é o mais utilizado no mundo inteiro, sendo considerado o mais importante. Já o parâmetro Rt tem a sua importância em função de ser aquele que expressa a maior amplitude da rugosidade compreendida no comprimento de avaliação.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

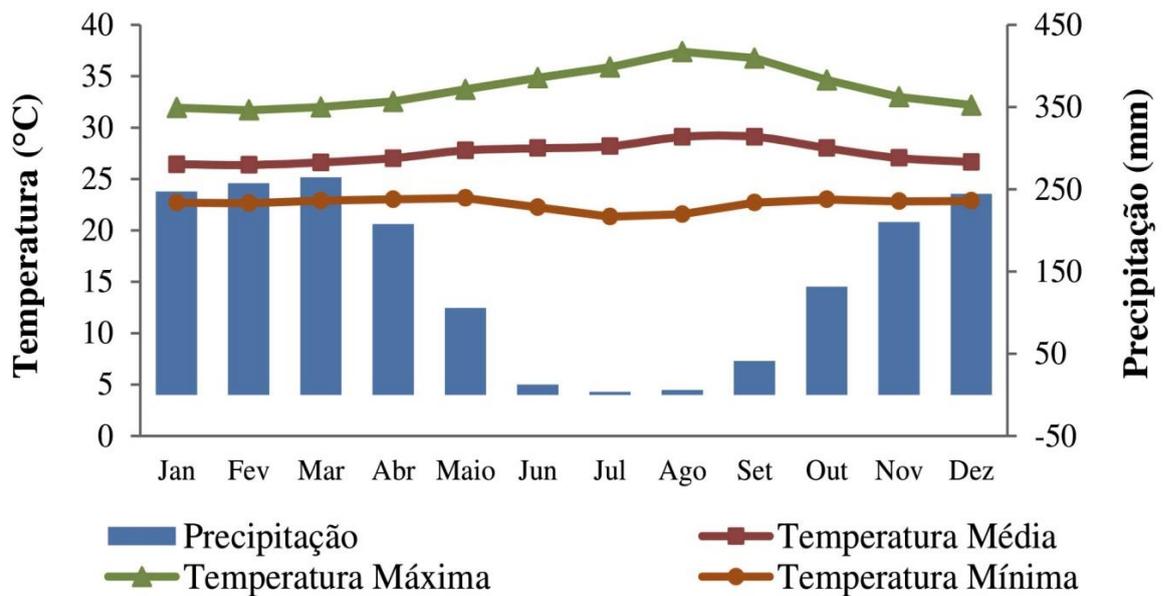
### 4.1 Área de coleta do material

O material utilizado foi disponibilizado pela empresa *Teak Resources Company* (TRC), sendo árvores da espécie *Tectona grandis* (teca) provenientes de plantios com 12 anos de idade, localizados nos municípios de Redenção e Santa Maria das Barreiras, ambos localizados na região sudeste do estado do Pará (Figura 6). A região caracteriza-se por clima tropical, com inverno seco (tipo 'Aw'), segundo a classificação de Köppen (ALVARES, 2013). Entre os meses de dezembro e março ocorrem as maiores concentrações de chuvas, enquanto as menores ocorrem entre junho e agosto, com temperatura média anual de aproximadamente 27,5°C (Figura 7) (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP / INMET, 2021).

### Mapa de Localização de Redenção e Santa Maria das Barreiras-PA de 2021



**Figura 6.** Localização das regiões de coleta das árvores de *Tectona grandis*. Fonte: elaboração do autor a partir de dados disponibilizados pelo IBGE (2017 e 2018).



**Figura 7.** Dados meteorológicos referentes ao período de 1998 a 2021, obtidos na estação automática de Conceição do Araguaia – PA. Fonte: elaboração do autor a partir de dados disponibilizados pelo INMET (2021).

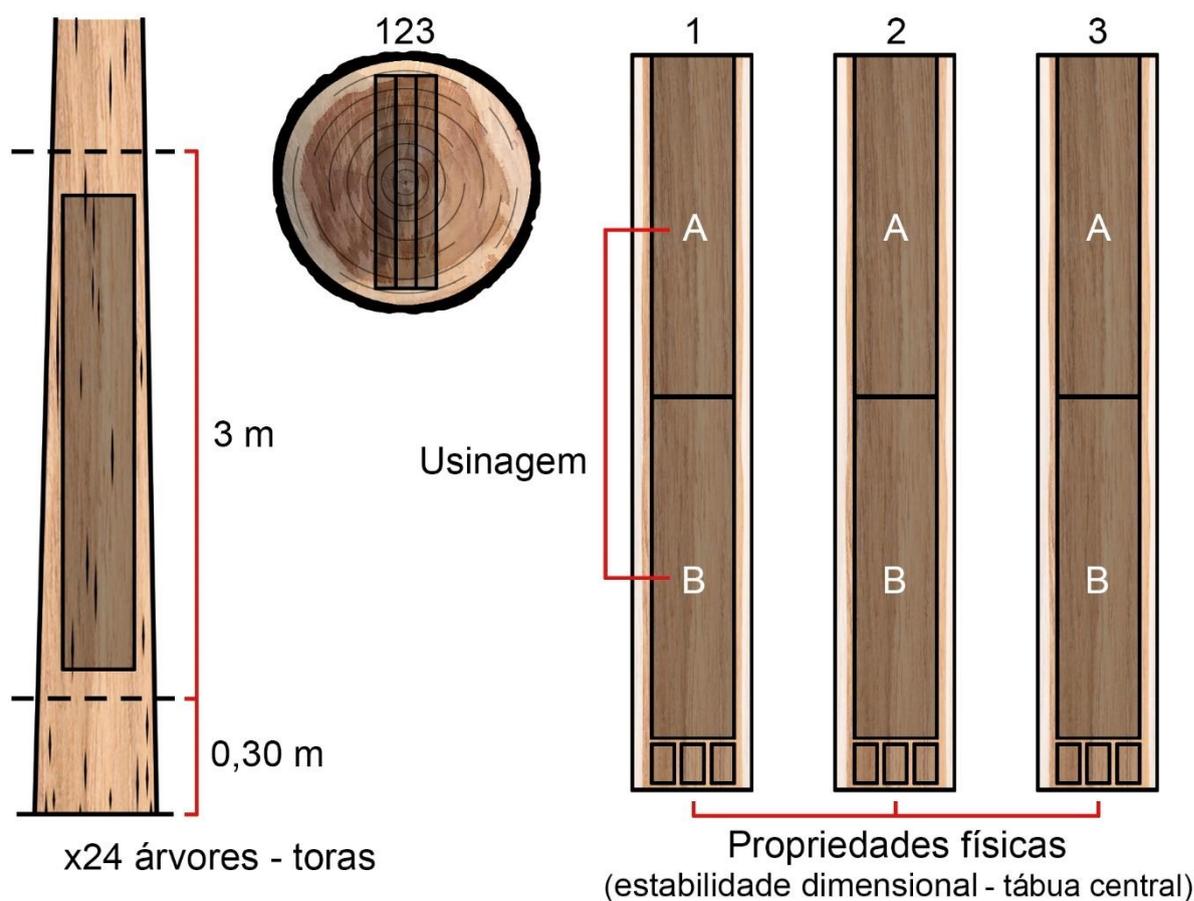
## 4.2 Amostragem e preparo do material

Foram selecionados 4 materiais genéticos de *Tectona grandis*, sendo 3 clonais e 1 seminal, em 2 espaçamentos de plantio (4x4 e 4x3 m), com 3 árvores cada, totalizando 24 indivíduos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Delineamento experimental em função dos parâmetros analisados (Procedência x Espaçamento).

Tratamento	Procedência	Espaçamento (m)	Nº de Árvores
1	Clone 1	4 x 4	3
2	Clone 2	4 x 4	3
3	Clone 3	4 x 4	3
4	Seminal	4 x 4	3
5	Clone 1	4 x 3	3
6	Clone 2	4 x 3	3
7	Clone 3	4 x 3	3
8	Seminal	4 x 3	3

Para a confecção dos corpos de prova destinados aos ensaios de usinagem, determinação dos parâmetros de rugosidade e propriedades físicas, foi utilizada a primeira tora de cada indivíduo, retirada a partir de 60 cm do nível do solo (Figura 8). As toras foram desdobradas e as tábuas obtidas foram submetidas à secagem em estufa até atingirem 10% de umidade. O desdobro e secagem ocorreram na serraria do Instituto de Florestas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, envolvendo membros do Núcleo de Pesquisa em Qualidade da Madeira (NPQM) e do Laboratório de Processamento de Madeira (LPM).



**Figura 8.** Localização da retirada dos corpos de prova para caracterização da usinagem e determinação das propriedades físicas. Fonte: elaboração do autor.

### 4.3 Determinação das propriedades físicas da madeira

A caracterização das propriedades físicas das madeiras foi feita mediante a determinação da densidade básica, densidade aparente, estabilidade dimensional e coeficiente de anisotropia, através do método proposto pela NBR 7190/97. Para a densidade básica e aparente, foram retirados 3 corpos de prova de cada tábua, totalizando 9 por tora e 27 por tratamento. Já para a estabilidade dimensional e coeficiente de anisotropia, foram utilizados os corpos de prova oriundos da tábua central, os quais apresentavam a correta orientação das direções anatômicas. Os procedimentos de confecção dos corpos de prova foram realizados no Laboratório de Processamento de Madeira (LPM) do Instituto de Florestas (IF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

#### 4.3.1 Densidade básica e aparente

Os corpos de prova foram identificados e posteriormente imersos em água para a saturação. As dimensões das direções radiais, tangenciais e longitudinais foram determinadas através de um paquímetro digital, com precisão de 0,01mm, diretamente nas amostras em locais previamente marcados. O volume foi obtido através da multiplicação das três dimensões obtidas. Posteriormente, os corpos de prova foram levados à câmara climatizada até atingirem

a umidade de equilíbrio de 12%, onde novamente foram obtidas suas dimensões e volume. Por fim, os corpos de prova foram colocados em estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  até atingirem peso constante, sendo então, pesados em uma balança digital com precisão de um centésimo de grama.

A densidade básica foi determinada através da Equação 1 e a densidade aparente através da Equação 2.

$$\rho_{\text{bas}} = \frac{M_{\text{seca}}}{V_{\text{sat}}} \quad (1)$$

Em que -  $\rho_{\text{bas}}$ : densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $M_{\text{seca}}$ : massa seca obtida em estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  (g); e  $V_{\text{sat}}$ : volume na condição de saturação ( $\text{cm}^3$ ).

$$\rho_{\text{ap}} = \frac{M_{12\%}}{V_{12\%}} \quad (2)$$

Em que -  $\rho_{\text{ap}}$ : densidade aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $M_{12\%}$ : massa a 12% de umidade (g); e  $V_{12\%}$ : volume a 12% de umidade ( $\text{cm}^3$ ).

#### 4.3.2 Estabilidade dimensional

Os parâmetros da estabilidade dimensional foram obtidos através das retrações lineares (Equação 3) e volumétrica (Equação 4), assim como os inchamentos lineares (Equação 5) e volumétrico (Equação 6).

$$\beta_x = \left( \frac{L_{x, \text{sat}} - L_{x, \text{seca}}}{L_{x, \text{sat}}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Em que -  $\beta_x$ : retração linear, em que x pode ser tangencial, radial ou longitudinal (%);  $L_{x, \text{sat}}$ : dimensão da madeira saturada, em que x pode ser tangencial, radial ou longitudinal (cm); e  $L_{x, \text{seca}}$ : dimensão da madeira seca, em que x pode ser tangencial, radial ou longitudinal (cm).

$$\beta_V = \left( \frac{V_{\text{sat}} - V_{\text{seca}}}{V_{\text{sat}}} \right) \times 100 \quad (4)$$

Em que -  $\beta_V$ : retração volumétrica (%);  $V_{\text{sat}}$ : volume saturado ( $\text{cm}^3$ ); e  $V_{\text{seca}}$ : volume seco ( $\text{cm}^3$ ).

$$\alpha_{Lx} = \left( \frac{L_{x, \text{sat}} - L_{x, \text{seca}}}{L_{x, \text{seca}}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que -  $\alpha_{Lx}$ : inchamento linear, em que x pode ser tangencial, radial ou longitudinal (%);  $L_{x, \text{sat}}$ : dimensão da madeira saturada, em que x pode ser tangencial, radial ou longitudinal (cm);  $L_{x, \text{seca}}$ : dimensão da madeira seca, em que x pode ser tangencial, radial ou longitudinal (cm).

$$\alpha_V = \left( \frac{V_{\text{sat}} - V_{\text{seca}}}{V_{\text{seca}}} \right) \times 100 \quad (6)$$

Em que -  $\alpha_V$ : inchamento volumétrico (%);  $V_{\text{sat}}$ : volume saturado ( $\text{cm}^3$ );  $V_{\text{seca}}$ : volume seco ( $\text{cm}^3$ ).

Em seguida, foi determinado o coeficiente de anisotropia (Equação 7) (também conhecido como relação T/R), por meio da relação das retrações ou inchamentos tangencial e radial. Esse coeficiente é usado com o intuito de qualificar a madeira quanto aos problemas originários da secagem (OLIVEIRA et al., 2010).

$$CA = \frac{\beta_t}{\beta_r} \quad (7)$$

Em que - CA: Coeficiente de anisotropia;  $\beta_t$ : retração tangencial (%); e  $\beta_r$ : retração radial (%).

#### 4.4 Ensaios de usinagem

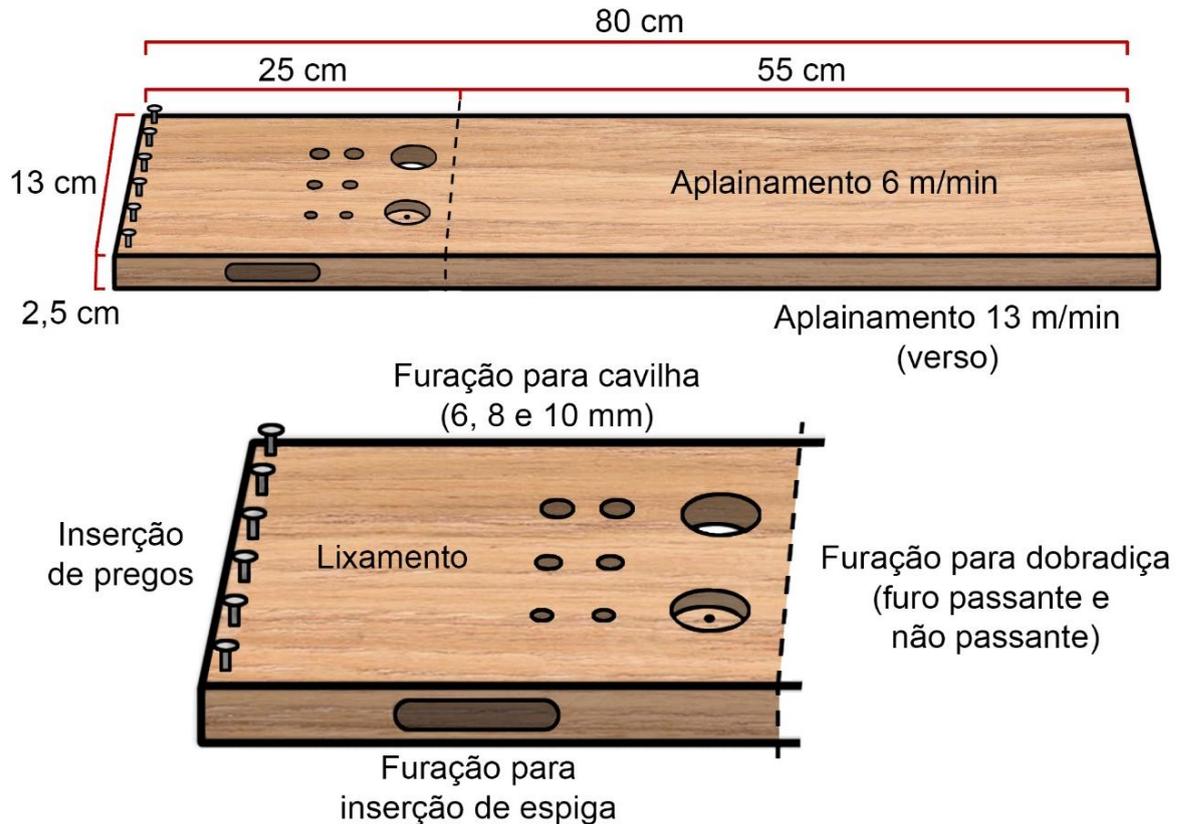
A madeira serrada foi submetida à secagem artificial em estufa, até a umidade de 10%. Os ensaios de usinagem ocorreram no Laboratório de Processamento de Madeira (LPM/UFRRJ). Foram confeccionados 6 corpos de prova por tora, resultando em 18 por tratamento e 144 no total. Os corpos de prova foram gerados com as dimensões iguais a 2,5 x 13,0 x 80,0 cm. Posteriormente, em sua maior dimensão, os corpos de prova foram serrados em duas partes, sendo uma igual a 55 cm, onde foram realizados os ensaios de aplainamento, e a outra igual a 25 cm, destinada ao lixamento, furações (cavilha, dobradiça e encaixe de espiga) e inserção de pregos. A qualidade das superfícies usinadas foi avaliada por três avaliadores, que atribuíram notas de 1 a 5 em função da ausência ou presença de defeitos, bem como suas intensidades, conforme os padrões qualitativos apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Classificação das notas atribuídas aos corpos de prova de usinagem

Nota	Classificação
1	Excelente
2	Bom
3	Regular
4	Ruim
5	Muito Ruim

Fonte: ASTM D1666-11 (2011).

Os ensaios e avaliações seguiram a metodologia proposta pela norma ASTM D1666-11 (2011), com adaptações no tipo de maquinário e na quantidade e dimensões do corpo de prova. A representação do corpo de prova para os ensaios de usinagem está apresentada na Figura 9. Para evitar a influência do desgaste das facas, brocas e lixas na qualidade superficial da madeira, as mesmas foram substituídas a cada 48 corpos de prova.



**Figura 9.** Representação do corpo de prova para as operações de usinagem. Fonte: elaboração do autor.

#### 4.4.1 Aplainamento

Para a realização do ensaio de aplainamento foi utilizada uma plaina desempenadeira da marca Baldan, modelo DPC-4, contendo 3 facas, de rotação de 4.500 RPM, cabeçote de 99 mm de diâmetro e ajustada para corte de profundidade de 1,6 mm (Figura 10). Também foi utilizado um avanço automático para padronizar as velocidades de alimentação. As velocidades escolhidas foram de 6 m/min e 13 m/min. Para essa operação, cada face do corpo de prova foi aplainada nas velocidades supracitadas. O aplainamento foi, ainda, realizado em metade do corpo de prova (em relação a sua largura), sendo contra e a favor do sentido da grã. Foram avaliados os seguintes defeitos: grã felpuda (*fuzzy grain*), grã arrancada (*torn grain*) e marcas de cavaco (*chip marks*) (ASTM, 2011).



**Figura 10.** Plaina desempenadeira com o alimentador de avanço. Fonte: elaboração do autor.

#### 4.4.2 Lixamento

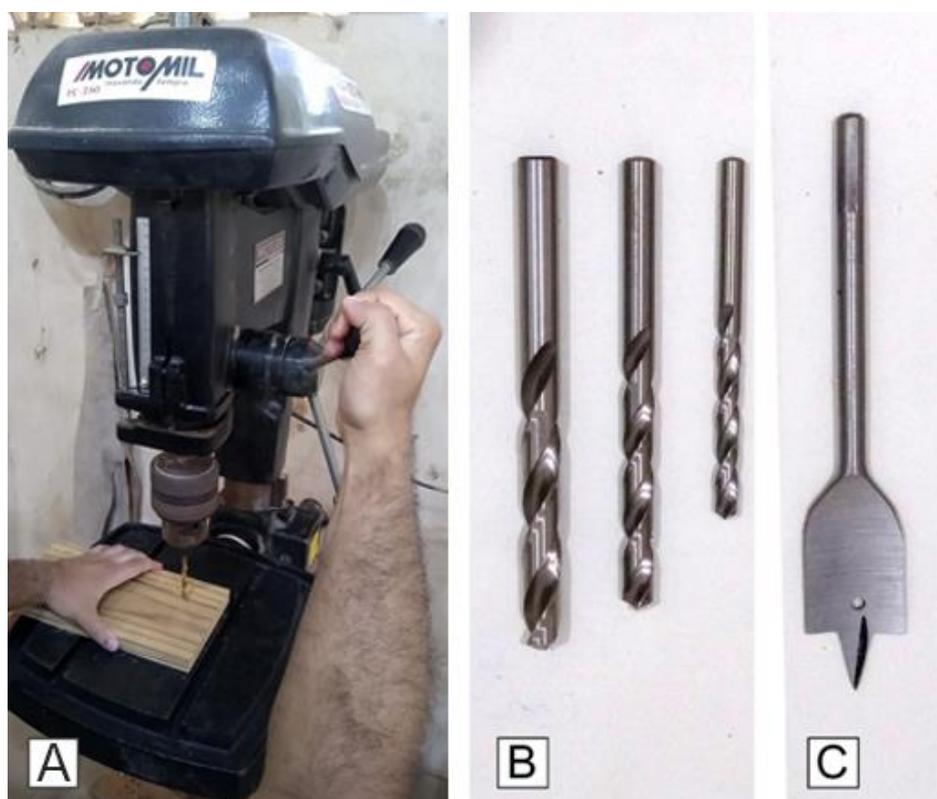
Para os ensaios de lixamento foi utilizada uma lixadeira de cinta, da marca Possamai, modelo LXA-7200, com 2,70 m entre a roda motriz e a roda guia (Figura 11), velocidade de 1.400 m/min, 3.600 RPM de rotação do motor e dotadas de lixas de granulometria 80. O processo de lixamento se deu por um período padronizado em 30 segundos. Foram avaliados os seguintes defeitos: riscamento (*scratching*) e grã felpuda (*fuzzy grain*) (ASTM, 2011).



**Figura 11.** Lixadeira de cinta. Fonte: elaboração do autor.

#### 4.4.3 Furação para cavilha e dobradiça

Nos ensaios de furação para cavilha e dobradiça foi utilizada uma furadeira de coluna vertical, com avanço manual e frequência de rotação do motor de 3100 RPM (Figura 12). Para tal, a furadeira foi equipada com brocas do tipo helicoidal de aço, com os respectivos tamanhos: 10 x 87 x 133 mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil); 8 x 75 x 117mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil) e 6 x 57 x 93 mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil) (Figura 12), com as quais foram realizados seis furos passantes em cada amostra, sendo dois para cada tamanho de broca. Os furos foram confeccionados à uma distância mínima de 25 mm entre eles e também das bordas. Foram avaliados os seguintes defeitos: grã arrancada (*tearouts*) e grã felpuda (*fuzziness*). Já para o ensaio de furação para dobradiça, foram utilizadas brocas chatas de 25,4 x 152 mm, sendo confeccionados um furo passante e outro não passante.



**Figura 12.** Equipamentos utilizados na operação de furação para cavilha e dobradiça. Em que – A: furadeira de coluna vertical; B: brocas helicoidais (para cavilha e encaixe de espiga); C: broca chata (para dobradiça). Fonte: elaboração do autor.

#### 4.4.4 Furação para encaixe de espiga

O ensaio de furação para encaixe de espiga foi realizado na lateral da peça. Foi utilizada uma furadeira horizontal com avanço manual (Figura 13), da marca Motomil, modelo Fc-250 e 1.275 RPM, equipada com broca helicoidal de 10 x 87 x 133 mm (diâmetro, comprimento da broca e comprimento útil). Foram realizadas furações sucessivas em linha e posteriormente um deslocamento da broca através dos furos, gerando o encaixe de espiga. Os seguintes defeitos foram avaliados: esmagamento de fibras (*crushing*) e grã felpuda (*fuzziness*).



**Figura 13.** Furadeira horizontal utilizada para a confecção do encaixe de espiga. Fonte: elaboração do autor.

#### **4.4.5 Inserção de pregos**

Para a realização do ensaio de inserção de pregos, foi adotada a metodologia descrita pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1997). Os pregos foram fixados nos mesmos corpos de prova onde foram realizadas as furações e lixamento, sendo 6 pregos em cada. Foram utilizados pregos de aço 15 x 15, com 34,5 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro, espaçados 20 mm entre si e 10 mm das extremidades (Figura 9). Os corpos de prova foram avaliados em relação a presença ou ausência de rachaduras que se manifestaram do local de fixação do prego ao topo do corpo de prova, sendo registrada a porcentagem das mesmas.

#### **4.5 Determinação dos parâmetros de rugosidade**

A qualidade das superfícies submetidas às operações de aplainamento nas duas velocidades (6 e 13 m/min) e no lixamento também foi avaliada através dos parâmetros de rugosidade  $R_a$  – rugosidade média e  $R_t$  – rugosidade total ou altura total do perfil. Para isso foi utilizado um rugosímetro de arraste portátil, da marca Digimess, modelo TR200, de haste de medição com ponta apalpadora cone-esférica de diamante (Figura 14).



**Figura 14.** Rugosímetro de arraste Digimess, modelo TR200. Fonte: elaboração do autor.

O comprimento de amostragem (*cut off*) adotado foi de 2,5mm, realizado cinco vezes, totalizando um comprimento de avaliação de 1,25 cm, sendo o máximo possibilitado pelo equipamento utilizado, amplitude (*range*) de 0.8  $\mu\text{m}$  e filtro de Gauss.

#### 4.6 Análise estatística

O nível de significância adotado foi de 5% para todos os testes e as análises estatísticas foram realizadas no *software* Assisat 7.7. Para as avaliações das propriedades físicas e dos parâmetros de rugosidade, foi feito uso do esquema fatorial e teste de Tukey para comparação das médias nos fatores material genético e espaçamentos de plantio, assim como suas interações. Foi verificada nos testes, a normalidade em relação a distribuição dos dados. O teste de Tukey também foi utilizado na comparação dos parâmetros de rugosidade isoladamente. A estatística descritiva utilizada nos parâmetros das propriedades físicas, usinagem e parâmetros de rugosidade foi realizada por meio do *software* Microsoft Excel 2021.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Propriedades Físicas

Segundo a classificação das madeiras em leve, média e pesada, respectivamente  $\leq 0,50 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,50 - 0,72 \text{ g/cm}^3$  e  $\geq 0,72 \text{ g/cm}^3$  (SOUZA et al., 2002; MELO et al., 1990; NOGUEIRA et al., 2005), três dos oito tratamentos de teca estudados foram classificados como madeiras de densidade básica média, enquanto cinco foram classificadas como madeiras leves. Entretanto, de forma geral foram observados valores semelhantes em todos os tratamentos (Tabela 3), os quais estão situados próximos do limite da classificação correspondente à madeira de densidade leve e média. O valor médio geral encontrado nesse estudo ( $0,503 \text{ g/cm}^3$ ) é coerente com

estudos realizados por outros autores, os quais obtiveram 0,51 g/cm<sup>3</sup> (DIAS et al., 2018) e 0,53 g/cm<sup>3</sup> (BLANCO - FLÓRES et al., 2014), ambos para indivíduos de 13 anos de idade.

**Tabela 3.** Médias da umidade, densidade básica e aparente por tratamento e geral

Tratamento	Umidade (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	
		Básica	Aparente
Clone 1 – 4x4	122,86 (07,66)	0,529 (04,74)	0,620 (04,64)
Clone 2 – 4x4	134,90 (12,15)	0,500 (07,85)	0,575 (09,40)
Clone 3 – 4x4	123,31 (09,32)	0,527 (05,95)	0,640 (25,47)
Seminal – 4x4	143,75 (17,35)	0,483 (10,20)	0,562 (09,06)
Clone 1 – 4x3	144,52 (07,58)	0,478 (05,17)	0,562 (05,70)
Clone 2 – 4x3	126,50 (07,31)	0,520 (04,41)	0,619 (06,34)
Clone 3 – 4x3	136,84 (13,73)	0,497 (09,60)	0,584 (10,66)
Seminal – 4x3	139,63 (19,72)	0,493 (12,29)	0,563 (17,04)
Média geral	134,04 (14,18)	0,503 (08,59)	0,591 (13,89)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Ressalta-se que as madeiras estudadas foram oriundas de desbastes com 12 anos, sendo constituída, basicamente, por madeira juvenil. Dessa forma, tais valores de densidade tendem a aumentar no caso da madeira adulta (FPL, 2010). De grande relevância por se relacionar com o comportamento físico e mecânico da madeira, a densidade varia em função de vários fatores como a idade e material genético (DIAS, 2018), além das condições edafoclimáticas e do espaçamento de plantio entre os indivíduos, sendo que à medida que a distância entre árvores é maior, sua madeira apresenta fibras mais alongadas e paredes celulares mais espessas, além da menor frequência de vasos, resultando em maior densidade da madeira (LIMA et al., 2011).

Estatisticamente, as médias dos valores de densidade básica entre os dois espaçamentos de plantio estudados apresentaram diferenças significativas, sendo o espaçamento 4x4 aquele que, em geral, originou madeira de maior densidade quando comparado com o espaçamento 4x3, respectivamente 0,510 g/cm<sup>3</sup> e 0,497 g/cm<sup>3</sup> (Tabela 4).

**Tabela 4.** Médias dos valores de densidade básica considerando a variação entre espaçamentos de plantio

Espaçamento	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )
4x4	0,510 a
4x3	0,497 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação aos materiais genéticos, aqueles provenientes de clones apresentaram médias de densidade básica superiores em relação ao material seminal, com exceção do clone 1, que estatisticamente não diferiu significativamente do material proveniente de semente (Tabela 5). As interações entre os fatores espaçamento e material genético, nas médias da densidade básica entre os oito tratamentos estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 5.** Médias dos valores de densidade básica considerando a variação entre materiais genéticos

Material genético	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )
Clone 1	0,504 ab
Clone 2	0,510 a
Clone 3	0,512 a
Seminal	0,488 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Interação entre os fatores espaçamento e material genético, nas médias da densidade básica

Espaçamento	Material genético			
	Clone 1	Clone 2	Clone 3	Seminal
4x4	0,529 aA	0,500 aBC	0,527 aAB	0,483 aC
4x3	0,478 bB	0,519 aA	0,497 bAB	0,493 aAB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação aos espaçamentos, os clones 1 e 3 apresentaram diferença significativa, onde os maiores valores de densidade foram observados no espaçamento 4x4, no qual foi constatado que o clone 3 é semelhante aos clones 1 e 2, sendo esse último similar ao seminal. No espaçamento 4x3, o clone 1 se difere do 2, entretanto ambos são similares ao clone 3 e seminal.

Quanto aos parâmetros de estabilidade dimensional da madeira, foram obtidos os valores das retrações lineares – tangencial, radial e longitudinal – além do volumétrico (Tabela 7). De posse desses valores, foi possível calcular o coeficiente de anisotropia. Devido à similaridade entre os valores das retrações e inchamentos, o teste de comparação de médias entre os espaçamentos, materiais genéticos e interações foi aplicado apenas na retração, mais especificamente para a volumétrica e coeficiente de anisotropia.

**Tabela 7.** Médias das retrações lineares e volumétricas e coeficiente de anisotropia na retração por tratamento e geral

Tratamento	Retração (%)				
	rT	rR	rL	rV	CA
Clone 1 – 4x4	4,92 (12,14)	2,26 (32,99)	0,43 (25,31)	7,47 (12,56)	2,33 (27,98)
Clone 2 – 4x4	5,41 (23,78)	2,03 (10,60)	0,31 (60,04)	7,61 (19,54)	2,65 (18,65)
Clone 3 – 4x4	5,53 (08,85)	2,72 (30,61)	0,33 (56,59)	8,39 (09,50)	2,22 (33,05)
Seminal – 4x4	4,76 (24,70)	1,76 (7,70)	0,34 (48,27)	6,76 (16,28)	2,69 (22,11)
Clone 1 – 4x3	5,22 (06,56)	2,39 (30,04)	0,23 (102,44)	7,70 (7,82)	2,34 (25,80)
Clone 2 – 4x3	5,65 (16,67)	2,57 (22,29)	0,30 (51,90)	8,34 (12,18)	2,30 (27,17)
Clone 3 – 4x3	5,20 (15,04)	2,12 (27,57)	0,25 (49,31)	7,45 (14,91)	2,53 (17,26)
Seminal – 4x3	3,81 (13,16)	2,08 (20,41)	0,48 (34,95)	6,26 (10,69)	1,91 (24,18)
Média geral	5,06 (19,01)	2,24 (27,73)	0,33 (53,89)	7,50 (15,60)	2,45 (26,35)

Em que – rT: retração tangencial; rR: retração radial; rL: retração longitudinal; rV: retração volumétrica; CA: coeficiente de anisotropia; valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Observou-se que a retração na direção tangencial é, aproximadamente, duas vezes maior em relação à direção radial. Os valores são coerentes com os encontrados por Paes et al. (2015), onde as contrações tangenciais, radiais e volumétricas da madeira de teca aos 13 anos foram, respectivamente,  $6,17 \pm 2,21$ ;  $2,73 \pm 0,45$ ; e  $9,83 \pm 1,41\%$ . Os resultados foram considerados bons, levando em consideração a quantidade de madeira juvenil, mais instável quando comparada à madeira adulta (KRETSCHMANN, 2008; ARRUDA, 2013). O Laboratório de Produtos Florestais – LPF (1997) classificou como baixa retração volumétrica madeiras que apresentam valores inferiores a 11,5%.

Na comparação entre as médias das retrações volumétricas dos oito tratamentos, não houve diferença significativa para o fator espaçamento de plantio, entretanto, houve para o fator material genético (Tabela 8). As médias das retrações volumétricas foram maiores para os clones, o que pode ser explicado pelos mesmos terem apresentado valores de densidade maiores em relação às médias dos materiais genéticos seminais (Tabela 5). A retração tende a aumentar com o aumento da densidade, devido à maior fração de parede celular que retém e perde maior quantidade de água para o ambiente, por ser um material higroscópico (BURGER; RICHTER, 1991). Não houve diferenças significativas nas interações dos fatores.

**Tabela 8.** Médias dos valores de retração volumétrica considerando a variação entre materiais genéticos

Material genético	Retração volumétrica (%)
Clone 1	7,58 a
Clone 2	7,97 a
Clone 3	7,92 a
Seminal	6,50 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Também foram obtidos os valores inchamentos lineares – tangencial, radial e longitudinal – além do volumétrico e coeficiente de anisotropia (Tabela 9).

**Tabela 9.** Médias dos inchamentos lineares e volumétricas e coeficiente de anisotropia no inchamento por tratamento e geral

Tratamento	Inchamento (%)				
	iT	iR	iL	iV	CA
Clone 1 – 4x4	5,17 (12,71)	2,32 (00,34)	0,44 (25,41)	8,08 (13,59)	2,40 (28,71)
Clone 2 – 4x4	5,74 (25,05)	2,07 (10,82)	0,30 (58,66)	8,26 (21,11)	2,75 (19,67)
Clone 3 – 4x4	5,85 (09,34)	2,80 (31,56)	0,33 (56,65)	9,17 (10,47)	2,29 (33,98)
Seminal – 4x4	5,01 (26,02)	1,80 (7,84)	0,34 (48,37)	7,26 (17,50)	2,79 (23,33)
Clone 1 – 4x3	5,51 (06,93)	2,45 (30,99)	0,23 (102,36)	8,34 (08,50)	2,42 (26,46)
Clone 2 – 4x3	5,99 (17,64)	2,64 (22,94)	0,30 (52,02)	9,12 (13,38)	2,38 (28,23)
Clone 3 – 4x3	5,50 (15,90)	2,17 (28,45)	0,25 (49,43)	8,06 (16,19)	2,61 (17,82)
Seminal – 4x3	3,96 (13,67)	2,12 (20,83)	0,48 (35,13)	6,68 (11,46)	1,94 (24,72)
Média geral	5,34 (34,71)	2,30 (57,39)	0,33 (49,23)	8,12 (26,25)	2,45 (26,35)

Em que: iT – inchamento tangencial; iR – inchamento radial; iL – inchamento longitudinal; iV – inchamento volumétrica; CA – coeficiente de anisotropia; valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

As médias dos coeficientes de anisotropia na retração foram, de modo geral, elevados, sendo a madeira avaliada como de média – alta instabilidade para o clone 1 no espaçamento 4x4 e 4x3, clone 2 no espaçamento 4x3, clone 3 no espaçamento 4x4, clone 3 no espaçamento 4x3 e madeiras muito instáveis para o clone 2 no espaçamento 4x4 e seminal no espaçamento 4x4. Apenas o material seminal no espaçamento 4x3 foi considerado de média – baixa instabilidade (Tabela 7) (Figura 15).

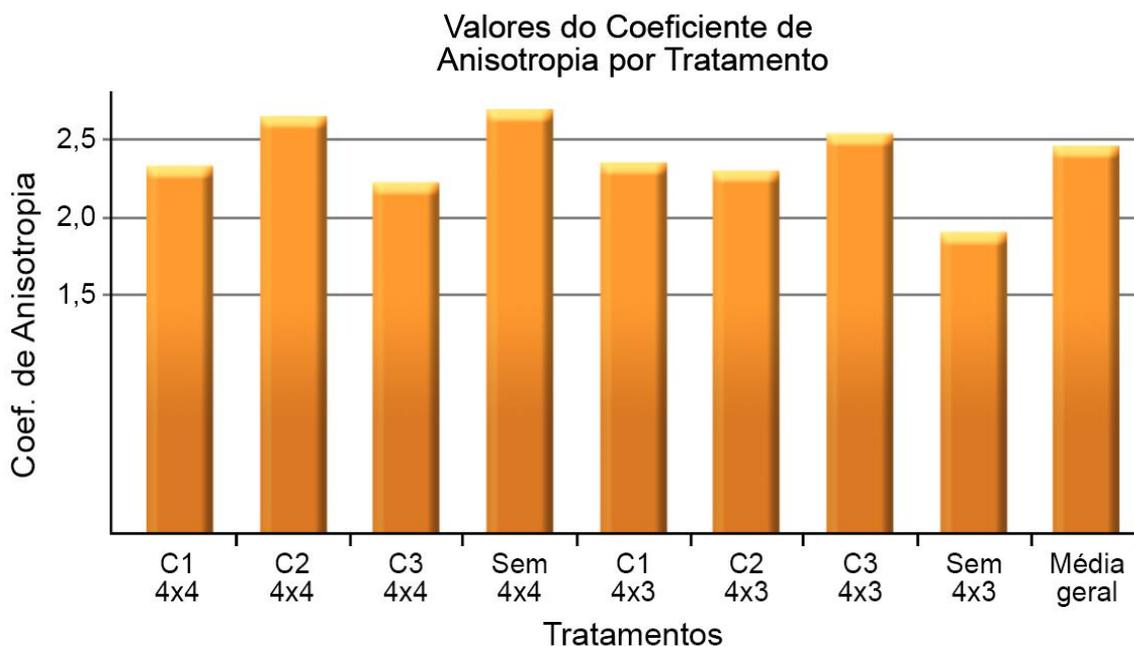
O coeficiente de anisotropia é um importante índice no estudo das retrações, uma vez que quanto mais elevado, maior a probabilidade de formação de rachaduras e empenamentos na madeira (OLIVEIRA, 1988). Entretanto, alguns autores citam que tal índice não deve ser considerado isoladamente, devendo-se considerar ainda fatores inerentes à formação da madeira, operações no processamento, secagem e armazenamento (PAES et al, 2015).

As interações entre os fatores espaçamento e material genético, nas médias do coeficiente de anisotropia para os oito tratamentos estão indicadas na Tabela 10. Foi verificado que apenas a interação do material seminal diferiu significativamente entre os espaçamentos, sendo o 4x3 aquele que gerou madeira com coeficiente de anisotropia inferior. Separadamente, não ocorreram diferenças significativas entre as médias dos valores em relação aos espaçamentos e materiais genéticos.

**Tabela 10.** Interação entre os fatores espaçamento e material genético, nas médias do coeficiente de anisotropia

Espaçamento	Material genético			
	Clone 1	Clone 2	Clone 3	Seminal
4x4	2,33 aA	2,65 aA	2,22 aA	2,70 aA
4x3	2,34 aA	2,30 aA	2,53 aA	1,90 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



**Figura 15.** Valores médios do coeficiente de anisotropia para cada tratamento e média geral. Em que – C: clone; Sem: seminal; 4x4 e 4x3: espaçamentos de plantio. Coeficiente de anisotropia < 1,5: madeira muito estável; 1,6 até 2,0: madeira de média baixa instabilidade; 2,0 até 2,5: madeira de média alta instabilidade; > 2,6: madeira muito instável. Fonte: elaboração do autor.

## 5.2 Qualidade das Superfícies Usinadas

A seguir estão apresentados os resultados da avaliação visual das superfícies usinadas das madeiras, com base na norma ASTM D1666-11 (2011), seguindo a metodologia já citada anteriormente. Cabe ressaltar que as notas foram atribuídas com base na intensidade com que cada tipo de defeito se manifestou, onde tais notas variam de 1 a 5, respectivamente melhor e pior resultado. Ainda de acordo com a norma, é possível indicar algumas utilizações da madeira com base na distribuição das notas, em que superfícies com nota 1 e 2 são consideradas aptas para usos que exijam maior qualidade, como móveis, pisos, portas, janelas, batentes, entre outros; superfícies com notas de 3 a 5 são aptas para uso em produtos que requerem menor exigência, como portões, caibros, usos na construção civil, entre outros.

### 5.2.1 Aplainamento

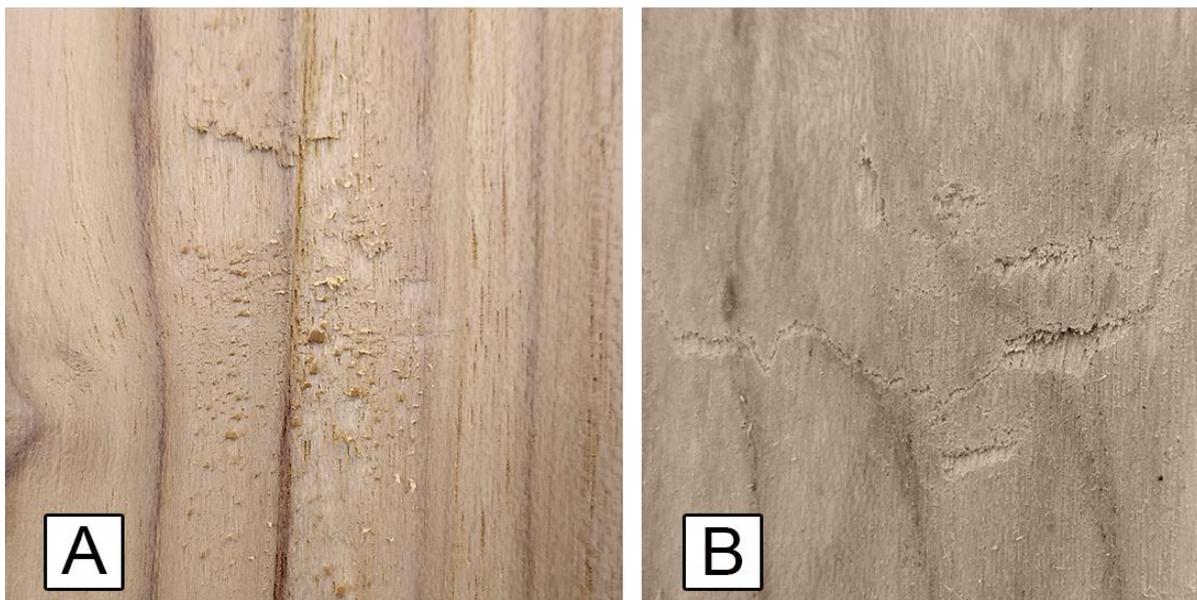
Nas Tabelas 11 e 12 estão apresentados os resultados médios da avaliação visual para as superfícies de teca aplainadas em, respectivamente 6 e 13 m/min.

**Tabela 11.** Médias das notas, por defeito, referentes às operações de aplainamento a 6 m/min

Tratamento	Aplainamento 6 m/min		
	Grã Felpuda	Grã Arrancada	Marcas de Cavaco
Clone 1 – 4x4	1,7 (29,27)	2,0 (34,08)	1,0 (06,22)
Clone 2 – 4x4	1,4 (36,97)	1,5 (28,31)	1,0 (00,00)
Clone 3 – 4x4	1,5 (31,47)	1,7 (40,12)	1,0 (05,29)
Seminal – 4x4	1,3 (26,08)	1,3 (25,36)	1,0 (05,29)
Clone 1 – 4x3	1,6 (26,12)	1,8 (25,76)	1,1 (09,38)
Clone 2 – 4x3	1,4 (27,31)	1,7 (26,02)	1,0 (08,81)
Clone 3 – 4x3	1,6 (32,71)	1,8 (27,83)	1,1 (11,76)
Seminal – 4x3	1,3 (22,00)	1,5 (23,63)	1,1 (15,27)
Média geral	1,5 (30,25)	1,7 (31,77)	1,0 (09,95)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

No aplainamento a 6 m/min, para os três tipos de defeitos avaliados: grã felpuda, grã arrancada e marcas de cavaco, todos os tratamentos foram classificados como “excelente” a “bom”. Para o defeito de grã felpuda, a menor nota foi para o material seminal no espaçamento 4x3 e o maior foi para o clone 1 no espaçamento 4x4. Já para o arrancamento de grã, o menor valor observado foi para o material seminal no espaçamento 4x4 e o maior para o clone 1 no espaçamento 4x4, tendo esse alcançado o limite para a classificação como “bom”. O defeito de marcas de cavaco ocorreu em pequena quantidade, o qual foi avaliado como “excelente” a “muito bom”. As chances de tal defeito ocorrer é maior em madeiras que possuam resina, onde a mesma pode aderir cavacos no gume da lâmina da plaina desempenadeira, que, ao retornar à madeira para um novo corte, pode causar uma pequena marca devido a um esmagamento da superfície. Exemplos dos defeitos de grã felpuda e grã arrancada estão apresentados na Figura 16.



**Figura 16.** Defeitos do aplainamento. Em que - A: grã felpuda; B: grã arrancada. Fonte: elaboração do autor.

**Tabela 12.** Médias das notas, por defeito, referentes às operações de aplainamento a 13 m/min

Tratamento	Aplainamento 13 m/min		
	Grã Felpuda	Grã Arrancada	Marcas de Cavaco
Clone 1 – 4x4	2,0 (32,84)	3,0 (30,59)	1,2 (15,49)
Clone 2 – 4x4	1,9 (31,84)	2,6 (28,43)	1,1 (15,64)
Clone 3 – 4x4	1,7 (37,95)	2,4 (36,22)	1,0 (08,34)
Seminal – 4x4	1,5 (22,52)	2,1 (31,32)	1,1 (11,50)
Clone 1 – 4x3	1,8 (29,61)	2,7 (27,42)	1,2 (14,56)
Clone 2 – 4x3	1,8 (30,85)	2,6 (28,71)	1,2 (14,68)
Clone 3 – 4x3	2,1 (25,69)	2,9 (22,37)	1,2 (19,12)
Seminal – 4x3	1,4 (23,79)	2,4 (30,93)	1,4 (21,69)
Média geral	1,8 (32,24)	2,6 (30,82)	1,2 (18,06)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

No aplainamento a 13 m/min, observou-se um aumento das intensidades nos defeitos da madeira, sobretudo para a grã arrancada, agora classificada como “bom” a “regular”, sendo observados os valores mínimo e máximo de 2,1 e 3,0, respectivamente. Tal diferença de comportamento é explicado pelo fato do avanço a 13 m/min ser mais agressivo à madeira, já que o material é deslocado pela plaina, e conseqüentemente pelas facas, em uma velocidade maior que o dobro em comparação com a primeira situação (6 m/min). O defeito de grã felpuda permaneceu classificado como “excelente” a “bom”, com menor e maior valor médio de 1,4 e 2,0, respectivamente. O defeito de marcas de cavaco apresentou maior intensidade em relação à velocidade de 6 m/min, entretanto, manteve-se a avaliação de “excelente” a “muito bom”. Exemplos das ocorrências de defeitos de grã felpuda e grã arrancada na madeira de teca estão apresentados na Figura 16.

### 5.2.2 Lixamento

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados médios da avaliação visual para as superfícies de teca lixadas.

**Tabela 13.** Médias das notas, por defeito, nas operações de lixamento

Tratamento	Lixamento	
	Riscamento	Grã felpuda
Clone 1 – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 2 – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 3 – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Seminal – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 1 – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 2 – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 3 – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Seminal – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Média geral	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

O lixamento foi uma das duas operações de usinagem que apresentaram os melhores resultados dentre os demais. As madeiras de todos os tratamentos, para os defeitos de riscamento e grã felpuda, foram avaliadas como “excelente”, ou seja, inexistentes. Observa-se, pelos valores nulos do coeficiente de variação, que as notas atribuídas por todos os avaliadores e para todos os corpos de prova foram iguais. A operação de lixamento é empregada após a utilização da plaina desengrossadeira ou desempenadeira, quando após essas, o material necessita ser retrabalhado para alcançar uma superfície de qualidade superior. O defeito de riscamento ocorre devido à utilização de lixa mal fabricada, ou quando uma partícula sólida fica aderida à lixa, causando ranhuras à superfície da madeira. A grã felpuda, defeito possível de ocorrer no desengrosso ou aplainamento, pode ser totalmente removida desde que a madeira seja submetida à operação de lixamento por tempo adequado. Um exemplo da superfície de teca após ser submetida à operação de lixamento está apresentada na Figura 17.



**Figura 17.** Madeira de teca após lixamento. Fonte: elaboração do autor.

### 5.2.3 Furação para cavilha, dobradiça e encaixe de espiga

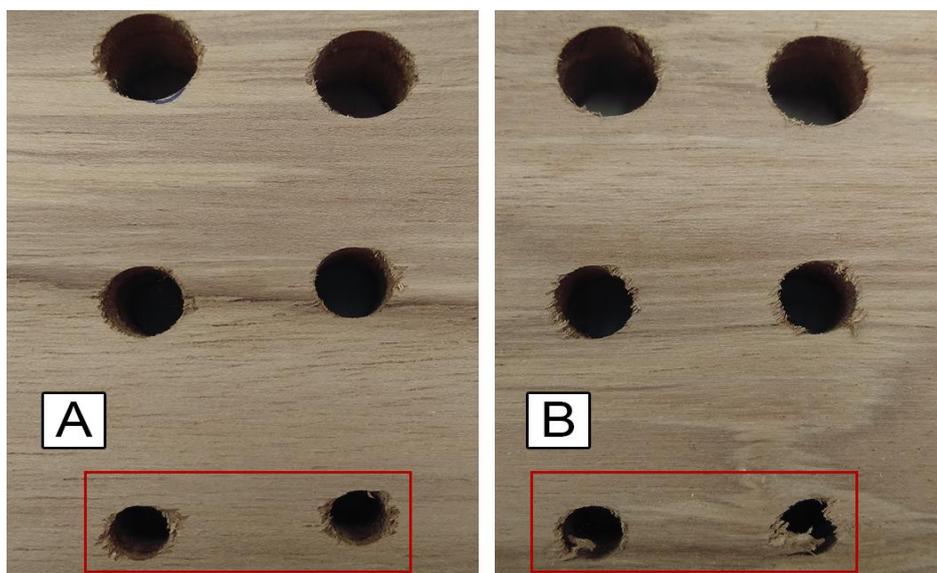
Na Tabela 14 estão apresentados os resultados médios da avaliação visual nas furações para inserção de cavilhas de diâmetro 6, 8 e 10 mm.

**Tabela 14.** Médias das notas, por defeito, nas operações de furação para cavilha

Tratamento	Furação - Cavilha					
	6 mm		8 mm		10 mm	
	Grã Arrancada	Grã Arrepiada	Grã Arrancada	Grã Arrepiada	Grã Arrancada	Grã Arrepiada
Clone 1 – 4x4	1,5 (39,61)	2,8 (39,07)	1,8 (46,67)	1,8 (34,30)	1,6 (40,89)	1,6 (44,60)
Clone 2 – 4x4	1,6 (36,19)	1,9 (46,79)	1,6 (47,07)	1,6 (39,58)	1,6 (36,33)	1,4 (35,20)
Clone 3 – 4x4	1,4 (42,63)	1,8 (36,96)	1,9 (57,76)	1,6 (32,91)	1,4 (45,09)	1,7 (38,85)
Seminal – 4x4	1,4 (39,46)	1,9 (36,63)	1,4 (42,37)	1,5 (44,15)	1,3 (31,44)	1,4 (34,77)
Clone 1 – 4x3	1,2 (29,21)	1,6 (41,09)	1,8 (47,25)	1,4 (50,22)	1,1 (33,01)	1,1 (15,32)
Clone 2 – 4x3	1,2 (32,07)	1,7 (49,69)	1,5 (44,32)	1,5 (36,33)	1,1 (24,67)	1,2 (28,83)
Clone 3 – 4x3	1,4 (29,10)	1,5 (45,82)	1,6 (34,40)	1,3 (29,78)	1,2 (32,07)	1,2 (20,79)
Seminal – 4x3	1,4 (40,12)	1,5 (34,55)	1,5 (41,14)	1,2 (25,46)	1,2 (42,61)	1,2 (29,40)
Média geral	1,4 (37,22)	1,8 (46,03)	1,6 (46,83)	1,5 (38,77)	1,3 (38,86)	1,3 (37,86)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Nas operações de furação para inserção de cavilha com brocas helicoidais de diâmetro 6, 8 e 10 mm, os resultados obtidos para os defeitos de grã arrancada e grã arrepiada receberam a classificação de “excelente” a “bom”, com exceção apenas para o defeito de grã arrepiada na utilização da broca de 6 mm, para o clone 1 no espaçamento 4x4, que se aproximou da classificação “regular”. Foi também observado que esse defeito apresentou uma queda conforme o aumento de diâmetro da broca, com médias gerais de 1,8, 1,5 e 1,3 para as brocas de 6, 8 e 10 mm, respectivamente. Exemplos da madeira de teca após ser submetida à operação de furação para inserção de cavilha, nos três diâmetros, estão apresentados na Figura 18.



**Figura 18.** Defeitos de furação para cavilha. Em que - A: grã arrancada; B: grã arrepiada. Fonte: elaboração do autor.

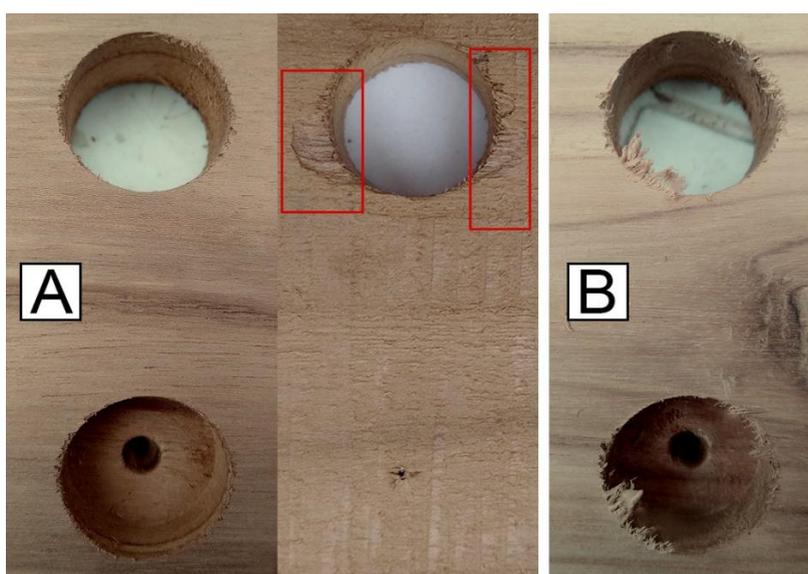
Na Tabela 15 estão apresentados os resultados médios da avaliação visual nas furações para inserção de dobradiça, com furo passante e não passante.

**Tabela 15.** Médias das notas, por defeito, nas operações de furação para dobradiça

Médias	Furação - Dobradiça			
	Furo passante		Furo não passante	
	Grã Arrancada	Grã Arrepiada	Grã Arrancada	Grã Arrepiada
Clone 1 – 4x4	3,0 (28,94)	2,0 (28,44)	1,1 (17,70)	2,6 (29,78)
Clone 2 – 4x4	3,0 (34,67)	2,1 (26,39)	1,2 (32,55)	2,5 (32,16)
Clone 3 – 4x4	2,9 (30,13)	2,1 (31,09)	1,0 (11,47)	2,1 (25,04)
Seminal – 4x4	2,6 (41,06)	2,1 (22,40)	1,1 (15,32)	2,3 (23,18)
Clone 1 – 4x3	2,9 (33,80)	2,1 (29,95)	1,1 (17,70)	2,6 (25,01)
Clone 2 – 4x3	2,4 (36,18)	2,2 (29,62)	1,0 (00,00)	2,1 (30,85)
Clone 3 – 4x3	2,2 (44,30)	1,8 (33,09)	1,1 (23,75)	2,4 (22,06)
Seminal – 4x3	2,5 (32,18)	1,6 (31,11)	1,0 (00,00)	1,9 (30,01)
Média geral	2,7 (35,93)	2,0 (29,79)	1,1 (19,41)	2,3 (28,86)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Foi observado que a operação de furação para inserção de dobradiça, no caso do furo passante, ou seja, aquele que atravessou o corpo de prova, gerou notas classificadas como “bom” a “regular” para o defeito de grã arrancada, enquanto para o mesmo defeito no furo não passante, a classificação foi muito próxima do “excelente”. Isso pode ser explicado pelo fato da broca chata “empurrar” uma porção do material ao atravessar a madeira, aumentando assim a ocorrência do defeito. Para ambos os tipos de furos, a ocorrência do defeito de grã arrepiada foi semelhante, variando de “excelente” a “regular”. Exemplos da madeira de teca após ser submetida à operação de furação para dobradiça estão apresentados na Figura 19.



**Figura 19.** Furo passante e não passante para inserção de dobradiça. Em que - A: furação passante com ausência de defeitos, mas com severo arrancamento de fibras no lado oposto (saída da broca); B: severo defeito de grã arrepiada. Fonte: elaboração do autor.

Na Tabela 16 estão apresentados os resultados médios da avaliação visual nas furações para inserção de espiga.

**Tabela 16.** Médias das operações de furação para encaixe de espiga

Tratamento	Encaixe de Espiga	
	Esmagamento	Grã Arrepiada
Clone 1 – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 2 – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 3 – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Seminal – 4x4	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 1 – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 2 – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Clone 3 – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Seminal – 4x3	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)
Média geral	1,0 (0,00)	1,0 (0,00)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

Juntamente com a operação de lixamento, a furação para encaixe de espiga apresentou os melhores resultados dentre todas as operações de usinagem. As madeiras de todos os tratamentos, para o defeito de esmagamento e grã arrepiada foram avaliadas como “excelente”. Observa-se, pelos valores nulos do coeficiente de variação, que as notas atribuídas por todos os avaliadores e para todos os corpos de prova foram iguais. O excelente desempenho se deu pela furação para encaixe de espiga ter sido confeccionada por meio de vários furos individuais e sucessivos, que posteriormente a broca helicoidal percorreu todos as perfurações, retirando as grãs arrepiadas, se existentes. Exemplos da madeira de teca após ser submetida à operação de furação para encaixe de espiga estão apresentados na Figura 20.



**Figura 20.** Madeira de teca após furação para encaixe de espiga. Fonte: elaboração do autor.

#### 5.2.4 Fendilhamento por pregos

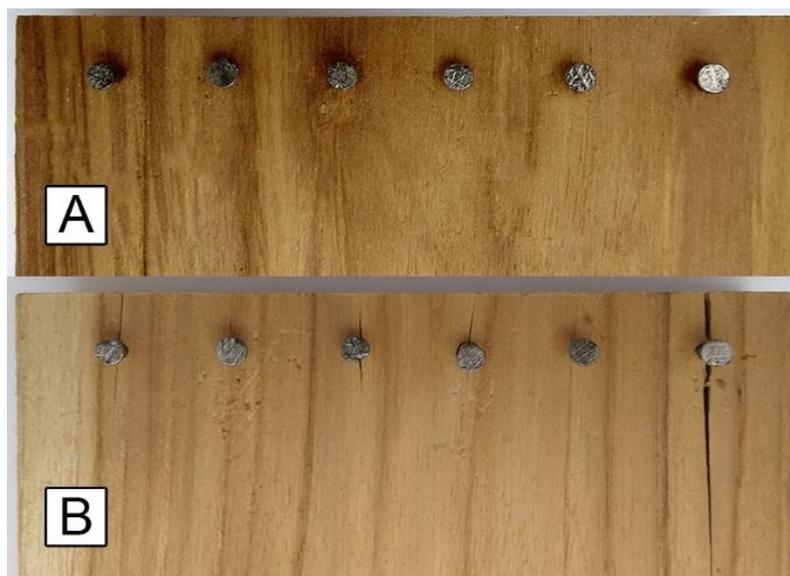
Na Tabela 17 estão apresentadas as porcentagens referentes às quantidades de fendilhamentos observados na madeira de teca provenientes das perfurações com pregos.

**Tabela 17.** Quantidade relativa de perfurações por prego que causaram rachaduras nos corpos de prova

Tratamento	Fendilhamento por pregos (% de rachaduras)
Clone 1 – 4x4	25,0 (76,70)
Clone 2 – 4x4	13,0 (112,9)
Clone 3 – 4x4	22,8 (77,80)
Seminal – 4x4	20,0 (79,00)
Clone 1 – 4x3	18,5 (60,90)
Clone 2 – 4x3	19,6 (93,02)
Clone 3 – 4x3	07,4 (138,5)
Seminal – 4x3	02,8 (230,1)
Média geral	16,1 (100,2)

Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

O material seminal, no espaçamento 4x3, apresentou menor porcentagem de rachaduras na inserção de pregos, enquanto a maior foi observada no clone 1, para espaçamento 4x4. Contudo, não foi percebida uma relação entre o número de rachaduras e outra variável dos tratamentos. Foram constatados elevados coeficientes de variação em todos os tratamentos, indicando que os corpos de prova dentro de um mesmo tratamento apresentaram grandes variações na quantidade de rachaduras. Exemplos da madeira de teca após ser perfurada por pregos, estão apresentados na Figura 21.



**Figura 21.** Perfurações por prego. Em que – A: corpo de prova sem rachaduras; e B: corpo de provas com rachaduras. Fonte: elaboração do autor.

### 5.3 Parâmetros de rugosidade da madeira

Foi observado que a rugosidade da madeira de teca, através dos parâmetros de rugosidade média (Ra) e rugosidade total (ou altura total do perfil, Rt), obtidos por meio do rugosímetro de arraste, apresentou uma tendência no aumento de seus parâmetros na velocidade de aplainamento a 13 m/min, seguida pelo lixamento, e por fim, no aplainamento a 6 m/min (Tabela 18).

**Tabela 18.** Parâmetros de rugosidade na superfície da madeira aplainada de teca nas velocidades de 6 e 13 m/min, além do lixamento

Tratamento	Aplainamento 6 m/min		Aplainamento 13 m/min		Lixamento	
	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rt ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rt ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rt ( $\mu\text{m}$ )
Clone 1 – 4x4	2,8 (19,00)	25,9 (27,72)	4,6 (10,25)	34,9 (21,29)	2,5 (22,24)	24,9 (24,36)
Clone 2 – 4x4	2,9 (21,74)	24,0 (19,69)	4,8 (08,17)	37,1 (15,49)	3,1 (30,18)	32,5 (39,36)
Clone 3 – 4x4	3,0 (23,55)	35,3 (104,7)	4,9 (08,83)	39,1 (25,89)	3,9 (26,44)	37,7 (33,92)
Seminal – 4x4	3,5 (19,56)	32,7 (27,17)	4,8 (12,46)	37,6 (17,88)	3,3 (24,96)	33,0 (26,97)
Clone 1 – 4x3	3,0 (13,18)	27,7 (29,14)	4,5 (09,26)	34,4 (24,83)	3,1 (30,81)	31,7 (42,61)
Clone 2 – 4x3	2,8 (22,24)	25,8 (28,47)	4,8 (07,90)	36,5 (19,09)	2,7 (34,56)	27,6 (46,76)
Clone 3 – 4x3	3,4 (18,55)	30,2 (27,38)	5,1 (09,03)	41,0 (20,36)	3,4 (26,80)	34,2 (25,58)
Seminal – 4x3	3,5 (20,69)	32,0 (23,72)	5,0 (08,27)	39,1 (17,30)	3,5 (27,68)	36,9 (33,14)
Média geral	3,1 (21,48)	29,2 (51,21)	4,8 (09,83)	37,5 (20,78)	3,2 (30,53)	32,3 (36,26)

Em que: Ra – rugosidade média; Rt – rugosidade total do perfil; valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação (%).

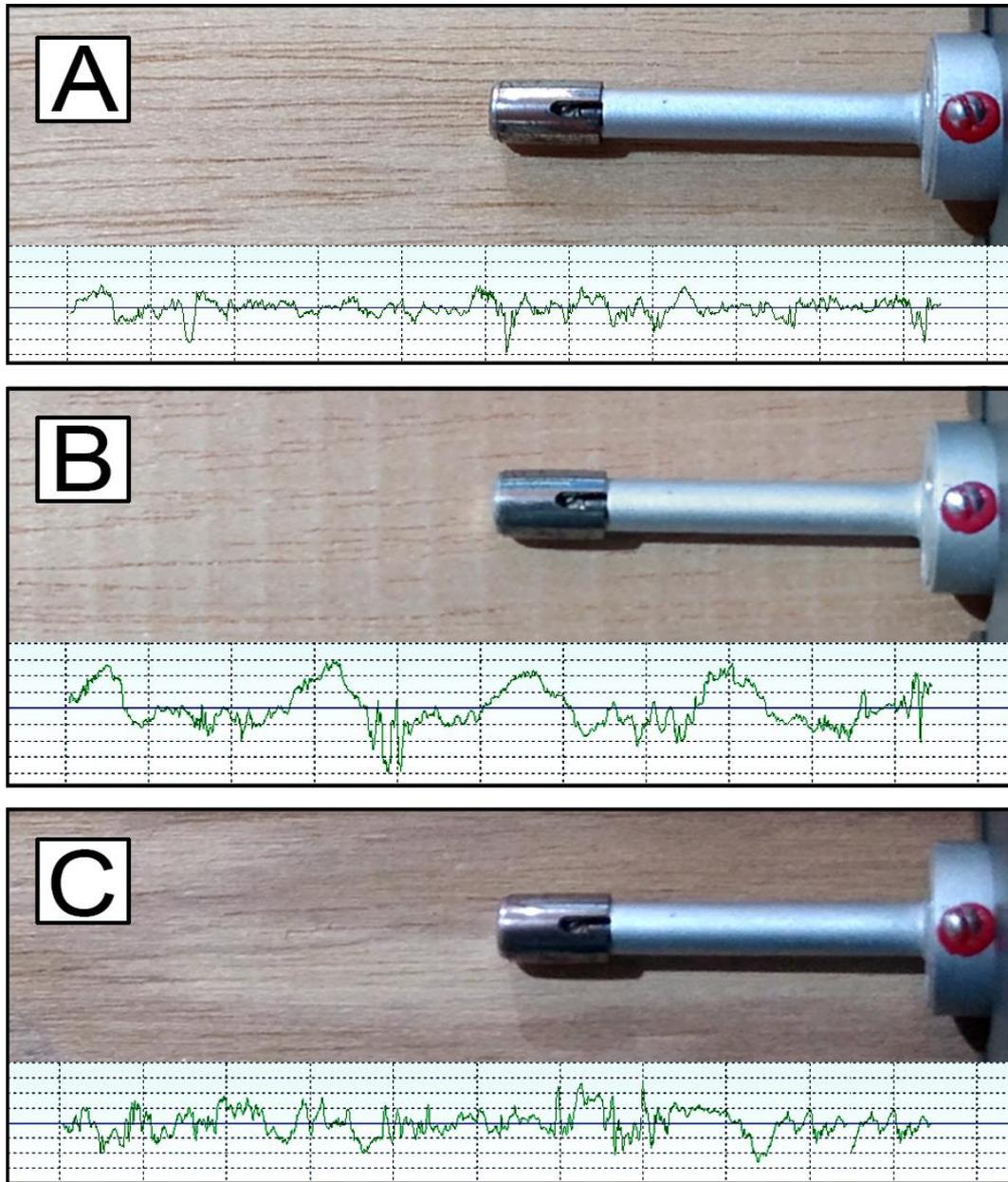
Estatisticamente, não houve diferenças significativas entre as médias dos parâmetros de rugosidade em relação ao fator espaçamento isoladamente, nem nas interações. Quanto aos materiais genéticos, embora tenham sido observadas diferenças significativas, os valores absolutos foram muito próximos. Não foi possível encontrar uma relação entre os materiais genéticos e as suas rugosidades. Contudo, com base em outro teste de comparação de médias aplicado apenas para os parâmetros de rugosidade e desconsiderando os fatores espaçamento e material genético, foi percebido que, para o material utilizado nesse estudo, as rugosidades estão atreladas ao método de usinagem aplicado, ou seja, nas velocidades de avanço definidas para o aplainamento e o lixamento (Tabela 19), o que justifica os resultados apresentados na Tabela 18.

**Tabela 19.** Valores médios dos parâmetros de rugosidade Ra e Rt em relação ao método de usinagem

Método de usinagem	Parâmetros de rugosidade	
	Ra	Rt
Aplainamento 6 m/min	3,13 b	29,21 b
Aplainamento 13 m/min	4,81 a	37,47 a
Lixamento	3,20 b	32,31 b

Em que: Ra – rugosidade média; Rt – rugosidade total do perfil. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: elaboração do autor.

Na Figura 22 estão apresentados exemplos de superfícies aplainadas nas velocidades de 6 m/min e 13 m/min, e lixada. Também estão apresentados os respectivos gráficos gerados pelo rugosímetro de arraste.



**Figura 22.** Exemplos de superfícies aplainadas e lixada, com gráficos gerados através do rugosímetro. Em que - A: superfície aplainada a 6 m/min; B: superfície aplainada a 13 m/min; e C: superfície lixada. Fonte: elaboração do autor.

## 6 CONCLUSÕES

- Em relação às avaliações visuais, as madeiras submetidas aos ensaios de usinagem apresentaram resultados satisfatórios, sendo classificadas, em sua maioria, com desempenho de “excelente” a “bom”, e em menor frequência como “regular”. Tal resultado sugere que a matéria prima, de pouca idade, pode ser utilizada para diversos fins que requerem elevada qualidade superficial do material mediante poucos cuidados em seu processamento, ou seja, as amostras avaliadas não demandam ferramentas especiais para serem obtidos resultados bons no processamento secundário e operações de usinagem;
- De modo geral, os materiais genéticos provenientes de clonagem e o espaçamento de plantio 4x4 geraram madeiras com os maiores valores médios de densidade em comparação com os materiais oriundos de sementes, o que indica que, havendo um ganho silvicultural em produção de campo (incrementos anuais de volume) até o nível estudado (espaçamento de 4x4 metros) a densidade não é afetada negativamente. Contudo, como esperado, os clones com maiores densidades também apresentaram os maiores valores médios de retração volumétrica, característica importante para utilizações da madeira em produtos como pisos, móveis e esquadrias, ou mesmo em painéis colados lateralmente, mercado em que a teca jovem vem sendo utilizada cada vez em maior escala. Para este mesmo uso, PCLs, a madeira de eucalipto também vem sendo utilizada e possui valores de retração e inchamento conhecidamente superiores, indicando a boa indicação da madeira de teca para esta utilização, com apelo estético e valores praticados significativamente mais altos;
- Os fatores material genético e espaçamento de plantio, isoladamente, não apresentaram diferenças significativas nos valores médios do coeficiente de anisotropia, o que indica, mais uma vez que, na proporção estudada, os espaçamentos podem ser aumentados ou reduzidos conforme avaliação das variáveis silviculturais de produtividade no campo;
- Os coeficientes de anisotropia das madeiras foram elevados, indicando a necessidade de utilização de programas de secagem brandos, cuidados no armazenamento e processamento. Embora nesse estudo a madeira utilizada foi constituída basicamente de cerne, destaca-se que, geralmente, a madeira de teca jovem possui elevada proporção de alborno, o que a difere da madeira de teca comercializada em países do exterior, onde a proporção de cerne é mais elevada, o que possivelmente gera valores de anisotropia menores e mais estabilidade dimensional;
- A rugosidade das madeiras, avaliada por meio dos parâmetros Ra (rugosidade média) e Rt (rugosidade total) não apresentaram associações com os fatores material genético e espaçamento de plantio, e sim com o método de usinagem adotado. Assim, conclui-se que adaptações e cuidados no processamento podem melhorar significativamente os resultados de parâmetros de rugosidade, justificando-se tal a importância disso pelo fato que, especialmente para utilizações de madeira “aparente”, ou com recobrimentos estéticos em que a cor e as características sejam mantidas próximas ao natural, a baixa incidência de defeitos de usinagem e a boa rugosidade superficial são desejáveis.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D1666-11: Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials. Philadelphia, 2011.

ANGELI, A.; STAPE, J. L. **Identificação de espécies florestais: *Tectona grandis* (teca)**. 2003. Disponível em: <https://www2.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>. Acesso em: 8 fev. 2021.

ÂNGELO, H., SILVA, V. S. M.; de SOUZA, A. N; GATTO, A. C. Aspectos financeiros da produção de teca no estado de mato grosso. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 23-32, jan. 2009.

ARRUDA, T. P. M. **Secagem da madeira juvenil de *Tectona grandis* L.F.** 2014. 98 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 4287**: Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil -Termos, definições e parâmetros da rugosidade. Rio de Janeiro, 2002. 18 p.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 371-380, jun. 2003.

BEZERRA, A. F. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste**. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Tectona Grandis* submetidos a desbaste, Viçosa, 2009.

BHAT, K. M. Timber quality of teak from managed tropical plantations with special reference to Indian plantations. **Bois Et Forêts Des Tropiques**, [S. L.], v. 263, n. 1, p. 6-16, jan. 2000.

BLANCO-FLÓREZ, J.; FERNANDO-TRUGILHO, P.; TARCISIO-LIMA, J.; GHERARDI-HEIN, P. R.; SILVA, J. R. M. Caracterización de la madera joven de *Tectona grandis* L. f. plantada en Brasil. **Madera y Bosques**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 11-20, 30 abr. 2014.

BONDUELLE, A. Usinagem, material de corte e desgaste do gume. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 64, p. 80-86, maio 2002.

BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; ROCHA, V. Y. Análise da massa específica e da retratibilidade da madeira de *Tectona grandis* nos sentidos axial e radial do tronco. **Floresta**, [S.L.], v. 45, n. 4, p. 671-680, mar. 2015.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. Si.; SILVA, J. R. M. Seleção de clones de *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 237-245, jun. 2010.

BUFULIN, L. J. **Avaliação Técnica e financeira da implantação de povoamento de teca (*Tectona grandis* L.f.)**. 2001. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura Tropical, FAMEV / Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 180p.

CALLISTER, A. N. Genetic parameters and correlations between stem size, forking, and flowering in teak (*Tectona grandis*). **Canadian Journal of Forest Research**, [S.L.], v. 43, n. 12, p. 1145-1150, dez. 2013.

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste. **Revista Ciência da Madeira**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 138-150, 30 nov. 2014.

CHAIX, G.; MONTEUUIS, O.; GARCIA, C.; ALLOYSIUS, D.; GIDIMAN, J.; BACILIERI, R.; GOH, D. K. S. Genetic variation in major phenotypic traits among diverse genetic origins of teak (*Tectona grandis* L.f.) planted in Taliwas, Sabah, East Malaysia. **Annals Of Forest Science**, [S.L.], v. 68, n. 5, p. 1015-1026, jul. 2011.

CHUDNOFF, M. **Tropical timbers of the world.**: agriculture handbook. 607. ed. Washington: U.S. Department Of Agriculture, Forest Service, 1984. 466 p.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, V. S. M. Experimentação e seleção no melhoramento genético de teca (*Tectona grandis* L.f.). **Floresta e Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 76-92, 2007.

DIAS, A. C. C.; MARCHESAN, R.; ALMEIDA, V. C.; MONTEIRO, T. C.; MORAES, C. B. Relação entre a densidade básica e as retrações em madeira de teca. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 37-44, 1 mar. 2018.

FAO. **The future of teak and the high-grade tropical hardwood sector:** planted forests and trees working paper fp/44e. Rome: FAO, 2009. 47 p.

FERREIRA, R. A.; TOSTA, W. F. G.; GIACOMETTI, V. G.; SOUZA, G. O.; SILVA, J. M. S. Revisão bibliográfica da entomofauna observada na cultura da teca (*Tectona grandis* L.f.), no campo. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 12, n. 1, p. 1-23, ago. 2008.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D.; BARBOSA, L. K. F. **Teca (*Tectona grandis* L.f.):** principais perguntas do futuro empreendedor florestal. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 87 p.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do baixo rio acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, nov. 2005.

FLÓREZ, J. B. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L.f.)**. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FLÓREZ, J. B.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; HEIN, P. R. G.; SILVA, J. R. M. Caracterización de la madera joven de *Tectona grandis* L. f. plantada en Brasil. **Madera y Bosques**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 11-20, 30 abr. 2014.

FOELKEL, C. **PinusLetter**: Espécies de Importância Florestal para a Ibero-América. 40. ed. [S. L.]: Celsius Degree / Grau Celsius, 2013. 18 p.

FOREST PRODUCTS LABORATORY - FPL. **Wood handbook**: wood as an engineering material. Madison: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010, 508p.

GALLIO, E.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A.; SOUZA, J. T.; RAVASI, R.; MENEZES, W. M.; FLOSS, P. A.; BELTRAME, R. Caracterização Tecnológica da Madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 244-250, set. 2016.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

GOH, D. K. S.; BACILIERI, R.; CHAIX, G.; MONTEUUIS, O. Growth variations and heritabilities of teak CSO-derived families and provenances planted in two humid tropical sites. **Tree Genetics & Genomes**, [S.L.], v. 9, n. 5, p. 1329-1341, jun. 2013a.

GOH, D. K. S.; JAPARUDIN, Y.; ALWI, A.; LAPAMMU, M.; FLORI, A.; MONTEUUIS, O. Growth differences and genetic parameter estimates of 15 teak (*Tectona grandis* L.f.) genotypes of various ages clonally propagated by microcuttings and planted under humid tropical conditions. **Silvae Genetica**, [S.L.], v. 62, n. 1-6, p. 196-206, dez. 2013b.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LUCIA, R. M.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 277-288, abr. 2009.

GONZÁLEZ, W. F. **Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Costa Rica**. Heredia, 2004. 121 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. 2019. **Relatório 2019 (ano base 2018)**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Madeiras da Amazônia**: características e utilização. Brasília: IBAMA, 1997. 141 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de dados meteorológicos do INMET**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 11 dez. 2021.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Diagnóstico de florestas plantadas do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária, 2013. 106 p.

JANKOWSKY, I. P. **Madeira juvenil**: formação e aproveitamento industrial. IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1979. 14 p.

JEREZ-RICO, M.; COUTINHO, S. A. Establishment and Management of Planted Teak Forests. In: KOLLERT, Walter; KLEINE, Michael (ed.). **The Global Teak Study**: analysis, evaluation and future potential of teak resources. Vienna: IUFRO, 2017. Cap. 5. p. 49-65.

JUNIOR, A. F. D. et al. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 93-107, mai. 2013.

JUNQUEIRA, A. A. **Potencial madeireiro de espécies nativas utilizadas em restauração ecológica**. 2018. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Rio de Janeiro, 2018.

KAOSA-ARD, Apichart. **Teak, *Tectona grandis*, Linn. f. nursery techniques with special reference to Thailand**. 4. ed. Denmark: Danida Forest Seed Centre, 1994. 33 p.

KAOSA-ARD, A.; SUANGTHO, V.; KJAER, E. D. Genetic improvement of teak (*Tectona grandis*) in Thailand. **Forest Genetic Resources**, Rome, v. 26, p. 21-29, 1998.

KEOGH, R. M. Growth rates of teak (*Tectona grandis*) in the Caribbean/Central-American region. **Forest Ecology and Management**, [S.L.], v. 35, n. 3-4, p. 311-314, jul. 1990.

KEOGH, R. M. Teak 2000: a consortium support model for greatly increasing the contribution of quality tropical hardwood plantations to sustainable development. **IIED Forestry and Land Use Series**: International Institute for Environment and Development, [S. L.], v. 9, n. 1, p. 1-32, jan. 1996.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. The Global Teak Study: Analysis, Evaluation and Future of Teak Resources. In: \_\_\_\_\_. (ed.). **The Global Teak Study**: Analysis, Evaluation and Future of Teak Resources. Vienna: IUFRO, 2017. P. 15-16.

KOLLERT, W.; WALOTEK, P. J. **Global teak trade in the aftermath of Myanmar's log export ban**. Roma: Fao, 2015. 36 p. Disponível em: <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67508@170537/en>>. Acesso em: 01 jan. 2021.

KOLLERT, W.; CHERUBINI, L. **Teak resources and market assessment 2010**. Rome: FAO Planted Forests and Trees Working Paper Fp/47/e, 2012. 52 p.

KOSKELA, J.; VINCETI, B.; DVORAK, W.; BUSH, D.; DAWSON, I. K.; LOO, J.; KJAER, E. D.; NAVARRO, C.; PADOLINA, C.; BORDÁCS, S. Utilization and transfer of forest genetic resources: a global review. **Forest Ecology and Management**, [S.L.], v. 333, p. 22-34, dez. 2014.

KRETSCHMANN, D. E. The influence of juvenile wood content on shear parallel, compression, and tension perpendicular to grain strength and mode I fracture toughness of loblolly pine at various ring orientation. *Forest Products Journal*, v.58, n.7/8, p.89-96, 2008.

LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS - LPF. **Madeiras da Amazônia:** características e utilização. Brasília: IBAMA, 1997. 141p.

LEITZ. **Leitz Lexikon**. Unterschneidheim, 150 p, 2001.

LIMA, I. L.; GARCIA, R.; LONGUI, E. L.; FLORSHEIM, S. M. B. Dimensões anatômicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. em função do espaçamento e da posição radial do tronco. *Scientia Florestalis*, v. 39, n. 89, p. 61-68, 2011.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Arvores exóticas no Brasil:** madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 384 p.

MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B. G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 61-69, jan. 2005.

MATOS, F. S.; FREITAS, I. A. S.; SOUZA, B. R.; LOPES, V. A.; ROSA, V. R. Crescimento de plantas de *Tectona grandis* sob restrição hídrica. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 39, p. 14-21, maio 2018.

MELLO, H. A. Alguns aspectos da introdução da Teca no Brasil. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 15, p. 113-119, jan. 1963.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade de madeira para a Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Congresso Florestal Brasileiro, 1990. p. 692-699.

MIDGLEY, R. T. S.; SOMAIYA, R. T.; STEVENS, A. B.; KIEN, N. D.; LAITY, R. **Planted teak:** global production and markets, with reference to Solomon Islands. 85. ed. Camberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 2015. 92 p.

MONTEUUIS, O.; GOH, D. K. S. About the use of clones in teak. **Bois Et Forêts Des Tropiques**, [S. L.], v. 3, n. 261, p. 28-38, 1999.

MONTEUUIS, O.; GOH, D. K. S.; GARCIA, C.; ALLOYSIUS, D.; GIDIMAN, J.; BACILIERI, R.; CHAIX, G. Genetic variation of growth and tree quality traits among 42 diverse genetic origins of *Tectona grandis* planted under humid tropical conditions in Sabah, East Malaysia. **Tree Genetics & Genomes**, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 1263-1275, ago. 2011.

MONTEUUIS, O.; GOH, D. Origin and Global Dissemination of Clonal Material in Planted Teak Forests. In: KOLLERT, Walter; KLEINE, Michael (ed.). **The Global Teak Study:** analysis, evaluation and future potential of teak resources. Vienna: Iufro, 2017. p. 30-36.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, R. C.; DAMBROZ, G. B. V. Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 43, n. 8, p. 1393-1398, jul. 2013.

MURILLO, O.; BADILLA, Y. Breeding teak in Costa Rica. In: proc of the iufro conference on forest genetics and tree breeding in the age of genomics: progress and future, 2004, Charleston. **Proceedings [...]**. Charleston: IUFRO, 2004. p. 105-110.

NOCETTI, M.; ROZENBERG, P.; CHAIX, G.; MACCHIONI, N. Provenance effect on the ring structure of teak (*Tectona grandis* L.f.) wood by X-ray microdensitometry. **Annals Of Forest Science**, [S.L.], v. 68, n. 8, p. 1375-1383, nov. 2011.

NOGUEIRA, E. M.; NELSON, B. W.; FEARNSIDE, P. M. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, [S.L.], v. 208, n. 1-3, p. 261-286, abr. 2005. Elsevier BV.

OLIVEIRA, J. T. S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (*Xylopia sericea* St. Hill.)**. 1998. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, p. 381-385, jun. 2003.

PAES, J. B.; SANTOS, L. L.; SILVA, L. F.; MOTTA, J. P.; BRAZ, R. L.; LOMBARDI, L. R. Caracterização tecnológica da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis*) visando à produção de móveis. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 437-442, 30 set. 2015.

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasyuva**, [S. L.], v. 51, n. 201, p. 3-13, jan. 2000.

PASSOS, C. A. M.; BUFULIN JUNIOR, L.; GONÇALVES, M. R. Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em Cáceres – MT, Brasil: resultados preliminares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 225-232, jan. 2006.

PELLISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R. Desenvolvimento quantitativo e qualitativo de *Tectona grandis* L.f. em Mato Grosso. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 3, n. 20, p. 371-383, 2013.

PELLISSARI, A.; GUIMARÃES, P.; BEHLING, A.; EBLING, Â. Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 127-145, 2014.

PERES, M. L.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; BELTRAME, R.; SANTINI, E. J. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto pela variação da massa específica de açoita-cavalo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1596-1602, set. 2012.

RODRIGUES, E. B.; ROBALLO, E. A.; SATURNINO, K.; SCAIN, L.; SCAIN, L. Avaliação da massa específica de *Cedrella fissilis* em comparativo com demais espécies nativas. In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 10., 2018, Santana do Livramento. **Anais [...]**. Santana do Livramento: SIEPE, 2018. p. 1-6.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SILVA, J. R. M. et al. Interação da luz laser para a avaliação da textura de madeiras nativas e de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 167-175, 2005.

SILVA, J. R. M. 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: EBRAMEM, 2006. 1 CD-ROM.

SOUZA, M H; MAGLIANO, M M; A CAMARGOS, J A; SOUZA, M R. **Madeiras tropicais brasileiras (Brazilian Tropical Woods)**. 2. ed. Brasília: Edições Ibama, 2002. 152 p.

THULASIDAS, P. K.; BAILLÈRES, H. Wood Quality for Advanced Uses of Teak from Natural and Planted Forests. In: KOLLERT, W.; KLEINE, M. (ed.). **The Global Teak Study**.: analysis, evaluation and future potential of teak resources. Vienna: Iufro, 2017. p. 73-81. (36).

TONINI, H.; COSTA, M. C. G.; SCHWENGBER, L. A. M. Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em Reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 59, p. 05-14, fev. 2010.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 487-494, jul. 2003.

UGALDE, L. A. **Teak**: new trends in silviculture, commercialization and wood utilization. Cartago: International Forestry and Agroforestry, 2013. 552 p.

WEST AFRICAN PLANTS. *Tectona grandis* L.f. Disponível em: [http://www.westafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page\\_id=14&id=1541](http://www.westafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page_id=14&id=1541). Acesso em: 29 jan. 2021.

WHITE, K J. **Teak**: some aspects of research and development. Bangkok: FAO. Regional Office for Asia and the Pacific (Rapa), 1991. 57 p.

XAVIER, M. O.; SOUZA, F. B.; AGUIAR, B. A. C.; SOUSA, H. G. A.; FONSECA, A. C. C.; LOPES, V. C.; FERREIRA, B. G.; SOUZA, P. B. Análise de diferentes substratos e métodos de superação da dormência de *Tectona grandis* L.f. **Pubvet**, Maringá, v. 15, n. 2, p. 1-7, fev. 2021.

VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENO, P. L. L.; LOCATELLI, M. **Aspectos silviculturais da Teca (*Tectona grandis* L.f) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2002. 15 p.

## ANEXOS

### DENSIDADE BÁSICA

EXPERIMENTO FATORIAL

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Espaçam</b> (F1)	1	0.00896	0.00896	5.6627 *
<b>Mat Gen</b> (F2)	3	0.01855	0.00618	3.9085 **
<b>Int. FlxF2</b>	3	0.04498	0.01499	9.4786 **
Tratamentos	7	0.07249	0.01036	6.5463 **
Resíduo	208	0.32903	0.00158	
Total	215	0.40152		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) ns não significativo ( $p \geq .05$ )

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Espaçamento

<b>4x4</b>	0.50990 a
<b>4x3</b>	0.49702 b
dms =	0.01066

##### Material Genético

<b>Clone 1</b>	0.50359 ab
<b>Clone 2</b>	0.50987 a
<b>Clone 3</b>	0.51204 a
<b>Seminal</b>	0.48833 b
dms =	0.01982

#### MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2

Espaçam.	Clone 1	Clone2	Clone3	Seminal
<b>4x4</b>	0.5294 aA	0.5002 aBC	0.5267 aAB	0.4833 aC
<b>4x3</b>	0.4778 bB	0.5195 aA	0.4974 bAB	0.4934 aAB

dms para colunas = 0.0213      dms para linhas = 0.0280  
 Classific.c/letras minúsculas      Classific.c/letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.50346

CV% = 7.90

Ponto médio = 0.50150

#### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98963	0.12223	Sim

## Retração Volumétrica

EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Espaçam</b> (F1)	1	0,26161	0.26161	0.2612 ns
<b>Mat Gen</b> (F2)	3	25.14778	8.38259	8.3700 **
<b>Int. FlxF2</b>	3	7.60162	2.53387	2.5301 ns
Tratamentos	7	33.01100	4.71586	4.7088 **
Resíduo	64	64.09638	1.00151	
Total	71	97.10738		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) ns não significativo ( $p \geq .05$ )

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Espaçamento

<b>4x4</b>	7.55583 a
<b>4x3</b>	7.43528 a
dms =	0.47140

#### Material Genético

<b>Clone 1</b>	7.58222 a
<b>Clone 2</b>	7.97444 a
<b>Clone 3</b>	7.92000 a
<b>Seminal</b>	6.50556 b
dms =	0.88072

### MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2

Mat. Gen.

Espaçam.

	Clone 1	Clone2	Clone3	Seminal
<b>4x4</b>	7.4689	7.6044	8.3933	6.7567
<b>4x3</b>	7.6956	8.3444	7.4467	6.2544

dms para colunas = 0.0213      dms para linhas = 0.0280

Classific.c/letras minúsculas

Classific.c/letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 7.49556

CV% = 13.35

Ponto médio = 7.74500

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.97390	0.13958	Sim

## Coeficiente de Anisotropia

EXPERIMENTO FATORIAL

### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Espaçam</b> (F1)	1	0.76673	0.76673	2.2570 ns
<b>Mat Gen</b> (F2)	3	0.30392	0.10131	0.2982 ns
<b>Int. FlxF2</b>	3	3.04593	1.01531	2.9887 *
Tratamentos	7	4.11658	0.58808	1.7311 ns
Resíduo	64	21.74216	0.33972	
Total	71	25.85873		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) ns  
 não significativo ( $p \geq .05$ )

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Espaçamento

<b>4x4</b>	2.47472 a
<b>4x3</b>	2.26833 a
dms =	0.27455

#### Material Genético

<b>Clone 1</b>	2.33778 a
<b>Clone 2</b>	2.47500 a
<b>Clone 3</b>	2.37278 a
<b>Seminal</b>	2.30056 a
dms =	0.51294

### MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2

Mat. Gen.

Espaçam.

	Clone 1	Clone2	Clone3	Seminal
<b>4x4</b>	2.3344 aA	2.6522 aA	2.2167 aA	2.6956 aA
<b>4x3</b>	2.3411 aA	2.2978 aA	2.5289 aA	1.9056 bA

dms para colunas = 0.5491

dms para linhas = 0.7254

Classific.c/letras minúsculas

Classific.c/letras maiúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente  
 entre si. Foi aplicado o Teste  
 de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 2.37153

CV% = 24.58

Ponto médio = 2.39000

#### Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98652	0.63952	Sim

## Rugosidade Ra 6m/min

### EXPERIMENTO FATORIAL

#### QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Espaçam</b> (F1)	1	0.67377	0.67377	1.7173 ns
<b>Mat Gen</b> (F2)	3	9.37753	3.12584	7.9673 **
<b>Int. FlxF2</b>	3	1.00412	0.33471	0.8531 ns
Tratamentos	7	11.05542	1.57935	4.0255 **
Resíduo	136	53.35775	0.39234	
Total	143	64.41317		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) ns  
 não significativo ( $p \geq .05$ )

#### MÉDIAS E MEDIDAS

##### Espaçamento

<b>4x4</b>	3.05708 a
<b>4x3</b>	3.19389 a
dms =	0.20639

##### Material Genético

<b>Clone 1</b>	2.91583 b
<b>Clone 2</b>	2.86472 b
<b>Clone 3</b>	3.22306 ab
<b>Seminal</b>	3.49833 a
dms =	0.38438

#### MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2

Mat. Gen.

Espaçam.

	Clone 1	Clone2	Clone3	Seminal
<b>4x4</b>	2.8050	2.9089	3.0456	3.4689
<b>4x3</b>	3.0267	2.8206	3.4006	3.5278

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 3.12549 CV% = 20.04  
 Ponto médio = 3.57000

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95441	0.68547	Sim

## Rugosidade Rt 6m/min

### EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
<b>Espaçam</b> (F1)	1	10.03834	10.03834	0.0455 ns
<b>Mat Gen</b> (F2)	3	1676.61545	558.87182	2.5327 ns
<b>Int. FlxF2</b>	3	291.17004	97.05668	0.4398 ns
Tratamentos	7	1977.82382	282.54626	1.2805 ns
Resíduo	136	30009.90376	220.66106	
Total	143	31987.72758		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) ns  
 não significativo ( $p \geq .05$ )

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Espaçamento

<b>4x4</b>	29.47194 a
<b>4x3</b>	28.94389 a
dms =	4.89477

#### Material Genético

<b>Clone 1</b>	26.82195 a
<b>Clone 2</b>	24.91055 a
<b>Clone 3</b>	32.74833 a
<b>Seminal</b>	32.35083 a
dms =	9.11576

### MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2

Mat. Gen.

Espaçam.

	Clone 1	Clone2	Clone3	Seminal
<b>4x4</b>	25.9378	23.9745	35.3206	32.6550
<b>4x3</b>	27.7061	25.8467	30.1761	32.0467

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 3.12549 CV% = 20.04

Ponto médio = 3.57000

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95896	0.67854	Sim

## Rugosidade Ra 13m/min

### EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
<b>Espaçam</b> (F1)	1	0.17570	0.17570	0.8663 ns
<b>Mat Gen</b> (F2)	3	3.77780	1.25927	6.2092 **
<b>Int. F1xF2</b>	3	0.40789	0.13596	0.6704 ns
Tratamentos	7	4.36139	0.62306	3.0721 **
Resíduo	136	27.58193	0.20281	
Total	143	31.94332		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) ns não significativo ( $p \geq .05$ )

### MÉDIAS E MEDIDAS

#### Espaçamento

<b>4x4</b>	4.77083 a
<b>4x3</b>	4.84069 a
dms =	0.14839

#### Material Genético

<b>Clone 1</b>	4.56333 b
<b>Clone 2</b>	4.75806 ab
<b>Clone 3</b>	4.98083 a
<b>Seminal</b>	4.92083 a
dms =	0.27636

### MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2

Espaçam.	Mat. Gen.			
	Clone 1	Clone2	Clone3	Seminal
<b>4x4</b>	4.5956	4.7594	4.8856	4.8428
<b>4x3</b>	4.5311	4.7567	5.0761	4.9989

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 4.80576 CV% = 9.37  
Ponto médio = 5.01000

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.99073	0.46280	Sim







## Rugosidade Ra em 6m/min, 13m/min e no lixamento

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	5219.54148	129.76651	239.2653 **
Resíduos	429	60280.58751	140.51419	
Total	431	492.20291		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

MÉDIAS E MEDIDAS

Rugosidade Ra	
6m/min	3.12549 b
13m/min	4.80576 a
Lixamento	3.20014 b
dms =	0.20420

MG = 3.71046

CV% = 19.85

Ponto médio = 3.94500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.96218	0.65889	Sim

## Rugosidade Rt em 6m/min, 13m/min e no lixamento

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	5019.54148	2509.77074	17.8613 **
Resíduos	429	60280.58751	140.51419	
Total	431	63300.12899		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

MÉDIAS E MEDIDAS

Rugosidade Rt	
6m/min	29.20792 b
13m/min	37.47160 a
Lixamento	32.30507 b
dms =	3.28675

MG = 32.99486

CV% = 35.93

Ponto médio = 96.48000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.88542	0.65889	Sim