



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANDRÉ PRATA VILLAS-BOAS MACIEL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS SUPERFÍCIES USINADAS DE DECKS DE
Pinus elliottii Engelm. E *Eucalyptus grandis* W. Hill**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2019

ANDRÉ PRATA VILLAS-BOAS MACIEL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS SUPERFÍCIES USINADAS DE *DECKS* DE
Pinus elliottii Engelm. E *Eucalyptus grandis* W. Hill**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. D.Sc. Djeison Cesar Batista

Coorientador: Prof. D.Sc. Michel Picanço Oliveira

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

M152a Maciel, André Prata Villas-Boas, 1993-
Avaliação da qualidade das superfícies usinadas de decks de Pinus elliottii Engelm. e Eucalyptus grandis W. Hill / André Prata Villas-Boas Maciel. - 2019.
53 f. : il.

Orientador: Djeison Cesar Batista.
Coorientador: Michel Picanço Oliveira.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Usinagem. 2. Processamento da madeira. 3. Indústria madeireira. 4. Madeira serrada. I. Batista, Djeison Cesar. II. Oliveira, Michel Picanço. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

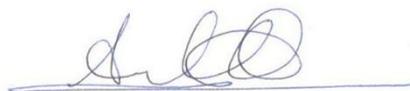
CDU: 630

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS SUPERFÍCIES USINADAS DE PISOS
MACIÇOS DE *Pinus elliottii* Engelm. E *Eucalyptus grandis* W. Hill**

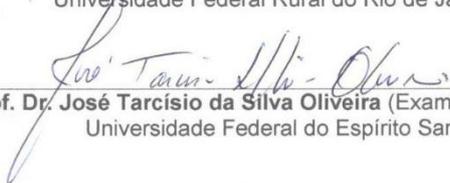
André Prata Villas-Boas Maciel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019.



Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho (Examinador externo)
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira (Examinador interno)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Djeison Cesar Batista (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Aos professores, orientadores e, sobretudo amigos, Dr. Djeison Cesar Batista e Dr. Michel Picanço Oliveira, pela ajuda na coleta dos dados, pelos valiosos ensinamentos, orientações e conselhos ao longo deste trabalho.

Ao amigo Fernando Moreli Salvador, pela ajuda na coleta dos dados, pelas informações, conselhos e sugestões passados.

Ao professor Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho, pelas sugestões e pelo empréstimo do rugosímetro portátil.

Aos professores Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça, Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira, Dr. Wendel Sandro de Paula Andrade, Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Dr. Juarez Benigno Paes, pelo conhecimento transmitido nas disciplinas.

Aos colegas da pós-graduação, pela amizade e convivência.

À gerência do Complexo Agroindustrial Pindobas, pela disponibilidade dos recursos para a realização deste trabalho. Em especial aos funcionários da serraria e aos operadores da plaina moldureira.

Às pessoas mais importantes da minha vida, meus familiares, por todo o apoio proporcionado ao longo dessa caminhada. Sem vocês, nada disso seria possível.

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

Muito obrigado!

RESUMO

MACIEL, André Prata Villas-Boas. **Avaliação da qualidade das superfícies usinadas de decks de *Pinus elliottii* Engelm. e *Eucalyptus grandis* W. Hill.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: D.Sc. Djeison Cesar Batista. Coorientador: D.Sc. Michel Picanço Oliveira

A produção de pisos de madeira no Brasil é relevante no cenário mundial, principalmente os produzidos com madeira nativa. Contudo, é importante diversificar a produção e buscar espécies alternativas, por questões ambientais e de oferta de matéria-prima. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade das superfícies usinadas de decks de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*. Foram utilizadas tábuas prioritariamente tangenciais com dimensões nominais de 30 x 100 x 3.000 mm (espessura x largura x comprimento), amostradas do estoque da empresa onde foi realizado o trabalho. As tábuas foram classificadas por umidade e densidade aparente, ambas em dois níveis. Para a produção dos decks, foi utilizada uma plaina moldureira S4S, com cinco eixos e frequência nominal de rotação de 5.200 RPM*min⁻¹. A velocidade de avanço (Vf) foi analisada em três níveis: 15, 20 e 25 m/min para o *Pinus elliottii* e 3, 6 e 9 m/min para o *Eucalyptus grandis*. Da interação entre os fatores densidade aparente, umidade e velocidade de avanço, resultaram 12 tratamentos, com 15 repetições. A qualidade das superfícies usinadas foi avaliada pelos métodos da rugosidade com rugosímetro de arraste (parâmetros Ra, Rz e Rt), análise visual-tátil e passo de corte medido (fz). Aplicou-se a análise de variância ($\alpha=0,05$) em arranjo fatorial aos dados quantitativos da rugosidade, verificando-se a interação entre os fatores densidade aparente, umidade e Vf. Os dados discretos das notas da análise visual-tátil e do fz foram transformados em escores e analisados pelo teste H de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$). Para a rugosidade de ambas as espécies, não houve interações significativas duplas ou tripla (valor-P>0,05) entre os fatores testados. O efeito da umidade não foi significativo (valor-P>0,05), ao passo que o efeito da densidade aparente foi significativo (valor-P<0,05). O efeito da velocidade de avanço foi significativo (valor-P<0,05) para o *Eucalyptus grandis* e, para o *Pinus elliottii*, apenas para o Ra. Recomenda-se que a empresa produza decks com peças no maior nível de densidade e nas maiores velocidades de avanço testados. Para avaliação da qualidade das superfícies usinadas, sugere-se a adoção da análise visual-tátil, com operários experientes.

Palavras-chave: piso de madeira, rugosidade de superfícies, análise visual-tátil, passo de corte (fz).

ABSTRACT

MACIEL, André Prata Villas-Boas. **Evaluation of the quality of the machined surfaces of *Pinus elliottii* Engelm. and *Eucalyptus grandis* W. Hill decks.** 2019. Dissertation (Masters in Forest Sciences) - Espírito Santo Federal University, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: D.Sc. Djeison Cesar Batista. Co-advisor: D.Sc. Michel Picanço Oliveira

The production of wood floors in Brazil is relevant in the world, especially those produced with native wood. Therefore, it is important to diversify the production and search for alternative species, due to environmental and supply issues. The main objective of this work was to evaluate the quality of the machined surfaces of *Pinus elliottii* and *Eucalyptus grandis* decks. Tangential boards with nominal dimensions of 30 x 100 x 3,000 mm (thickness x width x length) were used, sampled from the company stock where the work was carried out. The boards were classified by apparent density and moisture content, both at two levels. An S4S planer molder was used for the production of the decks, which had five axes and a nominal rotation frequency of 5,200 RPM*min⁻¹. The feed speed (Vf) was analyzed in three levels: 15, 20 and 25 m/min for *Pinus elliottii* and 3, 6 and 9 m/min for *Eucalyptus grandis*. Twelve treatments resulted from the interaction among the factors apparent density, moisture content and feed speed, with 15 repetitions. The quality of the machined surfaces was evaluated by the methods: i) roughness with surface roughness stylus tester (parameters Ra, Rz, and Rt); ii) visual-tactile analysis and; iii) measured advance per tooth (fz). The analysis of variance ($\alpha= 0.05$) in a factorial arrangement was applied to the quantitative roughness data, and the interaction among the factors apparent density, moisture content, and feed speed was verified. The grades (discrete data) of the visual-tactile and fz analysis were transformed into scores and analyzed by the Kruskal-Wallis H test ($\alpha= 0,05$). For the roughness of both species, there was no significant interaction (double or triple) between the tested factors (P-value>0.05). The effect of the moisture content was not significant (P-value>0.05); on the other hand, the effect of the apparent density was significant (P-value<0.05). The effect of the feed speed was significant (P-value<0.05) for *Eucalyptus grandis* and, for *Pinus elliottii*, only for Ra. The company is recommended to produce decks with the highest tested levels of apparent density and feed speed. In order to evaluate the quality of the machined surfaces, it is suggested to adopt the visual-tactile analysis, with experienced workers.

Keywords: wood floor, surface roughness, visual-tactile analysis, advance per tooth (fz).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Pisos de madeira: mercado atual e definições	12
3.2 A avaliação da qualidade das superfícies usinadas	13
3.3 Possibilidade do uso da madeira de reflorestamento para a produção de pisos maciços	16
3.4 Efeito das propriedades da madeira e do processo na qualidade das superfícies usinadas	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Amostragem e tratamentos	19
4.2 Avaliação da qualidade das superfícies usinadas	21
4.3 Análise estatística	25
4.3.1 Dados contínuos	25
4.3.2 Dados discretos	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Pinus elliottii	27
5.1.1 Análise da qualidade das superfícies com rugosímetro de arraste ...	27
5.1.2 Análise visual-tátil da qualidade das superfícies usinadas	33
5.1.3 Análise da qualidade das superfícies com base no passo de corte (fz) medido	35
5.2 Eucalyptus grandis	39
5.2.1 Análise da qualidade das superfícies com rugosímetro de arraste ...	39
5.2.2 Análise visual-tátil da qualidade das superfícies usinadas	45
5.2.3 Comparação entre métodos de avaliação das superfícies	47
6 CONCLUSÕES	49
7 REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A produção de pisos de madeira no Brasil vem decrescendo nos últimos anos a uma taxa média de -8,1% a.a., passando de 19,4 milhões de m² em 2006 a 9,1 milhões de m² em 2015. Essa queda pode ser atribuída principalmente à preferência nacional pelo piso cerâmico nas novas construções (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE, 2016).

Dados de 2011 da Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira – ANPM indicavam que 68% do consumo de pisos de madeira estava concentrado em apenas três espécies: “jatobá” (*Hymenaea* spp.), “ipê” (*Tabebuia* spp.) e “cumaru” (*Dipteryx odorata*) (ANPM, 2011). Considerando-se os aspectos ecológicos e econômicos, é importante utilizar mais espécies na fabricação de pisos de madeira, para diminuir o impacto sobre as poucas que são utilizadas tradicionalmente, bem como diversificar a produção.

Nesse contexto, as indústrias e institutos de pesquisa têm desenvolvido estudos para o uso de espécies alternativas e que tenham disponibilidade no mercado, como as do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*. Assim, nota-se a importância de aprimorar cada vez mais a qualidade da madeira, dos produtos e processos para o mercado de pisos de madeira, a fim de as empresas manterem-se competitivas no mercado.

Um dos principais parâmetros utilizados na avaliação de pisos de madeira é a qualidade das superfícies usinadas. As superfícies dos materiais têm irregularidades formadas por picos e vales, ocasionando assim uma rugosidade desuniforme. Dentre os fatores que contribuem diretamente na qualidade das superfícies usinadas, encontram-se as propriedades da madeira (anatômicas, densidade e umidade, por exemplo), o conjunto máquina-ferramenta de corte (tipo de fixação da ferramenta à máquina, afiação e material das arestas de corte, por exemplo) e as variáveis usadas no processo, tais como as velocidades de corte e de avanço.

Pesquisadores da área dividem o conceito de qualidade da superfície usinada em dois grupos. O primeiro grupo leva em consideração a avaliação pelo passo de corte (fz), expresso em marcas por unidade linear (em polegadas ou

em milímetros); o segundo grupo considera não somente a presença de falhas na superfície (SILVA, 2002 *apud* SORAGI, 2009). A presença de falhas na superfície da madeira pode ser avaliada por diferentes métodos, por exemplo, pela norma D 1666 da *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 1995) e por rugosímetros (BRAGA et al., 2014; SILVA et al., 2016)

Segundo Kilic et al. (2006), rugosímetros de agulha, perfilometria óptica, análise de imagens, ultrassom e microscopia são alguns dos métodos utilizados para avaliar a rugosidade superficial de produtos de madeira. Mesmo com a disponibilidade de todos esses métodos, não existe registro de uso frequente deles na indústria. Conforme Piratelli Filho (2011), para a definição da rugosidade medida com rugosímetros de arraste utilizam-se os parâmetros Ra (rugosidade aritmética), Rz (rugosidade total), Rt (rugosidade máxima), em que Ra é o parâmetro mais utilizado no controle contínuo da rugosidade na linha de produção de pisos de madeira.

Visto que as características da matéria-prima e as condições do processo influenciam na qualidade das superfícies usinadas, elaborou-se o seguinte problema de pesquisa: qual a melhor condição que relaciona a densidade aparente e a umidade da madeira com a velocidade de avanço, para a produção de *decks* de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*? Espera-se que as peças mais densas, menos úmidas e usinadas com menor velocidade de avanço tenham melhor qualidade de superfície. Espera-se prover a indústria com informações que permitam maior controle da matéria-prima, objetivando a produção de pisos com melhor qualidade das superfícies usinadas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade das superfícies usinadas de *decks* de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o efeito da densidade aparente, da umidade e da velocidade de avanço.
- Verificar a interação dessas três variáveis na rugosidade.
- Determinar o melhor método de usinagem para cada espécie.
- Testar três métodos de avaliação da qualidade das superfícies usinadas: rugosidade com rugosímetro de arraste, visual-tátil e passo de corte medido (fz).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Pisos de madeira: mercado atual e definições

De acordo com um relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), pelo segundo ano consecutivo a desaceleração da construção civil levou à diminuição do consumo de madeira serrada. O consumo caiu de 7,2 milhões de m³ em 2015 para 6,4 milhões m³ em 2016. Conseqüentemente, a produção brasileira de serrados oriundos de árvores plantadas recuou 2,3% em relação a 2015, atingindo 8,6 milhões de m³ em 2016.

Mesmo assim, como resultado da desvalorização da moeda brasileira em relação ao dólar americano, as exportações de madeira serrada aumentaram 39% em relação a 2015. As exportações de 2016 totalizaram 2,2 milhões m³ (IBÁ, 2017).

Conforme dados da ABIMCI (2016), a produção de pisos de madeira no Brasil vem decrescendo nos últimos anos a taxa de -8,1% a.a. A causa pode ser atribuída principalmente à preferência e consumo nacional de piso cerâmico em relação à madeira na construção civil.

A queda das exportações e da produção brasileiras foi mais significativa a partir de 2009. O total exportado de pisos maciços e engenheirados em 2015 foi de 219 mil toneladas, gerando 354 milhões de dólares. Os Estados Unidos da América são o principal destino dos pisos brasileiros, com metade do total exportado, seguidos por países da União Europeia, notadamente a França e a Bélgica (ABIMCI, 2016).

Embora os valores obtidos no comércio internacional sejam animadores, o produto brasileiro compete fundamentalmente seguindo a estratégia de preços inferiores. No mercado europeu, os pisos maciços importados do Brasil são comercializados a um preço aproximadamente 20% menor que o preço médio cobrado por outros fornecedores (TAKESHITA; ANDRADE; JANKOWSKY, 2011).

A Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira (ANPM, 2011) classifica os pisos de madeira em dois grupos principais: maciço (sólido) ou engenheirado (conhecido internacionalmente como *Engineered Wood*

Flooring – EWF). Conforme o uso, os pisos maciços podem ser classificados em: internos, representados por assoalhos, tacos e parquetes e; externos, representados pelos *decks*.

As peças de assoalho são produzidas com encaixes macho e fêmea em duas ou quatro laterais, espessura entre 8 e 22 mm, largura entre 57 e 210 mm e comprimentos entre 280 e 6.000 mm. Os tacos são produzidos com ou sem encaixe macho e fêmea nas laterais, espessura entre 8 e 20 mm, com largura e comprimento fixos, podendo ser produzidos em várias dimensões. Os parquetes são produzidos com várias peças unidas, formando placas quadradas de 240 x 240 mm, 482 x 482 mm ou de dimensões e formatos variados, com espessura podendo variar entre 6 e 18 mm. As peças de *decks* são produzidas com as bordas arredondadas, largura entre 60 e 150 mm, espessura entre 18 e 30 mm e comprimento variável (ANPM, 2011).

3.2 A avaliação da qualidade das superfícies usinadas

As operações de usinagem da madeira resultantes da interação de movimentos circulares da ferramenta de corte (número de rotações por minuto e número de arestas de corte) e movimentos lineares de avanço, produzem superfícies com uma série de pequenas depressões, denominadas de avanço por dente ou passo de corte (f_z), conforme a Figura 1. Quanto menor o valor de f_z , melhor será a qualidade das superfícies usinadas. Dentre os métodos mais usados para qualificar o estado das superfícies usinadas, está a comparação com padrões visuais-táteis estabelecidos pela norma D 1666 da *American Society for Testing and Materials* e a determinação de f_z (SORAGI, 2009)

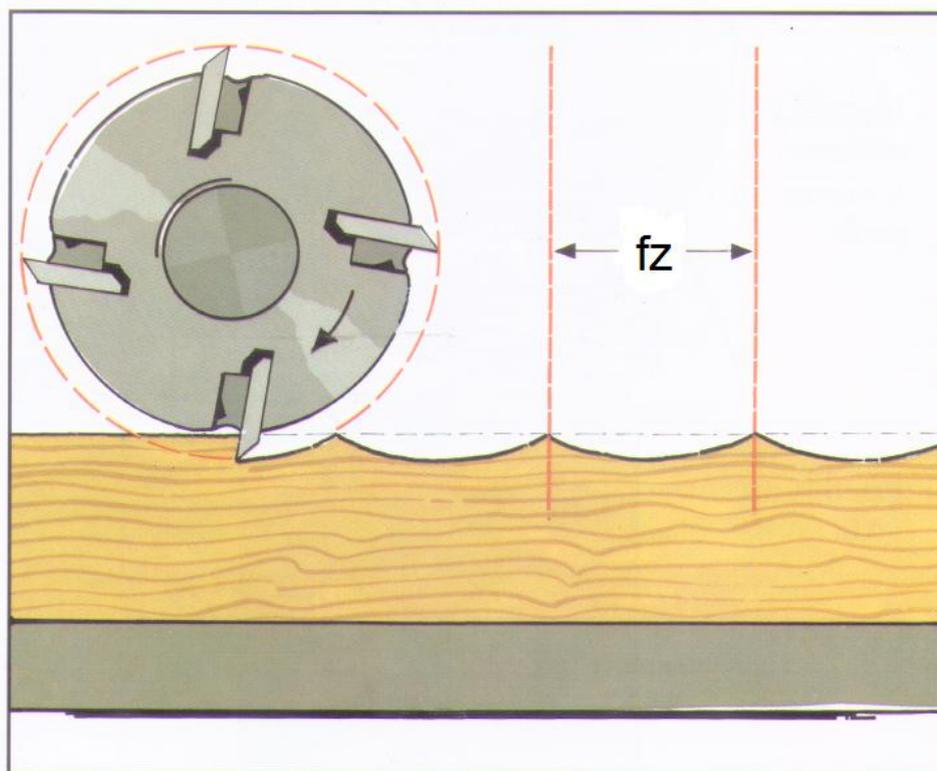


Figura 1 – Representação do passo de corte (f_z).

Fonte: Adaptado de Weinig [200?].

A avaliação das superfícies usinadas pode ter maior precisão com a medição da rugosidade, tendo em vista que é um parâmetro importante para materiais não engenheirados. Contudo, ainda não é comumente empregada na análise de madeira maciça. Não há notificações de que se utilize continuamente nas indústrias a realização de medições da rugosidade da madeira por meio de rugosímetros de agulha, imagens de câmeras, ultrassom, perfilômetros óticos ou microscopia (KILIC et al., 2006).

Segundo Piratelli Filho (2011), a rugosidade é definida como o conjunto de desvios microgeométricos caracterizado pelas pequenas saliências e reentrâncias presentes em uma superfície. A rugosidade R_a é um parâmetro determinado em função da linha média do perfil de rugosidade (Figura 2). É o mais utilizado nos processos de fabricação e também presente na maioria dos equipamentos que são utilizados nas indústrias para controle contínuo da rugosidade na linha de produção.

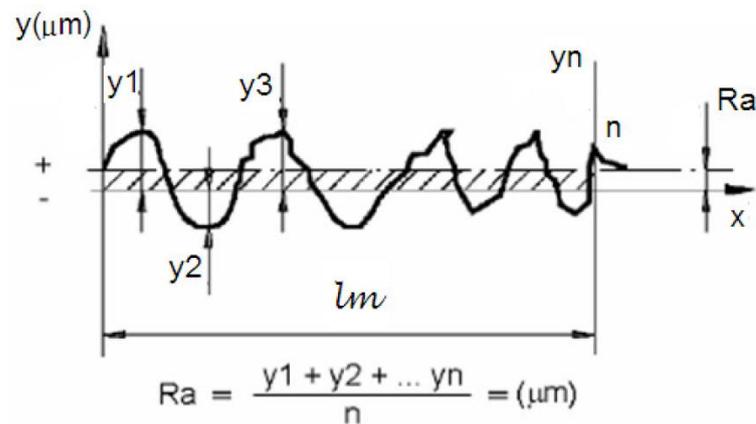


Figura 2 – Rugosidade Ra ao longo de um comprimento de amostragem.

Fonte: Piratelli Filho (2011).

Porém, o parâmetro Ra não identifica a presença de um pico ou um vale atípico oriundo do processo, podendo ocultar um defeito da superfície. Assim, outros parâmetros de rugosidade devem ser utilizados a fim de avaliar mais precisamente o perfil das superfícies usinadas (PIRATELLI FILHO, 2011).

A Norma Brasileira Regulamentadora 4287 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002) especifica definições, termos e parâmetros para a determinação do estado da superfície (rugosidade, ondulação e perfil primário). Segundo a norma, a rugosidade Rz corresponde à soma do maior pico do perfil Zp com o maior vale do perfil Zv no comprimento de amostragem (Figura 3). A Rt é resultante da soma das maiores alturas de pico do perfil Zp e das maiores profundidades dos vales do perfil Zv no comprimento de avaliação, sendo sempre maior que o Rz para qualquer perfil. Piratelli Filho (2011) também afirma que, além de fornecerem informações complementares à Ra, os parâmetros Rt e Rz também têm grande aplicação na maioria dos países.

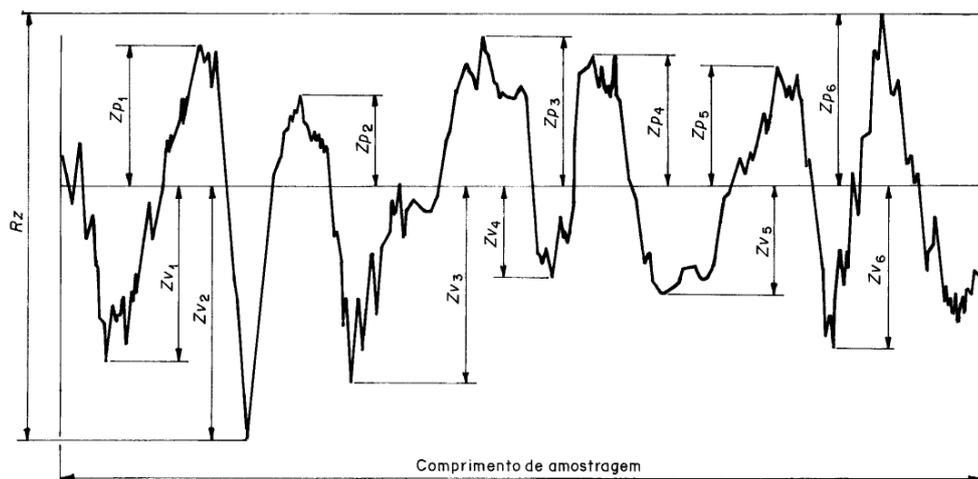


Figura 3 – Rugosidade Rz ao longo de um comprimento de amostragem.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002).

3.3 Possibilidade do uso da madeira de reflorestamento para a produção de pisos maciços

Para minimizar o consumo seletivo e intensivo de poucas espécies nativas destinadas à produção de pisos maciços, podem-se introduzir no mercado novas espécies potenciais de rápido crescimento oriundas de reflorestamento. Com base na avaliação das propriedades físicas e mecânicas, Martins et al. (2013) indicaram que algumas espécies de eucalipto podem ser utilizadas na produção de pisos de madeira, a saber *Corymbia maculata*, *Eucalyptus microcorys* e *Eucalyptus cloeziana*.

A madeira serrada de *Pinus*, por exemplo, tem aplicação consolidada na indústria brasileira de portas e molduras. Com a ampliação da discussão em torno do sistema construtivo *Wood Frame* no Brasil, espera-se um aumento da aplicação da madeira serrada de *Pinus* no mercado da construção civil (ABIMCI, 2016).

No entanto, a madeira juvenil de florestas plantadas de rápido crescimento pode não ser adequada para todos os produtos maciços, tais como os pisos. Dessa forma, essas florestas devem ser manejadas de forma a produzir madeira de maior qualidade, para que se possa obter maior sucesso no mercado, principalmente em comparação com as espécies nativas.

Como requisitos da qualidade da madeira de reflorestamento, Obino (1996) destacou a estabilidade dimensional, a homogeneidade da cor, as propriedades físicas e mecânicas e a aptidão para o recebimento de acabamentos. Além dessas, Martins (2008) também indicou a estrutura anatômica, a umidade, a densidade e a contração. Padilha et al. (2006) pontuaram, além das propriedades da madeira, a avaliação do comportamento em serviço, bem como o estabelecimento de padrões para a normalização em função do uso.

3.4 Efeito das propriedades da madeira e do processo na qualidade das superfícies usinadas

Conforme apresentado, assegurar a boa qualidade da matéria-prima não é importante, mas não é o suficiente para se obter um bom produto usinado. É necessário entender como os métodos empregados irão interagir com a matéria-prima, tais como o tipo de operação, os movimentos de usinagem e as características intrínsecas do conjunto máquina-ferramenta de corte.

Conforme Lucas Filho (1997), as forças de corte tiveram relação inversamente proporcional com a umidade durante a usinagem de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, por causa do efeito da umidade na resistência mecânica da madeira. Pinheiro et al. (2014) identificaram menor rugosidade no fresamento de madeira de *Pinus elliottii* com maior densidade e menor umidade.

Para três espécies de *Eucalyptus* (*E. urophylla*, *E. grandis* e *E. dunnii*), obteve-se relação diretamente proporcional entre a velocidade de avanço e a rugosidade das superfícies usinada. Efeito inverso foi verificado entre densidade e rugosidade (LOPES et al., 2013).

Dias Junior et al. (2013) analisaram a rugosidade das superfícies aplainadas da madeira de quatro espécies de *Eucalyptus*. Concluiu-se que as espécies devem ser usinadas em velocidades de avanço menores para melhores superfícies, para fins que demandem maiores exigências de qualidade.

Porém, no trabalho de Andrade et al. (2015), peças aplainadas de *Eucalyptus* (*E. dunnii*, *E. grandis* e *E. urophylla*) e *Corymbia* (*C. citriodora* e *C.*

maculata) foram avaliadas quanto a rugosidade em dois diferentes níveis de velocidade de avanço. Não foi constatado efeito significativo da velocidade de avanço na qualidade das superfícies usinadas. A densidade foi o fator que mais influenciou na rugosidade das superfícies aplainadas, com uma relação inversamente proporcional. O mesmo comportamento foi constatado no trabalho de Silva et al. (2016), que concluiu que essas mesmas espécies possuem baixo potencial de utilização para a produção de pisos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostragem e tratamentos

Foram utilizadas tábuas prioritariamente tangenciais de madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Eucalyptus grandis* W. Hill oriundas de plantios próprios de uma empresa localizada em Venda Nova do Imigrante – ES. As tábuas foram amostradas das pilhas disponíveis para o processo industrial, possuindo as dimensões nominais de 30 x 100 x 3.000 mm (espessura x largura x comprimento). Os pisos maciços produzidos foram classificados como *decks*, segundo a ANPM (2011).

As tábuas foram classificadas por umidade e densidade aparente, ambas em dois níveis qualitativos (maior e menor). Para a classificação da umidade foi utilizado um medidor elétrico resistivo da marca Gann, modelo Hydromette HT 65, medindo-se as tábuas na metade do comprimento.

Para o *Pinus elliottii*, uma das classes de umidade foi composta por tábuas entre 13,5% e 17,5% de umidade e a outra por tábuas entre 17,5% e 20% de umidade. Para o *Eucalyptus grandis*, uma das classes de umidade foi composta por tábuas entre 14% e 16% de umidade e a outra por tábuas entre 16,1% e 20%. Inicialmente, planejou-se a utilização das mesmas classes de umidade para ambas as espécies, para possibilitar a comparação dos resultados entre as espécies. No entanto, isso não foi possível pelo diferente comportamento de secagem das espécies, indisponibilidade de material e tempo para a realização do trabalho.

Planejou-se a classificação da densidade aparente pela adaptação do método prescrito na norma D 245 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2002). Trata-se de uma classificação visual por meio da contagem do número de anéis de crescimento na seção transversal das peças.

Porém, esse método foi descartado porque os anéis de crescimento das peças de *Eucalyptus grandis* eram inconspícuos. Dessa forma, adotou-se um método que fosse eficaz para ambas as espécies, para fins de padronização. A densidade aparente foi obtida por medição direta das dimensões das peças, com o auxílio de um paquímetro digital e uma trena. A massa foi medida com uma

balança digital com capacidade máxima de 30 kg ($\pm 0,001$ kg). A densidade aparente foi calculada conforme a Equação 1.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Em que – ρ : densidade aparente, em kg/m^3 ; m: massa, em kg; V: volume, em m^3 .

Para o *Pinus elliottii*, uma das classes de densidade foi composta por tábuas com densidade aparente entre 414 kg/m^3 e 525 kg/m^3 e a outra classe por tábuas entre 526 kg/m^3 e 668 kg/m^3 . Para o *Eucalyptus grandis*, uma das classes de densidade foi composta por tábuas entre 468 kg/m^3 e 630 kg/m^3 e a outra classe por tábuas entre 631 kg/m^3 e 970 kg/m^3 .

A velocidade de avanço (V_f) foi analisada em três níveis nominais, que foram estabelecidos com base no padrão utilizado pela empresa. Para o *Pinus elliottii*, a V_f padrão utilizada pela empresa era de 20 m/min) e adotaram-se outros dois níveis, 5 m/min acima e abaixo do padrão. Para o *Eucalyptus grandis*, a V_f padrão utilizada pela empresa era de 6 m/min e adotaram-se outros dois níveis, 3 m/min acima e abaixo do padrão. Para ambas as espécies, a velocidade de corte (V_c) foi igual a 34 m/s, calculada com a Equação 2 (SORAGI, 2009).

$$V_c = \frac{D * \pi * n}{60000} \quad (2)$$

Em que – V_c : velocidade de corte em m/s; D: diâmetro da ferramenta em mm; n: rotação do motor em RPM.

Da interação entre as variáveis densidade aparente (dois níveis), umidade (dois níveis) e velocidade de avanço (três níveis), resultaram 12 tratamentos por espécie, conforme o Quadro 1. Para cada tratamento foram usinadas 15 tábuas, totalizando 180 por espécie.

Quadro 1 – Tratamentos

Tratamento	Velocidade de avanço (m/min)		Densidade	Umidade
	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>		
1	15	3	Nível 1	Nível 1
2			Nível 1	Nível 2
3			Nível 2	Nível 1
4			Nível 2	Nível 2
5	20	6	Nível 1	Nível 1
6			Nível 1	Nível 2
7			Nível 2	Nível 1
8			Nível 2	Nível 2
9	25	9	Nível 1	Nível 1
10			Nível 1	Nível 2
11			Nível 2	Nível 1
12			Nível 2	Nível 2

Nível 1: menor nível de um fator; nível 2: maior nível de um fator.

4.2 Avaliação da qualidade das superfícies usinadas

Para a produção dos *decks*, foi utilizada uma plaina moldureira S4S da marca Omil, modelo PMM-220 5° E, com cinco eixos, frequência nominal de rotação de 5.200 RPM*min⁻¹, alimentação manual e sistema de exaustão (Figura 4).



Figura 4 – Plaina moldureira S4S da marca Omil, modelo PMM-220 5° E.

Fonte: O autor (2018).

Foi avaliada apenas uma das superfícies (face oposta à face de tráfego), que foi aplainada utilizando-se um cabeçote desintegrador previamente afiado, da marca Fepam (Figura 5). Para se minimizar o efeito do desgaste das arestas de corte nos tratamentos, a usinagem foi realizada alimentando-se três peças de cada tratamento, alternadamente.

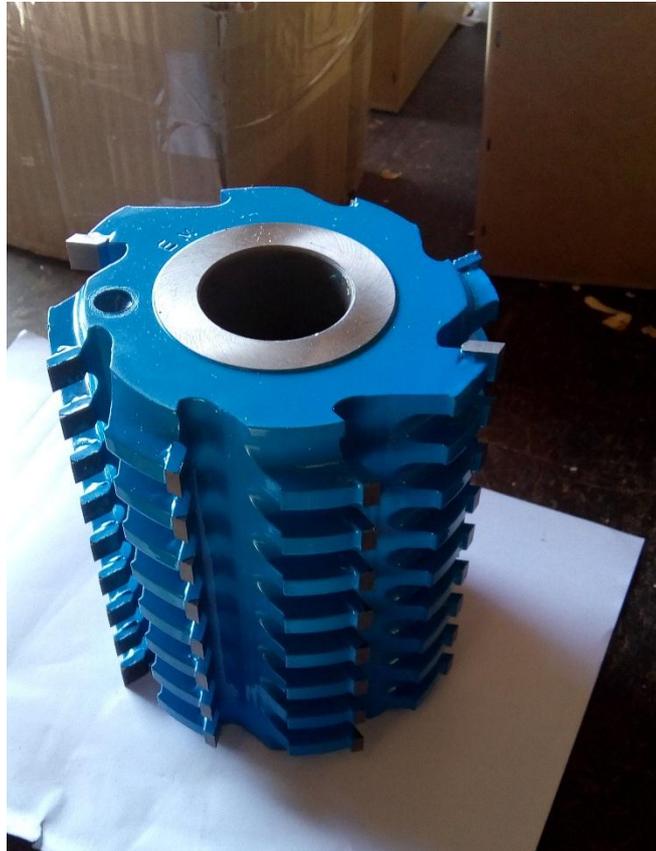


Figura 5 – Ferramenta de corte utilizada no aplainamento da face avaliada.

Fonte: O autor (2018).

Após a usinagem (Figuras 6 e 7), a qualidade das superfícies usinadas foi avaliada pelos métodos do passo de corte medido (f_z), da análise visual-tátil e da rugosidade. Soragi (2009) afirma que esses são os métodos mais usados para qualificar as superfícies usinadas, em que o mais utilizado no ambiente fabril é o visual-tátil. Para os três métodos, a qualidade das superfícies usinadas foi medida nos mesmos pontos, em três posições distintas dos pisos: uma na metade do comprimento e duas nos extremos (cerca de 100 mm dos topos).



Figura 6 – Peças aplainadas de *decks* de *Pinus elliottii*.

Fonte: O autor (2018).



Figura 7 – Peças aplainadas de *decks* de *Eucalyptus grandis*.

Fonte: O autor (2018).

O passo de corte (fz) foi medido utilizando-se uma régua graduada, anotando-se a quantidade de marcas da ferramenta de corte em 25 mm lineares na direção do movimento de avanço (Figura 8). As três medidas compuseram

uma média aritmética por peça analisada. Esse método não foi eficiente para o *Eucalyptus grandis*, por causa das baixas velocidades de avanço, impossibilitando a coleta de dados. Para verificar esse comportamento, foi realizado o cálculo do avanço por dente calculado ($fz_{\text{calculado}}$), conforme a Equação 3 (SORAGI, 2009).

$$fz_{\text{calculado}} = \frac{Vf}{n \cdot z} \quad (3)$$

Em que – $fz_{\text{calculado}}$: avanço por dente, em mm; Vf: velocidade de avanço, em m/min; n: rotação do eixo porta ferramenta, em min^{-1} ; z: número de arestas de corte ativas (adimensional).



Figura 8 – Medição do número de marcas presentes ao longo de 25 mm lineares em *deck* de *Pinus elliottii*.

Fonte: O Autor (2018).

Na análise visual-tátil, os *decks* foram analisados por três avaliadores. Adotou-se a classificação por notas de 1 (melhor qualidade, superfície isenta de defeitos) a 5 (pior qualidade), conforme prescrito na norma D 1666 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2011). As três medidas compuseram uma média aritmética por peça analisada.

A rugosidade foi medida utilizando-se um rugosímetro de arraste TR200, da marca Digimess, utilizando-se os procedimentos técnicos descritos no manual do equipamento, que possui como referência a Norma Brasileira Regulamentadora 4287 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002). Adotou-se o comprimento de amostragem (*cut-off*) de 2,5 mm e o comprimento de medição de 12,5 mm. Foi utilizado o filtro de Gauss do equipamento, registrando-se os parâmetros de rugosidade Ra (rugosidade aritmética), Rz (rugosidade total) e Rt (rugosidade máxima). Para cada parâmetro, as três medidas compuseram uma média aritmética por peça analisada.

4.3 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas separadamente por espécie, buscando-se verificar o efeito dos fatores e tratamentos. Não foi possível realizar comparação entre as espécies por causa das diferentes grandezas dos fatores analisados (umidade, densidade aparente e velocidade de avanço). O nível de significância adotado foi de até 5% para todos os testes. Foi utilizada a versão demonstrativa do *software* ActionStat 3.

4.3.1 Dados contínuos

As medidas de rugosidade (Ra, Rz e Rt) obtidas com o rugosímetro de arraste foram analisadas em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial. Os fatores analisados foram umidade (dois níveis), densidade aparente (dois níveis) e velocidade de avanço (três níveis), com 15 repetições, resultando em um fatorial $2 \times 2 \times 3$.

O efeito dos fatores e a interação entre eles foi verificado pela Análise de Variância (ANOVA) e, nos casos em que foi confirmada a rejeição da hipótese nula (valor $P < 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey para a diferenciação das médias. Nos casos em que houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores, empregou-se a matriz de correlação de Pearson.

4.3.2 Dados discretos

As medidas das contagens de fz e das notas da análise visual-tátil foram avaliadas pelo teste não-paramétrico H de Kruskal-Wallis. Os 12 tratamentos avaliados foram resultantes dos mesmos fatores indicados na análise em fatorial dos dados contínuos. Nos casos em que pelo menos uma das medianas dos tratamentos não foi estatisticamente igual (valor $P < 0,05$), utilizou-se o teste de comparação múltipla para a diferenciação dos escores médios.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 *Pinus elliottii*

5.1.1 Análise da qualidade das superfícies com rugosímetro de arraste

Na Tabela 1 são apresentadas as médias, por tratamento, de Ra, Rz e Rt, bem como as médias de densidade aparente e umidade. Resultados entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

Tabela 1- Resultados dos fatores estudados e dos parâmetros de rugosidade Ra, Rz e Rt para *Pinus elliottii*

Tratamento	Densidade aparente (kg/m ³)	Umidade (%)	Velocidade de avanço (m/min)	Ra (µm)	Rz (µm)	Rt (µm)
1	484 (3,8%)	15,9 (5,2%)	15	4,921 (17,5%)	28,99 (19,0%)	41,57 (25,7%)
2	480 (5,6%)	17,8 (2,8%)		5,154 (16,1%)	31,02 (16,5%)	43,75 (18,7%)
3	587 (7,6%)	15,6 (7,9%)		4,308 (16,0%)	26,69 (20,0%)	37,22 (23,3%)
4	547 (3,9%)	18,5 (4,7%)		5,192 (16,9%)	30,67 (16,6%)	42,84 (18,9%)
5	484 (5,1%)	16,2 (7,3%)	20	5,081 (15,5%)	30,70 (18,0%)	45,15 (20,2%)
6	495 (4,8%)	18,3 (2,5%)		5,066 (14,1%)	30,54 (18,4%)	44,55 (26,2%)
7	579 (6,3%)	16,4 (6,2%)		4,941 (23,3%)	28,45 (25,3%)	40,11 (25,0%)
8	565 (5,9%)	18,8 (3,7%)		4,723 (17,2%)	27,99 (20,0%)	40,10 (25,0%)
9	474 (5,4%)	16,5 (3,9%)	25	5,616 (9,0%)	32,74 (9,6%)	45,63 (8,2%)
10	474 (5,8%)	18,5 (3,4%)		5,435 (16,2%)	32,17 (17,0%)	45,80 (22,8%)
11	573 (8,3%)	15,5 (5,1%)		4,913 (15,0%)	28,19 (18,8%)	39,39 (17,8%)
12	616 (13,2%)	18,0 (2,9%)		5,131 (16,1%)	29,61 (17,8%)	41,78 (18,0%)

Inicialmente, apresenta-se uma discussão em termos de médias absolutas. Observa-se na Tabela 1 que o tratamento 3 (densidade nível 2, umidade nível 1 e Vf= 15 m/min) teve as menores médias de Ra (4,308 µm), Rz (26,69 µm) e Rt (37,22 µm). Em contrapartida, o tratamento 9 (densidade nível 1, umidade nível 1 e Vf= 25 m/min) teve as maiores médias de Ra (5,616 µm),

Rz (32,74 μ m) e Rt (45,63 μ m). As amplitudes de rugosidade entre a maior e a menor médias absolutas foram de 1,308 μ m, 6,05 μ m e 8,41 μ m, respectivamente para Ra, Rz e Rt.

Na Tabela 2 encontra-se o resumo dos resultados da ANOVA em arranjo fatorial das variáveis Ra, Rz e Rt. Nessas análises foi verificado o efeito dos fatores de forma isolada, bem como as interações duplas e a tripla.

Tabela 2 – Resumo da ANOVA em arranjo fatorial dos parâmetros de rugosidade

Fonte de Variação	Ra		Rz		Rt	
	Fc	Valor-P	Fc	Valor-P	Fc	Valor-P
Densidade aparente	8,035	0,0052	9,069	0,0030	9,664	0,0022
Umidade	1,571	0,2118	1,667	0,1984	1,481	0,2253
Velocidade de avanço	3,762	0,0252	1,167	0,3138	0,628	0,5351
Densidade aparente x Umidade	1,263	0,2628	0,514	0,4746	0,552	0,4585
Densidade aparente x Velocidade	0,387	0,6799	0,609	0,5452	0,319	0,7271
Umidade x Velocidade de avanço	2,866	0,0597	1,551	0,2152	1,551	0,4346
Densidade aparente x Umidade x Velocidade de avanço	1,103	0,3344	0,230	0,7950	0,095	0,9090

De acordo com os resultados da Tabela 2, não houve interação significativa dupla ou tripla ($P > 0,05$) entre as variáveis estudadas para nenhum dos três parâmetros de rugosidade. Apenas o efeito da densidade aparente foi significativo ($P < 0,05$) para os três parâmetros analisados. Adicionalmente, o efeito da velocidade de avanço foi significativo ($P < 0,05$) apenas em Ra.

Dessa forma, apresentam-se os resultados dos desdobramentos dos parâmetros de rugosidade em função dos fatores densidade aparente (Tabela 3), velocidade de avanço (Tabela 4) e umidade (Tabela 5).

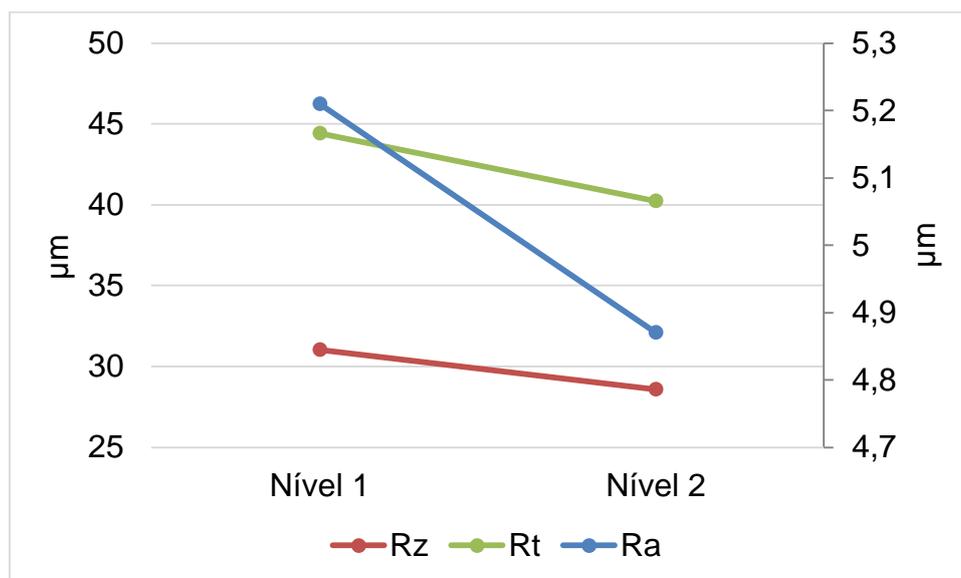
Tabela 3 – Resultados de Ra, Rz e Rt em função da densidade aparente

Nível	Densidade aparente (kg/m ³)			Ra (µm)	Rz (µm)	Rt (µm)
	Mínimo	Média	Máximo			
1	414	483 (5,2%)	525	5,217 a (15,1%)	31,03 a (16,5%)	44,41 a (20,6%)
2	526	577 (8,7%)	668	4,870 b (18,1%)	28,59 b (19,6%)	40,22 b (21,3%)

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

O efeito da densidade foi o mesmo em todos os parâmetros de rugosidade, apresentando uma relação inversamente proporcional. Ou seja, a rugosidade foi menor para o maior nível de densidade aparente, significando melhor qualidade das superfícies usinadas. As amplitudes de rugosidade entre a maior (nível 1) e a menor (nível 2) médias absolutas foram de 0,347 µm, 2,44 µm e 4,19 µm, respectivamente para Ra, Rz e Rt. Esse resultado pode ser melhor verificado na Figura 9.

Figura 9 – Linhas de tendência dos parâmetros de rugosidade em função da densidade aparente



Observação: o eixo vertical da direita corresponde à escala do parâmetro Ra.

Essa relação também foi reportada por Pinheiro et al. (2014) no fresamento de *Pinus elliottii*. De acordo com Silva et al. (2002), madeiras de baixa densidade possuem tecidos lenhosos mais frágeis, resultando em superfícies aveludadas após a usinagem, devido ao arrancamento das células durante o processamento. Isso resulta em aumento da rugosidade. Assim, objetivando uma melhoria na qualidade das superfícies usinadas de *decks*, a empresa deverá optar por realizar maior controle de qualidade da matéria-prima em relação à densidade aparente.

Conforme discutido anteriormente, apenas Ra foi influenciado significativamente pela variável velocidade de avanço, em que quanto menor a Vf, maior a qualidade das superfícies usinadas (menor média), conforme resultados da Tabela 4.

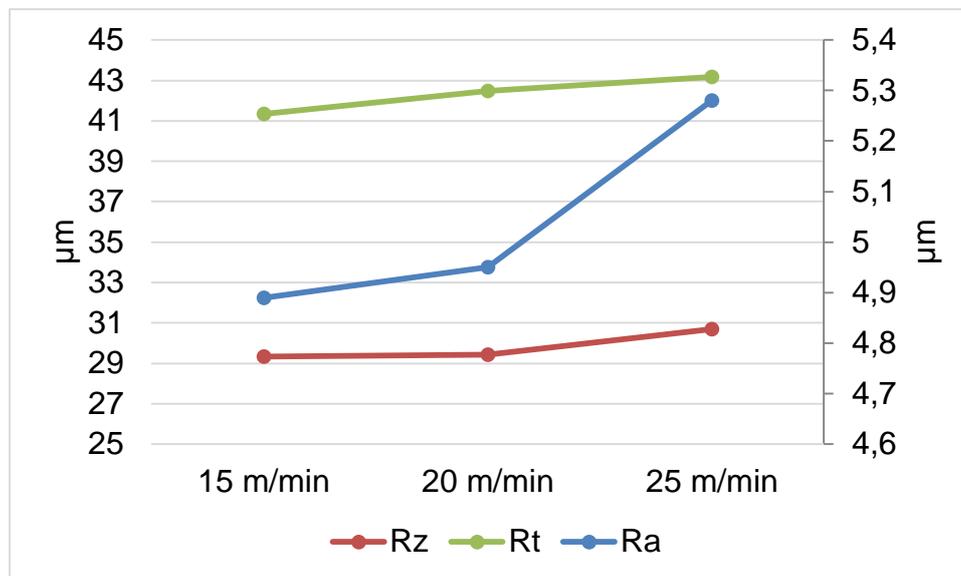
Tabela 4 – Resultados de Ra, Rz e Rt em função da velocidade de avanço

Velocidade de avanço (m/min)	Ra (μm)	Rz (μm)	Rt (μm)
15	4,893 b (17,8%)	29,34 a (18,4%)	41,34 a (22,0%)
20	4,952 ab (17,6%)	29,42 a (20,4%)	42,48 a (24,2%)
25	5,276 a (14,8%)	30,70 a (16,7%)	43,18 a (18,2%)

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

Nota-se o mesmo efeito em Rz e Rt, porém, em termos de médias absolutas, o que pode ser verificado na Figura 10. Por não haver diferença significativa entre as médias de Rz e Rt em função da velocidade de avanço, significa que não houve aumento ou redução das maiores distâncias entre os picos e vales dos perfis analisados. As amplitudes de rugosidade entre a maior ($V_f = 25$ m/min) e a menor ($V_f = 15$ m/min) médias absolutas foram de 0,383 μm , 1,36 μm e 1,84 μm , respectivamente para Ra, Rz e Rt.

Figura 10 – Linhas de tendência dos parâmetros de rugosidade em função da velocidade de avanço



Observação: o eixo vertical da direita corresponde à escala do parâmetro Ra.

Segundo Soragi (2009), a velocidade de avanço é um dos principais parâmetros a ser trabalhado para a melhoria da qualidade das superfícies da madeira usinada. Porém, a produtividade da empresa é reduzida com a diminuição da velocidade de avanço. Dessa forma, para cada produto, deve-se estudar o ponto ótimo entre a produtividade do processo de aplainamento e a qualidade das superfícies geradas.

O Ra é o parâmetro de rugosidade mais utilizado no ambiente fabril, por estar presente na maioria dos rugosímetros de arraste, porque representa a média aritmética do perfil das superfícies. No entanto, a variação de Rt e Rz provavelmente seja mais perceptível ao tato, por serem obtidas pelas distâncias entre o maior pico e o maior vale presentes na superfície avaliada.

A literatura consultada indica que é esperado um aumento da qualidade das superfícies usinadas com a redução da velocidade de avanço (DIAS JUNIOR et al., 2013; LOPES et al, 2013). Contudo, reforça-se que para a madeira de *Pinus elliottii* esse efeito foi significativo apenas para Ra, mesmo com uma diferença de 10 m/min entre o menor (15 m/min) e o maior nível (25 m/min).

Como discutido anteriormente, o efeito da umidade não influenciou significativamente nenhum parâmetro de rugosidade estudado, conforme pode

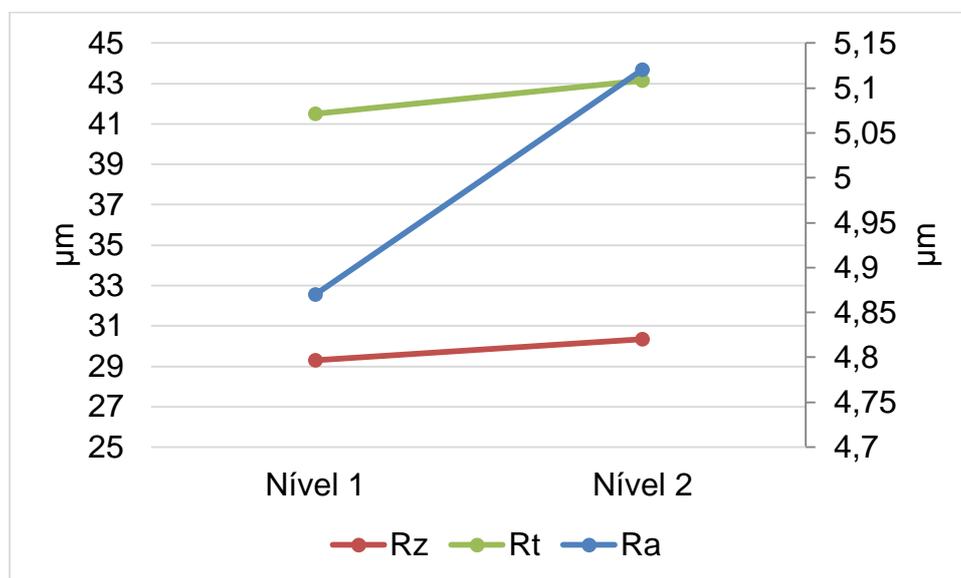
ser visto na Tabela 5. Contudo, há uma tendência de melhores rugosidades (menores médias), em termos de resultados absolutos, com umidades mais baixas, o que pode ser melhor verificado na Figura 11. As amplitudes de rugosidade entre a maior (nível 2) e a menor (nível 1) médias absolutas foram de 0,254 μm , 1,04 μm e 1,64 μm , respectivamente para Ra, Rz e Rt.

Tabela 5 – Resultados de Ra, Rz e Rt em função da umidade

Nível	Umidade (%)			Ra (μm)	Rz (μm)	Rt (μm)
	Mínimo	Média	Máximo			
1	13,5	16,0 (6,1%)	17,5	4,867 a (16,5%)	29,30 a (18,1%)	41,51 a (20,3%)
2	17,5	18,3 (3,6%)	20,0	5,121 a (17,3%)	30,34 a (18,8%)	43,15 a (22,6%)

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

Figura 11 – Linhas de tendência dos parâmetros de rugosidade em função da umidade



Observação: o eixo vertical da direita corresponde à escala do parâmetro Ra.

O resultado da análise estatística (Tabelas 2 e 5) diverge do reportado por Pinheiro et al. (2014), em que verificou-se que a rugosidade da superfície de

peças fresadas de *Pinus elliottii* possui uma relação inversamente proporcional com a umidade. Os autores avaliaram faixas de umidade diferentes, com amplitudes iguais de 4 pontos percentuais ($8\% \leq x < 12\%$; $12\% \leq x < 16\%$; e $16\% \leq x < 20\%$), o que pode ter sido o motivo do efeito significativo na rugosidade, dada a discrepância de umidade das peças analisadas.

Lucas Filho (1997) reportou relação inversamente proporcional entre as forças de corte e a umidade, durante a usinagem de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. A umidade reduz a resistência mecânica da madeira, fazendo com que as células tornem-se menos resistentes aos esforços de corte. Em determinados níveis, isso reduziria a qualidade das superfícies usinadas, o que não foi verificado de forma significativa neste trabalho.

Pela perspectiva da prática industrial, é importante o fato de não ter havido efeito significativo da umidade nas médias de rugosidade. Neste trabalho, não houve diferença na qualidade das peças usinadas às umidades médias de 16,0% e 18,3%. Isso significa que é possível trabalhar com um tempo de secagem natural menor (para 18,3%) e com um controle de qualidade menos rigoroso em relação à amplitude de umidade (de 13,5% a 20,0%).

5.1.2 Análise visual-tátil da qualidade das superfícies usinadas

Na Tabela 6 encontram-se os resultados da análise visual-tátil da qualidade das superfícies aplainadas do *Pinus elliottii*. Destaca-se que menores notas e escores representam melhores qualidades.

Tabela 6 – Resultados dos fatores estudados e da análise visual-tátil para *Pinus elliottii*

Tratamentos	Densidade aparente (kg/m ³)	Umidade (%)	Velocidade de avanço (m/min)	Notas médias	Escores médios
1	484	15,9	15	2,00	113 a
2	485	17,8		1,93	106 ab
3	587	15,6		1,67	84 bc
4	547	18,5		1,93	106 ab
5	484	16,0	20	1,80	95 ab
6	495	18,3		1,73	90 ab
7	579	16,4		1,30	54 d
8	565	18,8		1,67	84 bc
9	474	16,5	25	1,73	90 ab
10	474	18,5		1,87	101 ab
11	573	15,5		1,40	60 cd
12	616	18,0		1,86	99 ab

Escores médios seguidos de, pelo menos, uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de comparações múltiplas do teste H.

De acordo com o teste H de Kruskal-Wallis ($H_c = 31,28$), houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre pelo menos um dos escores médios dos tratamentos. Os escores médios foram discriminados conforme o teste de comparação múltipla do teste H.

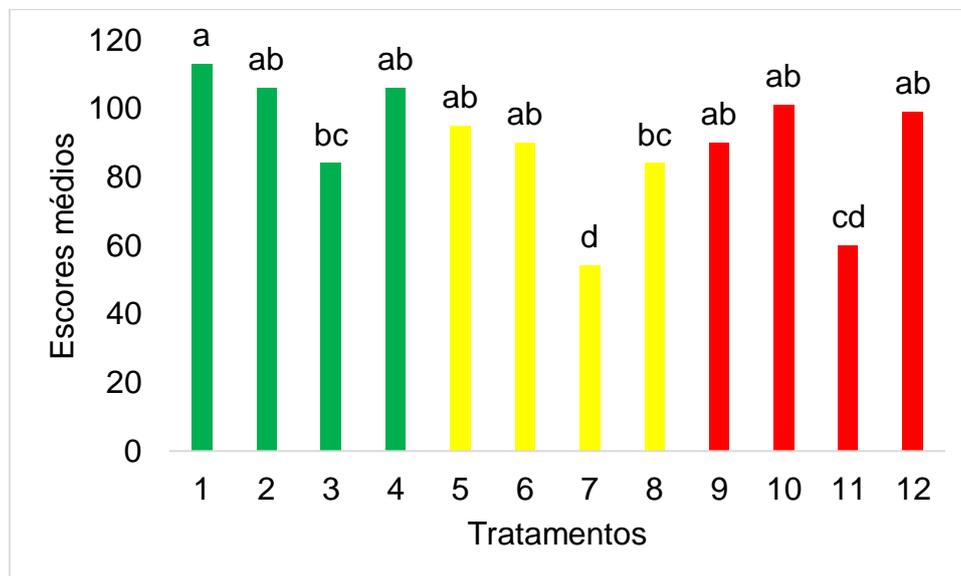
Conforme os resultados da Tabela 6, o tratamento 7 (densidade aparente nível 2, umidade nível 1 e $V_f = 20$ m/min) teve a melhor qualidade das superfícies, porém não diferiu significativamente do tratamento 11 (densidade aparente nível 2, umidade nível 1 e $V_f = 25$ m/min).

Por outro lado, o tratamento 1 (densidade aparente nível 1, umidade nível 1 e $V_f = 15$ m/min) teve a pior qualidade das superfícies, porém não diferiu significativamente dos tratamentos 2, 4, 5, 6, 9, 10 e 12. Ou seja, para os escores médios da análise visual-tátil, não houve diferença significativa entre tratamentos representados por todos os níveis das variáveis testadas (densidade aparente, umidade e velocidade de avanço).

A amplitude das notas entre a maior (tratamento 1) e a menor (tratamento 7) médias absolutas foi de 0,70, para uma escala de 1 (melhor qualidade) a 5

(pior qualidade). Na Figura 12 pode-se verificar melhor o agrupamento dos escores médios dos tratamentos por velocidade de avanço.

Figura 12 – Escores médios da análise visual-tátil para *Pinus elliottii*



Barras verdes Vf= 15 m/min.; barras amarelas Vf= 20 m/min.; barras vermelhas Vf= 25 m/min.

5.1.3 Análise da qualidade das superfícies com base no passo de corte (fz) medido

Na Tabela 7 encontram-se os resultados de fz medido nas superfícies aplainadas do *Pinus elliottii*. Destaca-se que menores médias (mm) e escores representam melhores qualidades. De acordo com o teste H de Kruskal-Wallis ($H_c = 114,19$), houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre pelo menos um dos escores médios dos tratamentos. Os escores médios foram discriminados conforme o teste de comparação múltipla do teste H.

Tabela 7 – Resultados dos fatores estudados e do passo de corte (fz) medido para *Pinus elliottii*

Tratamentos	Densidade aparente (kg/m ³)	Umidade (%)	Velocidade de avanço (m/min)	Média (mm)	Escores médios
1	484	15,9	15	2,8	33 d
2	485	17,8		2,8	27 d
3	587	15,6		2,9	40 d
4	547	18,5		2,8	33 d
5	484	16,0	20	3,6	97 c
6	495	18,3		3,6	88 c
7	579	16,4		3,6	90 c
8	565	18,8		3,6	92 c
9	474	16,5	25	4,4	155 a
10	474	18,5		4,1	138 b
11	573	15,5		4,3	145 ab
12	616	18,0		4,2	146 ab

Escores médios seguidos de, pelo menos, uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de comparações múltiplas do teste H.

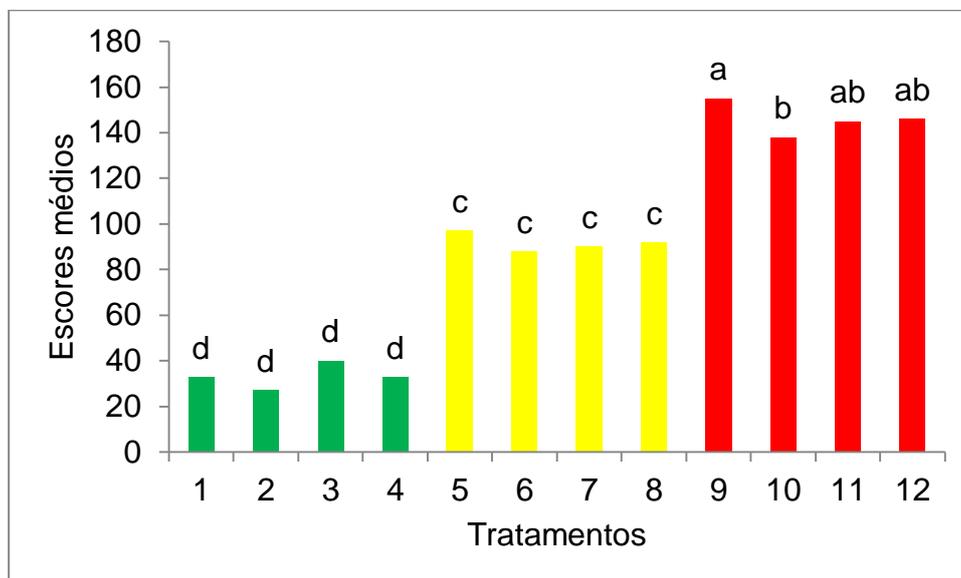
Conforme os resultados da Tabela 7, o tratamento 2 (densidade aparente nível 1, umidade nível 2 e Vf= 15 m/min) teve a melhor qualidade das superfícies, porém não diferiu significativamente dos tratamentos 1, 3 e 4 (todos com mesmo Vf que o tratamento 2). Isso indica que os fatores densidade aparente e umidade não tiveram efeito na qualidade das superfícies usinadas, conforme os resultados de fz medido. Esse resultado é coerente, pois o fz medido possui maior relação com as condições de usinagem do que com a matéria-prima.

Por outro lado, o tratamento 9 (densidade aparente nível 1, umidade nível 1 e Vf= 25 m/min) teve a pior qualidade das superfícies, porém não diferiu dos tratamentos 11 (densidade aparente nível 2, umidade nível 1 e Vf= 25 m/min) e 12 (densidade aparente nível 2, umidade nível 2 e Vf= 25 m/min), ambos com a mesma Vf que o tratamento 9. Da mesma forma que nos tratamentos com a melhor qualidade, esses resultados indicam que os fatores densidade aparente e umidade não tiveram efeito na qualidade das superfícies usinadas, conforme os resultados de fz medido.

Os tratamentos puderam ser discriminados em três grupos de fz medido, conforme a velocidade de avanço (Figura 13). Assim, os tratamentos com as

menores velocidades de avanço (15 m/min) apresentaram a maior qualidade das superfícies pela análise do fz medido.

Figura 13 – Escores médios da análise do passo de corte medido (fz) do *Pinus elliottii*



Barras verdes Vf= 15 m/min.; barras amarelas Vf= 20 m/min.; barras vermelhas Vf= 25 m/min.

Segundo classificação do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI (1995), peças aplainadas que possuem o fz medido entre 2,5 e 5,0 são classificadas com textura “grosseira”. Com base nessa classificação, independentemente do tratamento, todas as superfícies aplainadas se enquadram nessa categoria (Tabela 7).

5.1.4 Comparação entre os métodos de avaliação da qualidade das superfícies

Comparando-se os resultados obtidos nos métodos na análise dos *decks* de *Pinus elliottii*, buscou-se identificar tendências comuns entre eles. Pela análise com o rugosímetro de arraste, assim como na análise visual, as peças mais densas e menos úmidas resultaram em *decks* com maior qualidade das superfícies usinadas. Para a rugosidade, há uma tendência de melhores qualidades na menor velocidade de avanço (15 m/min), mas para a análise visual-tátil obtiveram-se melhores resultados nas velocidades de avanço maiores

(20 e 25 m/min). Ou seja, há uma divergência entre os métodos com relação ao fator velocidade de avanço.

A análise do fz medido discriminou bem os resultados estritamente em função da velocidade de avanço, não permitindo detectar nenhuma relação com a densidade aparente e a umidade. Esse resultado era esperado, porque fz medido é obtido pela contagem das marcas das arestas de corte em um determinado comprimento linear.

Esperava-se que o método visual-tátil detectasse a percepção do fz medido, pelas ondulações nas superfícies. Porém, isso não ocorreu, porque os melhores resultados do método visual-tátil não foram na menor velocidade de avanço, como indicado pelo fz medido. Assim, sugere-se que a análise do fz medido seja complementar aos demais métodos.

A análise com o rugosímetro de arraste possui a vantagem de gerar dados quantitativos, não subjetivos, diferentemente da análise visual-tátil, que depende totalmente da percepção dos avaliadores. Isso confere exatidão ao método, o que pode ser útil em alguns tipos de mercado, principalmente o internacional, que demandam medidas objetivas e universais. Contudo, exige um investimento inicial maior quando comparado aos demais métodos. Além disso, a análise com o rugosímetro de arraste foi a mais demorada, por causa do tempo de leitura do aparelho. Isso cria uma desvantagem para a prática industrial, que busca maior produtividade e redução de custos.

Em contrapartida, a análise visual-tátil não exige investimento em equipamentos para ser realizada, mas demanda maior experiência dos operários do que para a utilização do rugosímetro de arraste. Essa análise é bastante abrangente, porque considera aspectos além da rugosidade das superfícies, tal como a textura. A realização do método por operários mais experientes reduziriam os erros decorrentes da subjetividade inerente. Além do menor investimento inicial e da rapidez de avaliação, uma classificação visual-tátil pode ser mais facilmente interpretada e mesmo realizada pelos consumidores, principalmente se o produto não receber acabamentos posteriores (lixamento e recobrimento de superfícies). Isso pode ser vantajoso no aspecto comercial.

5.2 *Eucalyptus grandis*

5.2.1 Análise da qualidade das superfícies com rugosímetro de arraste

Na Tabela 8 são apresentadas as médias, por tratamento, de Ra, Rz e Rt, bem como as médias de densidade aparente e umidade. Resultados entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

Tabela 8 – Resultados dos fatores estudados e dos parâmetros de rugosidade Ra, Rz e Rt para *Eucalyptus grandis*

Tratamento	Densidade aparente (kg/m ³)	Umidade (%)	Velocidade de avanço (m/min)	Ra (µm)	Rz (µm)	Rt (µm)
1	564 (5,6%)	15,1 (6,5%)	3	3,413 (20,6%)	20,74 (20,6%)	30,97 (20,0%)
2	596 (9,1%)	16,8 (3,8%)		3,647 (18,0%)	21,57 (19,4%)	34,61 (30,2%)
3	704 (11,1%)	15,5 (18,0%)		3,379 (18,0%)	20,24 (14,2%)	32,48 (21,9%)
4	819 (8,1%)	17,7 (5,5%)		3,117 (17,9%)	18,50 (18,1%)	28,27 (23,7%)
5	546 (8,6%)	15,1 (2,6%)	6	3,704 (15,3%)	22,28 (20,3%)	37,06 (33,9%)
6	591 (6,9%)	16,5 (2,6%)		3,202 (17,7%)	19,42 (18,1%)	30,74 (24,4%)
7	669 (12,2%)	15,5 (2,5%)		3,043 (8,8%)	17,87 (9,3%)	27,64 (15,8%)
8	821 (8,7%)	17,2 (5,9%)		3,014 (13,3%)	17,64 (16,9%)	27,94 (31,1%)
9	553 (8,2%)	15,4 (3,3%)	9	3,048 (23,0%)	18,34 (23,3%)	28,11 (30,0%)
10	625 (11,0%)	16,6 (2,0%)		2,937 (19,0%)	17,61 (20,0%)	26,96 (27,8%)
11	709 (13,5%)	15,4 (3,6%)		2,931 (17,6%)	17,37 (17,8%)	27,96 (31,3%)
12	811 (8,9%)	17,2 (3,8%)		2,728 (19,74%)	16,51 (23,1%)	26,18 (34,2%)

Inicialmente, apresenta-se uma discussão em termos de médias absolutas. Observa-se na Tabela 8 que o tratamento 12 (densidade nível 2, umidade nível 2 e Vf= 9 m/min) apresentou as menores médias de Ra (2,728 µm), Rz (16,51 µm) e Rt (26,18 µm). Em contrapartida, o tratamento 5 (densidade nível 1, umidade nível 1 e Vf = 6 m/min) apresentou as maiores médias de Ra (3,704 µm), Rz (22,28 µm) e Rt (37,06 µm). As amplitudes de rugosidade entre

a maior e a menor médias absolutas foram de 0,976 μm , 5,77 μm e 10,88 μm , respectivamente para Ra, Rz e Rt.

Na Tabela 9 encontra-se o resumo dos resultados da ANOVA em arranjo fatorial das variáveis Ra, Rz e Rt. Nessas análises foi verificado o efeito dos fatores de forma isolada, bem como as interações duplas e a tripla.

Tabela 9 – Resumo da ANOVA em arranjo fatorial dos parâmetros de rugosidade

Fonte de Variação	Ra		Rz		Rt	
	Fc	Valor-P	Fc	Valor-P	Fc	Valor-P
Densidade aparente	11,556	0,0008	13,511	0,0003	5,895	0,0162
Umidade	3,110	0,0796	3,061	0,0820	1,531	0,2176
Velocidade de avanço	11,420	0,0000	9,576	0,0001	4,526	0,0122
Densidade aparente x Umidade	0,150	0,6989	0,076	0,7837	0,088	0,7666
Densidade aparente x Velocidade de avanço	0,812	0,4457	0,355	0,7017	0,382	0,6832
Umidade x Velocidade de avanço	0,645	0,5262	1,157	0,3168	1,805	0,1677
Densidade aparente x Umidade x Velocidade de avanço	2,594	0,0777	1,907	0,1518	2,847	0,0609

De acordo com os resultados da Tabela 9, não houve interação significativa dupla ou tripla ($P > 0,05$) entre as variáveis estudadas para nenhum dos três parâmetros de rugosidade, mesmo resultado do *Pinus elliottii*. O efeito da densidade aparente e da velocidade de avanço foi significativo ($P < 0,05$) para os três parâmetros analisados, ao passo que o efeito da umidade não foi significativo ($P > 0,05$).

Dessa forma, apresentam-se os resultados dos desdobramentos dos parâmetros de rugosidade em função dos fatores densidade aparente (Tabela 10), velocidade de avanço (Tabela 11) e umidade (Tabela 12).

Tabela 10 – Resultados de Ra, Rz e Rt em função de densidade aparente

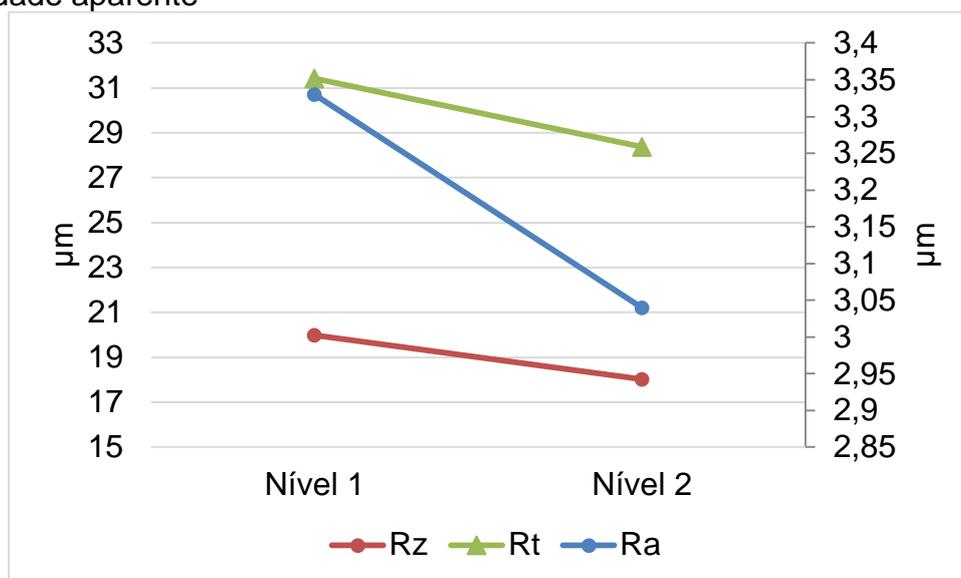
Nível	Densidade aparente (kg/m ³)			Ra (µm)	Rz (µm)	Rt (µm)
	Mínimo	Média	Máximo			
1	468	579 (7,6%)	630	3,334 a (19,3%)	19,99 a (20,5%)	31,41 a (29,1%)
2	631	756 (11,8%)	970	3,048 b (18,8%)	18,02 b (19,2%)	28,38 b (28,9%)

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

O efeito da densidade aparente foi o mesmo em todos os parâmetros de rugosidade, apresentando uma relação inversamente proporcional. Ou seja, a rugosidade foi menor para o maior nível de densidade aparente, significando melhor qualidade das superfícies usinadas. O mesmo efeito foi verificado na madeira de *Pinus elliottii*. As amplitudes de rugosidade entre a maior (nível 1) e a menor (nível 2) médias absolutas foram de 0,286 µm, 1,97 µm e 3,03 µm, respectivamente para Ra, Rz e Rt. Esse resultado pode ser melhor verificado na Figura 14.

Esse comportamento também foi verificado nos experimentos com espécies de *Eucalyptus* consultados na literatura (ANDRADE et al., 2015; DIAS JUNIOR et al., 2013; LOPES et al., 2013; SILVA et al., 2016).

Figura 14 – Linhas de tendência dos parâmetros de rugosidade em função da densidade aparente



Observação: o eixo vertical da direita corresponde à escala do parâmetro Ra.

O efeito da velocidade de avanço foi o mesmo em todos os parâmetros de rugosidade (Tabela 11), apresentando uma relação inversamente proporcional. A maior velocidade de avanço (9 m/min) resultou em menor rugosidade, significando maior qualidade das superfícies. Para o *Pinus elliottii*, o efeito da velocidade de avanço foi significativo apenas para Ra.

Tabela 11 – Resultados de Ra, Rz e Rt em função da velocidade de avanço

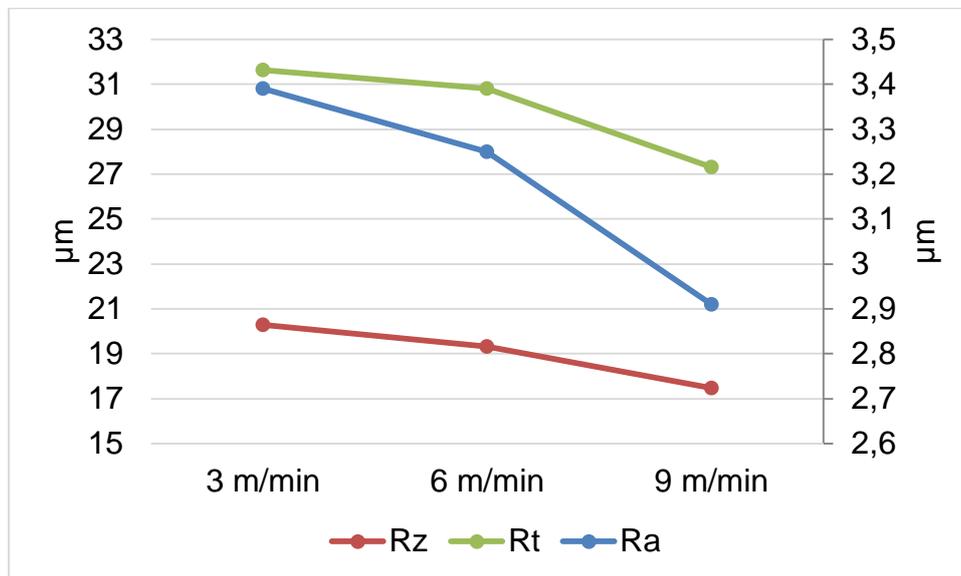
Velocidade de avanço (m/min)	Ra (μm)	Rz (μm)	Rt (μm)
3	3,394 a (19,1%)	20,29 a (18,7%)	31,64 a (25,3%)
6	3,246 a (16,4%)	19,31 a (19,4%)	30,80 a (30,4%)
9	2,911 b (19,9%)	17,46 b (21,0%)	27,30 b (30,2%)

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

Não houve diferença significativa na rugosidade entre 3 m/min e 6 m/min de velocidade de avanço. O efeito da velocidade de avanço em Ra, Rz e Rt para o *Eucalyptus grandis* foi o inverso do verificado para o *Pinus elliottii*, e pode ser melhor verificado na Figura 15. As amplitudes de rugosidade entre a maior ($V_f =$

3 m/min) e a menor ($V_f = 9$ m/min) médias absolutas foram de $0,483 \mu\text{m}$, $2,83 \mu\text{m}$ e $4,34 \mu\text{m}$, respectivamente para Ra, Rz e Rt.

Figura 15 – Linhas de tendência dos parâmetros de rugosidade em função da velocidade de avanço



Observação: o eixo vertical da direita corresponde à escala do parâmetro Ra.

Esse resultado também diverge do observado no experimento de Lopes et al. (2014), em que foram utilizadas as velocidades de avanço nominais de 3, 4, 6, 8, 11, 15 e 22 m/min; e no experimento de Dias Junior et al. (2013), em que foram utilizadas as velocidades de avanço nominais de 6, 11, 13 e 24 m/min. Esses autores verificaram que a velocidade de avanço possui uma relação diretamente proporcional com a rugosidade das superfícies usinadas, em que melhores qualidades de superfície são obtidas a menores velocidades de avanço.

A velocidade de avanço e a velocidade de corte devem ser devidamente ajustadas para se obter boas qualidades de superfícies usinadas. Acredita-se que as velocidades de avanço de 3 e 6 m/min foram muito baixas para a velocidade de corte da plaina moldureira, mesmo esta não tendo sido tão alta (34 m/s). Isso resultou em ação excessiva das arestas de corte em uma pequena área das superfícies (efeito de “raspagem”), resultando em baixa qualidade.

Esse resultado é importante no aspecto industrial, porque indica que é possível obter melhores qualidades de superfície dos *decks* a velocidades de avanço maiores. Isso representa maior produtividade (três vezes maior que a 3 m/min e uma vez e meia maior que a 6 m/min) e menor custo de produção.

Da mesma forma que o *Pinus elliottii*, a diferença entre os níveis de umidade não influenciou significativamente nenhum parâmetro de rugosidade analisado do *Eucalyptus grandis* (Tabela 12). Conforme já discutido para o *Pinus elliottii*, esse comportamento foi o contrário do reportado por Lucas Filho (2004).

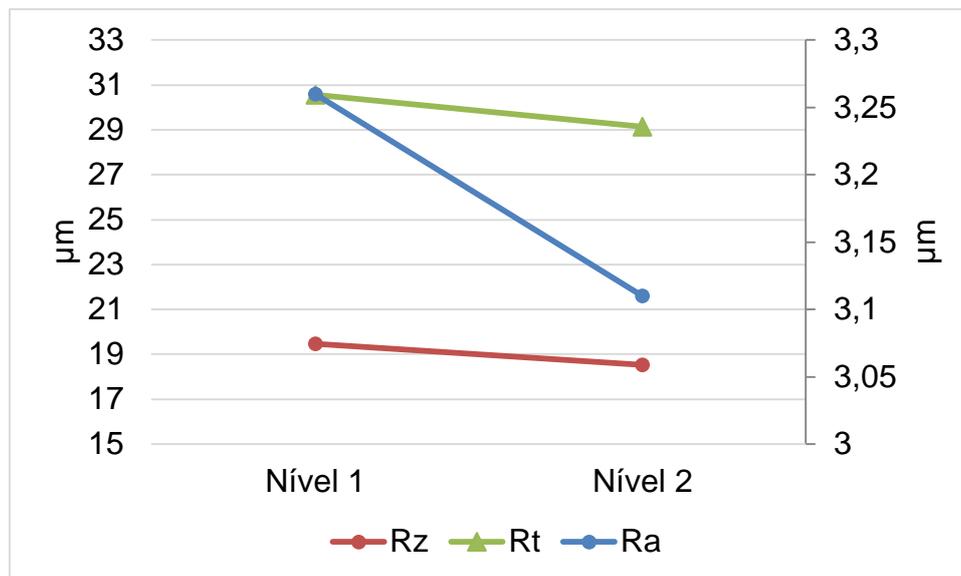
Tabela 12 – Resultados de Ra, Rz e Rt em função da umidade

Nível	Umidade (%)			Ra (μm)	Rz (μm)	Rt (μm)
	Mínimo	Média	Máximo			
1	13,5	15,5 (3,8%%)	17,5	3,256 a (19,1%)	19,48 a (20,1%)	30,67 a (28,5%)
2	17,5	17,0 (4,8%)	20	3,107 a (19,5%)	18,54 a (20,7%)	29,12 a (29,7%)

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

Apesar de não ter havido diferença significativa, houve uma tendência de menores médias absolutas com o maior nível de umidade testado (Figura 16). As amplitudes de rugosidade entre a maior (nível 1) e a menor (nível 2) médias absolutas foram de 0,149 μm , 0,94 μm e 1,55 μm , respectivamente para Ra, Rz e Rt. Esta tendência foi contrária ao observado no *Pinus elliottii*.

Figura 16 – Linhas de tendência dos parâmetros de rugosidade em função da umidade



Observação: o eixo vertical da direita corresponde à escala do parâmetro Ra.

5.2.2 Análise visual-tátil da qualidade das superfícies usinadas

Na Tabela 13 encontram-se os resultados da análise visual-tátil da qualidade das superfícies aplainadas de *Eucalyptus grandis*. Destaca-se que menores notas e escores representam melhores qualidades.

De acordo com o teste H de Kruskal-Wallis ($H_c = 65,27$), houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre pelo menos um dos escores médios entre os tratamentos. Os escores médios foram discriminados conforme o teste de comparações múltiplas do teste H.

Tabela 13 – Resultados dos fatores estudados e da análise visual-tátil para *Eucalyptus grandis*

Tratamentos	Densidade aparente (kg/m ³)	Umidade (%)	Velocidade de avanço (m/min)	Notas médias	Escores médios
1	564	15,1	3	2,67	66 def
2	596	16,8		2,80	74,53 de
3	704	15,5		2,53	60,33 ef
4	819	17,7		2,73	69,14 def
5	546	15,1	6	3,67	130,33 ab
6	591	16,5		3,07	89 cd
7	669	15,5		3,27	104,6 bc
8	821	17,2		2,87	78,87 cde
9	553	15,4	9	3,87	140,6 a
10	625	16,6		3,60	123,53 ab
11	709	15,4		2,87	81,73 cde
12	811	17,2		2,23	41,69 f

Escores médios seguidos de, pelo menos, uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de comparações múltiplas do teste H.

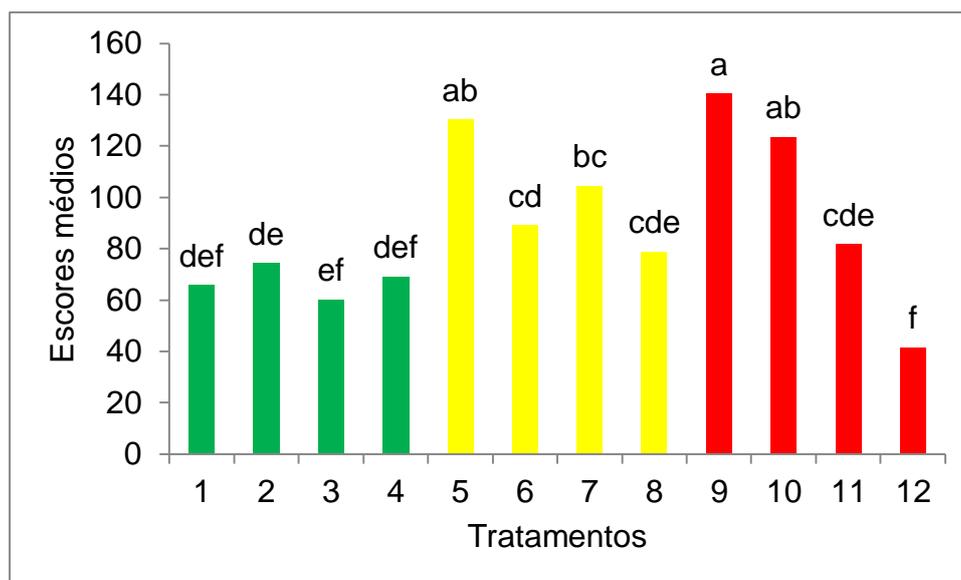
Conforme os resultados da Tabela 13, o tratamento 12 (densidade aparente nível 2, umidade nível 2 e Vf= 9 m/min) teve a melhor qualidade das superfícies. Porém, não diferiu significativamente dos tratamentos 1 (densidade aparente nível 1, umidade nível 1), 3 (densidade aparente nível 2, umidade nível 1), e 4 (densidade aparente nível 2, umidade nível 2), todos com a menor velocidade de avanço (3 m/min). De acordo com os resultados da análise visual-tátil, é possível se obter boas qualidades de superfície em ambos os níveis de densidade aparente e umidade, porém não na velocidade de avanço de 6 m/min.

Por outro lado, o tratamento 9 (densidade aparente nível 1, umidade nível 1 e Vf= 9 m/min) teve a pior qualidade das superfícies. Porém, não diferiu significativamente dos tratamentos 5 (densidade aparente nível 1, umidade nível 1 e Vf= 6 m/min) e 10 (densidade aparente nível 1, umidade nível 2 e Vf= 9 m/min). Dentre estes três tratamentos, nenhum deles têm densidade aparente

nível 2 e velocidade de avanço de 3 m/min, o que foi verificado entre os melhores tratamentos.

A amplitude das notas entre a maior (tratamento 9) e a menor (tratamento 12) médias absolutas foi de 1,64, para uma escala de 1 (melhor qualidade) a 5 (pior qualidade). Na Figura 17 pode-se verificar melhor o agrupamento dos escores médios dos tratamentos. Para as velocidades de avanço de 6 m/min (tratamentos 5 a 8) e 9 m/min (tratamentos 9 a 12), parece haver uma tendência de melhores e piores qualidades de superfície, respectivamente, para os maiores e menores níveis de densidade aparente e umidade. Para a velocidade de avanço de 3 m/min não há uma tendência clara. De uma forma geral, as melhores qualidades de superfície foram obtidas a 3 m/min, independentemente dos níveis de densidade aparente e umidade.

Figura 17 – Escores médios da análise visual-tátil do *Eucalyptus grandis*



Barras verdes Vf= 3 m/min.; barras amarelas Vf= 6 m/min.; barras vermelhas Vf= 9 m/min.

5.2.3 Comparação entre métodos de avaliação das superfícies

Da mesma forma que o *Pinus elliottii*, também buscou-se correspondência entre os métodos para o *Eucalyptus grandis*. O fz calculado para as velocidades de avanço de 3, 6 e 9 m/min foi de 0,58 mm, 1,16 mm e 1,74 mm, respectivamente. Esses resultados reforçam a impossibilidade de se medir o fz

nas condições testadas, porque as marcas das arestas de corte nas superfícies usinadas não foram perceptíveis.

Pelos resultados do *Pinus elliotti*, percebeu-se a limitação do método do fz medido para se analisar as variáveis estudadas, exceto para a velocidade de avanço. Nota-se outra limitação do método, conforme verificado para o *Eucalyptus grandis*: ele não é aplicável a todas as velocidades de avanço, apenas as mais altas.

Em termos de resultados absolutos, houve correspondência entre os resultados da análise com o rugosímetro de arraste e os da análise visual-tátil. Em ambos os métodos, o tratamento 12 (densidade nível 2, umidade nível 2 e velocidade de avanço 9 m/min) teve a melhor qualidade das superfícies usinadas.

Apesar de melhores rugosidades terem sido obtidas na maior velocidade de avanço (Tabela 11), pela análise visual-tátil (Tabela 13), dentre os tratamentos com as melhores qualidades de superfície (quatro que não diferiram significativamente), três (tratamentos 1, 3 e 4) correspondem à menor velocidade de avanço. Ou seja, ambos os métodos também têm divergências.

6 CONCLUSÕES

- O efeito da densidade aparente foi significativo na rugosidade da madeira de ambas as espécies, em que melhores qualidades das superfícies usinadas foram obtidas nos maiores níveis.
- Para a rugosidade do *Pinus elliottii*, o efeito da velocidade de avanço foi significativo apenas para o parâmetro Ra, apresentando relação diretamente proporcional. Para os parâmetros Rz e Rt esta relação foi verificada apenas em termos absolutos.
- O efeito da velocidade de avanço foi significativo na rugosidade do *Eucalyptus grandis*, apresentando relação inversamente proporcional.
- O efeito da umidade da madeira não foi significativo na rugosidade de ambas as espécies.
- Para ambas as espécies, em relação à rugosidade das superfícies, não houve correlação significativa (duplas ou tripla) entre as variáveis densidade aparente, umidade e velocidade de avanço.
- Por causa do baixo custo e por possuir alguma correspondência com o método do rugosímetro de arraste (que fornece medidas exatas), recomenda-se a análise visual-tátil para a avaliação da qualidade das superfícies usinadas. Contudo, é necessário verificar exigências do mercado por medidas quantitativas, exatas e de interpretação universal, como as obtidas com o rugosímetro de arraste.
- O método do passo de corte medido (fz) foi eficiente para a discriminação da qualidade das superfícies usinadas de *Pinus elliottii* nas diferentes velocidades de avanço, obtendo-se relações diretamente proporcionais. O método não foi eficiente para verificar o efeito da densidade aparente e da umidade. Não foi possível usar esse método na madeira de *Eucalyptus grandis* por causa das baixas velocidades de avanço (3, 6 e 9 m/min) testadas.
- Para ambas as espécies, recomenda-se a seleção de peças mais densas para a produção de *decks* com maior qualidade das superfícies usinadas. Essa medida também resultará em produtos com maior resistência mecânica, o que é importante para os *decks*.

- Para ambas as espécies, nas amplitudes avaliadas, não é necessário controle rigoroso da umidade para a produção dos *decks*, especificamente com o objetivo de se obter melhores qualidades das superfícies usinadas.
- Para o *Eucalyptus grandis*, recomenda-se usar as peças com 9 m/min de velocidade de avanço. Sugere-se a realização de testes a 12 m/min.
- Objetivando-se aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção, recomenda-se produzir os *decks* de *Pinus elliottii* com 25 m/min de velocidade de avanço. Para o padrão dos *decks* produzidos, acredita-se que o ganho de qualidade das superfícies usinadas a velocidades de avanço menores (seja pela análise da rugosidade ou visual-tátil) não compense o aumento dos custos de produção.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT - 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. 18p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1666-87:** Standard Method for Conducting Machining Tests of Wood and Wood Base Materials. Philadelphia, 1995.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D245-93:** Standard Practice for Establishing Structural Grades and Related Allowable Properties for Visually Graded Lumber. Philadelphia, 1993.
- ANDRADE, A. C. A.; SILVA, J. R. M.; OLIVEIRA, M. B.; LIMA, J. T.; MOULIN, J. C.; BRAGA JUNIOR, R. A. Rugosidade da superfície usinada de madeiras de *Corymbia e Eucalyptus*. **II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira**, Belo Horizonte, 2015. 8p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE — ABIMCI. **Estudo Setorial**. Curitiba, 2016. 142p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA. **Análise tecnológica e econômica do setor brasileiro de pisos de madeira**. Piracicaba, 2011. 69 p.
- BRAGA, P. P. C.; SILVA, J. R. M.; NÉRI, A. C. Qualidade da superfície de madeira de *Coffea arabica*. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 21-28, 2014.
- DIAS JUNIOR, A. F.; SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. de. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 93-107, 2013.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2017**. São Paulo. 2017. 80 p.
- KILIC, M.; HIZIROGLU, S.; BURDURLU, E. Effect of machining on surface roughness of wood. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 41, n. 8, p. 1074-1078, 2006.

- LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, T. S. Avaliação da rugosidade superficial da madeira de *Eucalyptus* sp. submetida ao fresamento periférico. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2014.
- LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem de madeiras visando a melhoria de processos em indústrias de móveis**. 2004. 1741 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- LUCAS FILHO, F. C. **Influência do teor de umidade e da massa específica aparente sobre a resistência e rigidez das madeiras de *Pinus elliottii*, E. e *Pinus taeda* L.** 1997. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- MARTINS, M. **Ensaio de simulação de uso em piso de *Eucalyptus clóeziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook.** 2008. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- MARTINS, M.; SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; GONÇALVES, M. T. T.; FILIPE, A. P. Simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptus* sp. E *Corymbia maculata*. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 151-156, 2013.
- OBINO, C.R. Usos da madeira de eucalipto. **VI Simpósio IPEF 4: 27 – 29**, São Paulo, 1996.
- PADILHA, C.; LIMA, J.T.; SILVA, J.R.M.; TRUGILHO, P.F.; ANDRADE, H. B. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, n.71, p.141-147, 2006.
- PINHEIRO, C.; **Efeitos do teor de umidade da madeira no fresamento de *Pinus Elliottii***. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP, Guaratinguetá, 2014.
- PIRATELLI FILHO, A. Rugosidade Superficial. **Terceiro Seminário de Metrologia**. Faculdades de Tecnologia – Universidade de Brasília, Brasília 2011.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). **Acabador de móveis**. Ubá.1995. 29 p.

SILVA, F. A. V.; SILVA, J. R. M.; MOULIN, J. C.; NOBRE, J. R. C.; ANDRADE, A. C. A.; CASTRO, J. P. Qualidade da superfície usinada em pisos de madeira de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 3, p. 397-403, 2016.

SORAGI, L. C. **Qualidade de superfícies usinadas em madeira de *Toona ciliata* M. Roem.** 2009. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TAKESHITA, S.; ANDRADE, A.; JANKOWSKY, I. P. Planejamento estratégico para o setor de pisos de madeira. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 237-242, 2011.

WEINIG. **Todo sobre herramientas: Uma información de Michael Weinig AG.** Tauberbischofsheim, 200?. 23p.