

A INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DO LIXAMENTO TUBULAR NA QUALIDADE DAS PEÇAS DE *Eucalyptus grandis*

Luciano Donizeti Varanda¹, Manoel Cléber de Sampaio Alves²,
Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves², Luiz Fernando Frezzatti Santiago³

RESUMO: Em 2010, o setor florestal brasileiro é representado por cerca de 30 mil empresas que produzem US\$ 21 bilhões anuais e são responsáveis por aproximadamente 5% do produto interno bruto (PIB) do país. O processo de lixamento é muito requisitado em diversas etapas da industrialização da madeira, onde há a necessidade de um acabamento superficial de melhor qualidade. Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a influência da velocidade de corte e da granulometria das lixas tanto no acabamento superficial de peças de *Eucalyptus grandis* processadas por meio do lixamento tubular quanto nos esforços de lixamento (força e potência de lixamento). Utilizaram-se quatro velocidades de corte (19,5; 22,7; 26 e 28,1 m/s), uma velocidade de avanço (16 m/min) e três conjuntos de lixas (80-100, 80-120 e 100-120), sendo uma de desbaste e outra de acabamento, respectivamente. Uma central de aquisição de dados foi montada para a captação das variáveis (potência de corte, emissão acústica e vibração) em tempo real. A força de corte foi obtida de maneira indireta, por meio de um inversor de frequência. A rugosidade das peças foi medida por um rugosímetro antes e depois do lixamento. A maior velocidade de corte utilizada (28,1 m/s) consumiu maior potência e gerou maior emissão acústica dentre as quatro velocidades analisadas. Quanto à vibração, a menor velocidade de corte (19,5 m/s) gerou maior vibração na lixadeira. Conclui-se que o conjunto de lixas 100-120 resultou em valores de rugosidade média (Ra) inferiores aos demais conjuntos de lixas utilizados, ou seja, resultou em melhor acabamento superficial.

Palavras-chave: Lixamento de madeira, *Eucalyptus grandis*, aquisição de dados, usinagem, rugosidade.

INFLUENCE OF VARIABLES OF TUBULAR SANDING ON QUALITY OF PIECES OF *Eucalyptus grandis*

ABSTRACT: In 2010, the Brazilian forest sector is represented by about 30,000 companies producing US\$ 21 billion annually and account for approximately 5% of the gross domestic product (GDP) in the country. The sanding process is highly demanded in various stages of industrialization of the wood, when there is a need for a better quality surface finishing. The objective of this work was to analyze the influence of cutting speed and sandpaper granulometry on both the surface finishing of pieces of *Eucalyptus grandis* processed through tubular sanding and on the sanding efforts (force and power of sanding). Four cutting speeds were used (19.5, 22.7, 26 and 28.1 m/s), one advance speed (16 m/min) and three sets of sandpaper (80-100, 80-120 and 100-120) being one for chipping and another for finishing, respectively. A central data acquisition system was set up to capture the variables (cutting power, acoustic emission and vibration) in real time. The cutting force was obtained indirectly, through a frequency inverter. The roughness of the parts was measured by a roughness meter before and after sanding. The highest cutting speed used (28.1 m/s) consumed more power and generated more acoustic emission among the four speeds tested. Regarding the vibration, the lower cutting speed (19.5 m/s) generated the highest vibration in the sander machine. It is concluded that the range of 100-120 sandpapers resulted in values of average roughness (Ra) lower than the other sets of sandpaper used, as it resulted in better surface finishing.

Key words: Wood sanding, *Eucalyptus grandis*, data acquisition, machining, roughness.

1 INTRODUÇÃO

Madeiras originárias de florestas plantadas (reflorestadas), como o eucalipto e o pinus, vêm substituindo madeiras originárias de florestas nativas nos diversos segmentos da indústria madeireira, como em indústrias de móveis, indústrias de painéis de madeira, indústrias de estruturas de madeira e na construção civil, justamente pelo rápido crescimento destas espécies e a

crescente demanda industrial por recursos florestais. A utilização de produtos à base de madeira tem crescido muito nos últimos anos, em busca de um aproveitamento mais racional dessa matéria-prima. Diferentemente de outros materiais, as propriedades da madeira variam entre espécies diferentes, em uma mesma espécie e em uma mesma tora. Além disso, as propriedades são fortemente influenciadas pelas características químicas, físicas e anatômicas da madeira. Visto isso, nota-se a necessidade de pesquisas

¹Graduando em Engenharia Industrial Madeireira – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Campus de Itapeva – 18409-010 – Itapeva, SP – lu.varanda@hotmail.com

²Engenheiro Mecânico, Professor do curso de Engenharia Industrial Madeireira – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Campus de Itapeva – 18409-010 – Itapeva, SP – manoel@itapeva.unesp.br, tadeu@itapeva.unesp.br

³Engenheiro Industrial Madeireiro, Mestrando em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Campus de Guaratinguetá – 12500-000 – Guaratinguetá, SP – frezzatti@yahoo.com.br

que envolvam essas inúmeras variáveis, de forma a possibilitar um melhor conhecimento desse material, contribuindo para a maior eficiência dos processos industriais que utilizam a madeira como principal matéria-prima.

Atualmente, o eucalipto é plantado em quase todo o mundo, por ser um gênero que possui espécies facilmente adaptáveis a diversas condições climáticas. A maioria das espécies plantadas no Brasil apresenta rápido crescimento, resultado da alta qualidade do material genético utilizado. A produção da madeira e seus derivados ocorre em larga escala, devido à grande demanda de madeira no mercado florestal brasileiro (MALINOVSKI, 2002).

Para Gonçalves (2000), em madeiras, o lixamento torna-se necessário sempre que se realiza o corte perpendicular às fibras, pelo fato de estas se romperem, prejudicando o acabamento.

Pouco se conhece sobre o lixamento de madeiras e, devido a isso, se utilizam, ainda, muitos conceitos práticos, sem ainda ter buscado estudar as melhores condições para o processo. Com a realização deste trabalho busca-se contribuir com o melhor entendimento, tanto das variáveis existentes quanto de como estas variáveis influenciam o processo de usinagem da madeira, mais precisamente o lixamento tubular do *Eucalyptus grandis*.

Gonçalves (2000) afirma, ainda, que são vários os fatores que interferem sobre as forças e a potência de usinagem, nas diferentes operações de corte da madeira, afetando o desempenho de corte das ferramentas, como teor de umidade, densidade e direcionamento das fibras (referente à madeira) e espessura de corte, velocidade de corte e geometria da ferramenta (referente ao processo).

O processo de lixamento pode ser dividido em duas etapas de trabalho. Na primeira, etapa têm-se os processos que são realizados para preparar a madeira, reduzindo mais ou menos a aspereza superficial da peça. Na segunda etapa, têm-se os processos de lixamento que preparam a madeira para a subsequente aplicação de materiais de acabamento. Estas duas etapas são conhecidas como desbaste e acabamento (KOCH, 1964).

Para Bianchi (1999), as forças de corte nos processos abrasivos são importantes, pois influencia a qualidade geométrica, dimensional e superficial da peça, a vida da ferramenta e, por fim, o tempo de execução do processo de corte. Os valores médios das forças de corte a serem empregados durante a usinagem também são importantes porque determinam a potência necessária para a máquina retificadora, assim como suas necessidades estruturais.

Segundo Gurau, Mansfield-Williams e Irle (2005), madeiras lixadas têm, em sua superfície, diversas irregularidades, causadas pelo processo de lixamento e pela anatomia da madeira, ou seja, rugosidade anatômica, que independe de qualquer operação de usinagem.

Existe grande dificuldade de excluir a rugosidade anatômica, devido à complexidade e à heterogeneidade superficial da madeira. Hendarto et al. (2006) afirmam que essas duas características da madeira afetam seu perfil de rugosidade, tornando a análise da qualidade superficial da madeira muito complicada. Os métodos de filtragem padrão utilizados ainda não apresentam resultados confiáveis na análise do perfil de rugosidade de madeira. No entanto, estes métodos baseados apenas na comparação geral, média ou "grosseira" dos perfis de rugosidade da madeira são aceitos e muito utilizados, mas características e informações específicas sobre a superfície da madeira ainda não são quantificadas.

Dornfeld, Lee e Chang (2003) explicam a utilização de diversos tipos de sensores comercialmente disponíveis, utilizados para monitorar e controlar processos de usinagem, com o objetivo de melhorar a produtividade.

Para Carpinetti (2000), rugosidades caracterizam-se pelas microirregularidades geométricas da superfície do material usinado. A rugosidade consiste, basicamente, de marcas regulares oriundas do perfil da ferramenta, combinada a outras irregularidades, podendo ser variáveis conforme o material e o tipo de ferramenta utilizada.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a influência da velocidade de corte e da granulometria das lixas, tanto no acabamento superficial de peças de *Eucalyptus grandis* processadas por meio do lixamento tubular quanto nos esforços de lixamento (força e potência de lixamento).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparação dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova confeccionados eram de *Eucalyptus grandis*, com dimensões médias de 35 e 1.220 mm de diâmetro e de comprimento, respectivamente. As peças utilizadas eram de árvores de grande porte, com diâmetro mínimo de 50 cm e idade avançada (cerca de 35 anos) e, em sua maioria, pertenciam ao cerne desta, fato que justifica a alta densidade aparente obtida ($0,96 \pm 0,09$ g/cm³ a $12,49 \pm 0,35\%$ de umidade).

Primeiramente, as amostras foram classificadas diametricamente (na faixa de 34,4 a 35,5 mm), utilizando-se

um paquímetro. Em seguida, o comprimento das amostras foi uniformizado em 600 mm, como mostrado na Figura 1a.

Depois, foi lixada uma das extremidades dos corpos-de-prova, em uma lixadeira plana, eliminando o canto "vivo" de uma das extremidades, para que, quando submetido ao lixamento, não ocorra o rompimento da lixa, como mostrado nas Figuras 1b e 1c. A próxima etapa foi submeter os corpos-de-prova na lixadeira tubular, com duas lixas de gramatura 80 (para desbaste), para a uniformização das características superficiais antes da procedência dos ensaios. Após a realização de todas as etapas descritas anteriormente, os corpos-de-prova estavam com dimensões e características superficiais uniformes, ou seja, disponíveis para a realização dos ensaios de lixamento, como mostrado na Figura 1d.

2.2 Ensaios de lixamento

O banco de ensaios foi composto por uma lixadeira tubular dupla de cinta vertical (Águia, modelo LPD 3200),

um armário de aço (Marcon CR-29) para acomodação dos componentes, a central de aquisição de dados e o painel de comando dos equipamentos, como mostrado na Figura 2.

Na operação de lixamento, foram utilizadas lixas abrasivas de óxido de alumínio, de gramatura 80, 100 e 120. Essas lixas foram posicionadas na forma de cinta sobre polias planas (superior e inferior) e tencionadas mecanicamente por fusos de rosca quadrada (esticadores). Uma terceira polia (intermediária) foi utilizada para pressionar a lixa sobre a peça cilíndrica de madeira, como mostrado na Figura 3a. O pressionamento da polia intermediária deve ser suficiente para que a lixa comece atuar concomitantemente ao avanço da peça, impedindo, assim, marcas de queimadura na madeira. Nas Figuras 3b e 3c mostram-se, detalhadamente, o sistema de tracionamento por esteira de borracha (velocidade de avanço), o corpo-de-prova posicionado, as polias de fixação da primeira lixa (desbaste) e a polia intermediária.

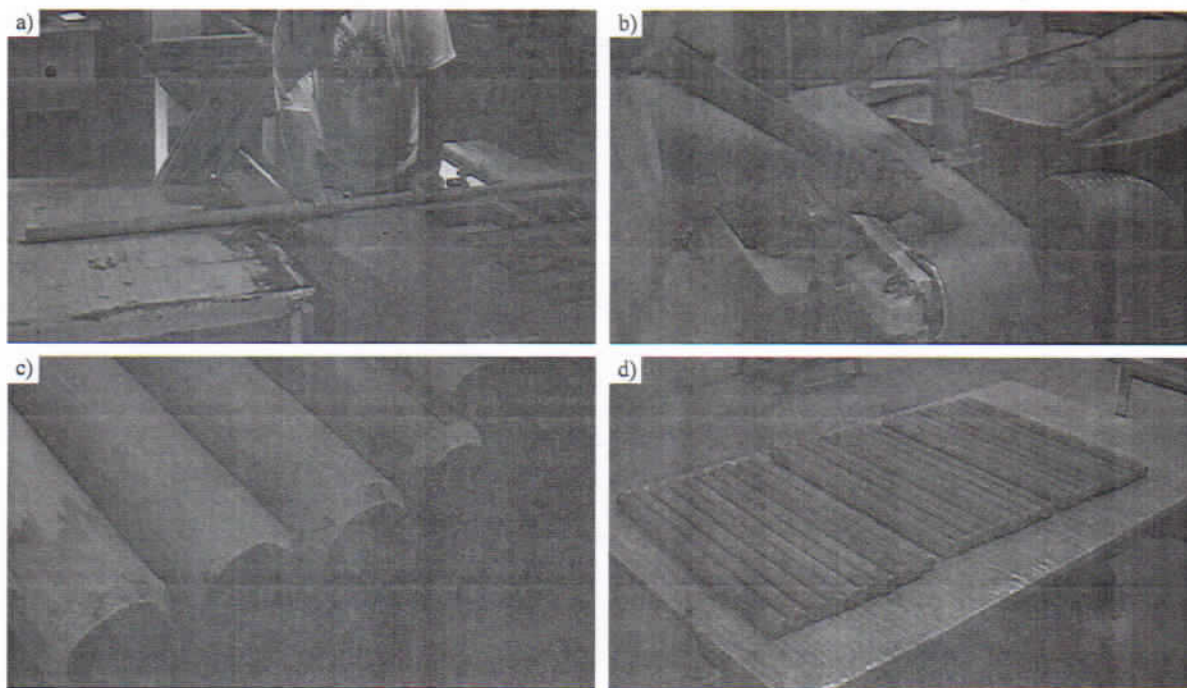


Figura 1 – (a) Seccionamento e esquadreamento das amostras, (b) lixamento de uma extremidade das amostras, (c) extremidade lixada das amostras, (d) amostras preparadas para os ensaios de lixamento.

Figure 1 – (a) Sectioning and squaring of samples, (b) sanding of one end of the samples, (c) sanded end of samples, (d) samples prepared for the tests of sanding.

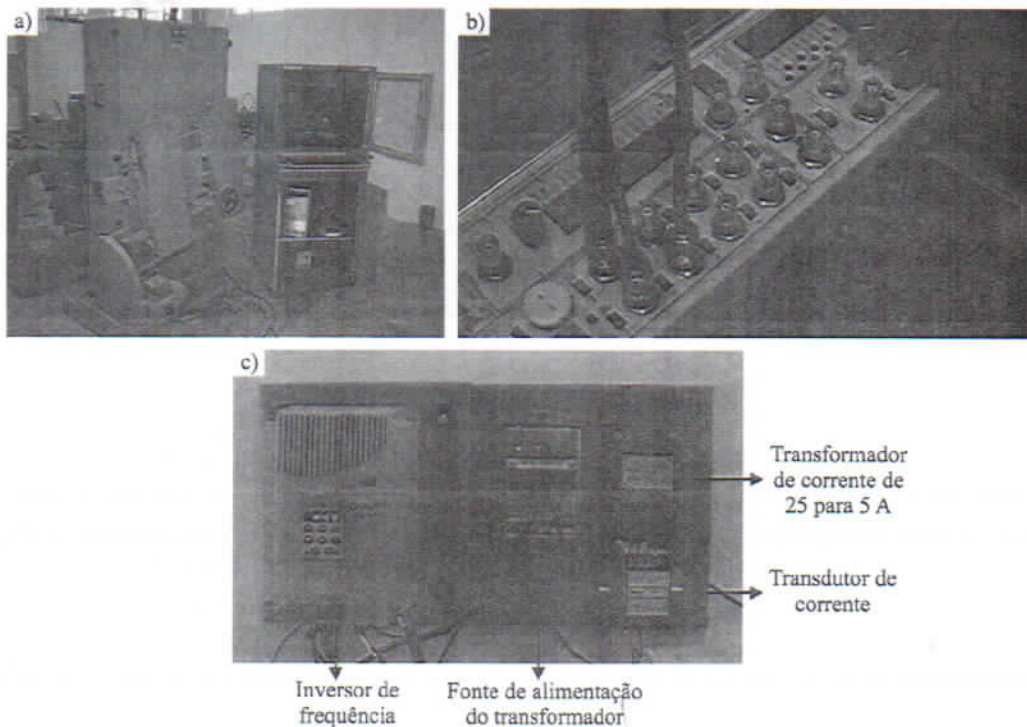


Figura 2 – (a) Banco de ensaios utilizado, (b) placa de aquisição de dados, (c) painel de comando dos equipamentos.

Figure 2 – (a) Test bench used, (b) data acquisition board, (c) control panel of the equipments.

A variação da velocidade de corte foi conseguida através de um inversor de frequência marca Weg, modelo CFW 08-25A (mostrado na Figura 2c), ligado ao motor de acionamento da lixa, que foi aferida por meio de um tacômetro óptico marca Dynapar, modelo HT 100. Para adquirir os dados de potência de corte, emissão acústica e vibração, foi utilizado um sistema de aquisição de dados constituído por um computador Pentium V com placa de aquisição de dados marca National Instruments modelo PCI-6220.

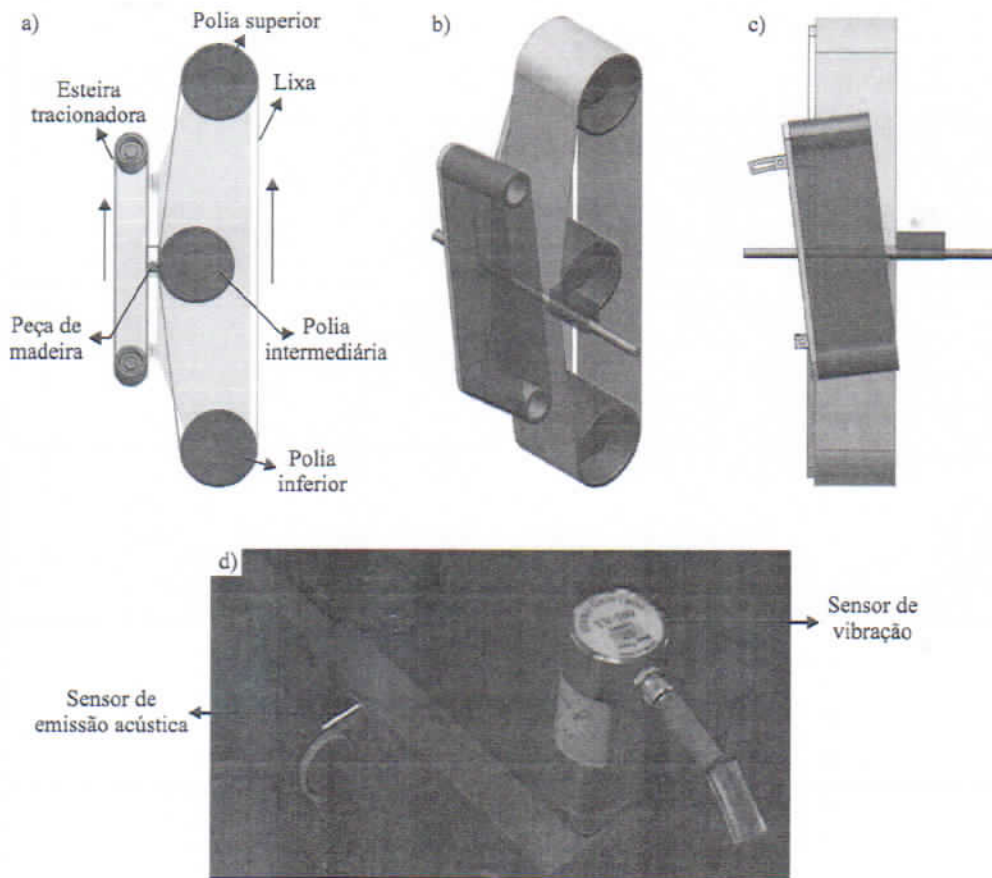
A potência de corte foi obtida por meio de um transdutor de corrente marca Ward, modelo TRX-I/U (mostrado na Figura 2c), cujo sinal foi captado pela placa de aquisição de dados e salvo durante a execução dos ensaios.

A análise de vibração foi obtida utilizando-se um sensor de vibração da marca Vibro Control modelo TV-100, como mostrado na Figura 3d. O sensor de vibração foi ligado à placa de aquisição de dados, de forma que todos os dados coletados durante o ensaio fossem armazenados para posterior análise.

A emissão acústica foi obtida por meio da instalação de um sensor de emissão acústica (mostrado na Figura 3d) e um módulo de emissão acústica da marca Physical Acoustics modelo 1272. O módulo de emissão acústica apresenta saída analógica (RMS) e foi ligado à placa de aquisição de dados de forma que todos os dados coletados durante o ensaio fossem armazenados para posterior análise.

A aquisição de dados foi realizada utilizando-se o Software LabView® versão 7.1 e o tratamento dos dados obtidos nos ensaios foi realizado com os programas do software Matlab® versão 6.5. Com o banco de ensaios montado, primeiramente, foram realizados alguns ensaios preliminares para aferição dos equipamentos, definição das condições de lixamento e para conhecer o funcionamento do banco de ensaios. Em seguida, foram realizados os ensaios definitivos e adquiridos seus respectivos dados.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial $4 \times 3 \times 3$ (velocidades de corte x conjuntos de lixas x repetições). Para as variáveis captadas em tempo real, foram adquiridos



Fonte: Adaptado de Tibúrcio (2009).

Figura 3 – (a) Funcionamento da lixadeira utilizada, (b) vista em perspectiva, (c) vista lateral, (d) sensores de emissão acústica e de vibração.

Figure 3 – (a) The operation of the sander used, (b) perspective view, (c) side view, (d) sensors of acoustic emission and vibration.

200 pontos por segundo, sendo esses dados foram armazenados em arquivos gerados pelo software LabView® e tratados por rotinas de tratamento por meio dos programas do software Matlab®.

Devido ao fato de o transdutor de corrente utilizado possuir uma faixa de trabalho (range) de 45 a 65 Hz de frequência, as quatro frequências utilizadas foram 45; 52,5; 60 e 65 Hz, que correspondem a 19,5; 22,7; 26 e 28,1 m/s, respectivamente. A determinação das velocidades de corte (em m/s) foi através da Equação 1, que segue:

$$V = (\pi * D * n) / 60 \quad (1)$$

Em que

V é a velocidade tangencial (m/s);

D é o diâmetro da polia (m);

n é a rotação por minuto (rpm).

A velocidade de avanço utilizada foi de 16 m/min (valor intermediário entre 10 e 20 m/min, que é a faixa de alimentação da lixadeira utilizada), aferida por meio de um tacômetro óptico.

Quanto à granulometria das lixas, foram utilizadas 3 combinações (80:100; 80:120 e 100:120). Para cada uma dessas combinações, tinha-se uma lixa de desbaste (de granulometria menor), seguida por uma lixa de acabamento (de granulometria maior). Para cada um dos ensaios realizados, foram feitas 3 repetições, totalizando 36 ensaios. A profundidade média de corte utilizada foi de 0,4mm.

2.3 Testes físicos e de rugosidade

Após a realização dos ensaios, os corpos-de-provas foram seccionados para análises físicas e de qualidade superficial (rugosidade). De cada corpo-de-prova foram retiradas três amostras centrais; destas, duas foram para análises de densidade aparente e umidade e uma para medição da rugosidade, como mostrado na Figura 4.

A densidade aparente dos corpos-de-prova foi determinada de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

O teor de umidade dos corpos-de-prova foi determinado de acordo com norma NBR 9656 (ABNT, 1986), em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

As amostras destinadas à medição da rugosidade foram cuidadosamente manuseadas durante o seccionamento, para não ocorrerem batidas e afetar os resultados da rugosidade após o lixamento. Elas foram submetidas à medição da rugosidade superficial, utilizando-

se um rugosímetro marca Taylor Robson modelo Surtronic 25+, como mostrado na Figura 4d.

O parâmetro de rugosidade adotado foi a rugosidade média "Ra", por melhor se ajustar aos estudos de acabamento superficial de madeiras, tendo em vista que o processo de lixamento não produz marcas periódicas como nos processos convencionais de usinagem (torneamento, fresamento, plainamento, etc). O comprimento de amostragem adotado foi de 2,5 mm (cut-off), segundo valor sugerido pela norma NBR 6405 (ABNT, 1988). O percurso de medição (lm) para cut-off 2,5 mm é de 12,5 mm, resultando na média de cinco valores adquiridos por medição. O range adotado no rugosímetro foi de 300 μm e o filtro adotado foi gaussiano.

Em ensaios preliminares, foram testados os filtros gaussiano e 2CR e, por não apresentarem diferenças significativas no perfil de rugosidade, foi adotado o filtro gaussiano, justamente por ser o filtro mais utilizado na medição de perfis de rugosidade em madeiras.

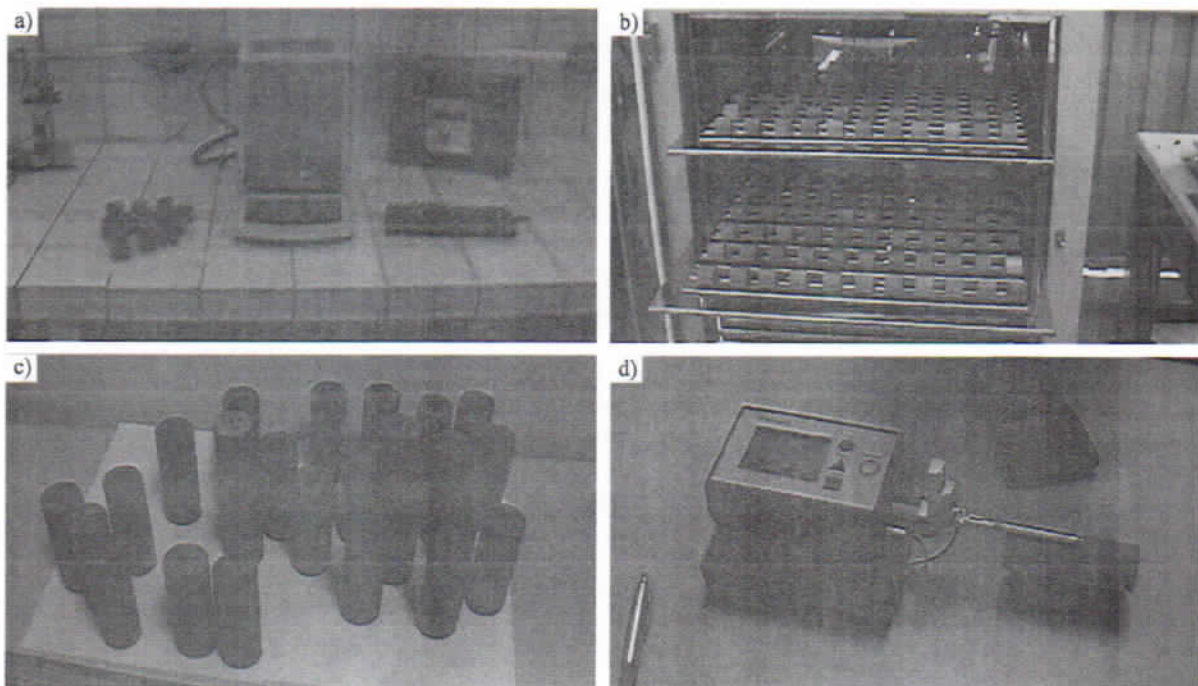


Figura 4 – (a) Amostras utilizadas para a determinação da densidade aparente dos corpos-de-prova, (b) amostras na estufa para determinação do teor de umidade, (c) amostras utilizadas para determinação da rugosidade, (d) rugosímetro Taylor Robson.

Figure 4 – (a) samples used to determine the apparent density of the specimens, (b) samples in the oven for determination of moisture content, (c) samples used for determination of roughness, (d) rugosimeter Taylor Robson.

Para cada corpo-de-prova foram realizadas oito medições de rugosidade, simetricamente ao longo do perímetro da face central do corpo-de-prova, aleatoriamente. Em seguida, foram calculados, para cada um dos 12 ensaios, a média e o desvio padrão das 24 medições (8 medições para cada 1 dos 3 corpos-de-prova). A rugosidade dos corpos-de-prova também foi medida antes da realização dos ensaios de lixamento, para análise da melhora no acabamento superficial das amostras após o lixamento. Os dados de rugosidade foram submetidos à análise de variância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão descritos nas Figuras 5 a 9. As duas maiores velocidades de corte (26 e 28,1 m/s) consumiram maior potência de corte nos três conjuntos de lixas analisados. A velocidade de corte de 22,7m/s consumiu menor potência dentre as velocidades analisadas, para os três conjuntos de lixas avaliados.

De acordo com o gráfico da Figura 6a, o conjunto de lixas 100-120 apresentou menor consumo de potência (máximo de 1700 W), se comparado aos demais conjuntos de lixas analisados (máximo consumo por volta de 2.300 W). Isso está associado à menor taxa de material que o conjunto de lixas 100-120 remove, se comparado aos demais conjuntos de lixas, justamente por possuir menores grãos abrasivos.

Quanto à forma das linhas dos gráficos da potência de corte, convém ressaltar que o pico menor (na faixa do ponto 20) refere-se à potência consumida pela primeira lixa do conjunto, isto é, a lixa de desbaste. O maior pico gerado

refere-se à potência consumida quando as duas lixas do conjunto estavam em contato com o corpo-de-prova (na faixa do ponto 40). Já o terceiro pico gerado (na faixa do ponto 60) refere-se à potência consumida pela segunda lixa do conjunto, isto é, a lixa de acabamento. Este é menor que o primeiro pico, justamente pelo fato de a lixa de acabamento retirar menos material do corpo-de-prova do que a lixa de desbaste, ou seja, criar menor aderência e menores esforços de corte durante o lixamento.

Quanto à vibração gerada nas quatro velocidades de lixamento e três conjuntos de lixas analisadas, a maior velocidade de lixamento (28,1m/s) gerou menor vibração em todos os lixamentos realizados, como se observa nas Figuras 6b e 7. A menor velocidade de corte (19,5 m/s) gerou maior vibração nos conjuntos de lixas 80-100 e 100-120. Nos gráficos de vibração, a forma das linhas refere-se aos instantes em que as lixas estavam em contato com o corpo-de-prova, durante o processo de lixamento. O maior pico foi gerado no instante em que as duas lixas tocaram simultaneamente o corpo-de-prova, o que, conseqüentemente, gerou maior vibração na lixadeira.

Para os gráficos de emissão acústica, o maior pico gerado é referente ao momento de maior contato e maiores esforços produzidos no lixamento, isto é, quando as duas lixas estavam simultaneamente em contato com o corpo-de-prova. Os resultados de emissão acústica não diferiram muito, justamente pela dificuldade de fixação do sensor de emissão acústica próximo à peça lixada.

A maior velocidade de corte (28,1m/s) gerou maior emissão acústica para todos os conjuntos de lixas analisados, como mostrado nas Figuras 8 e 9a. É de se

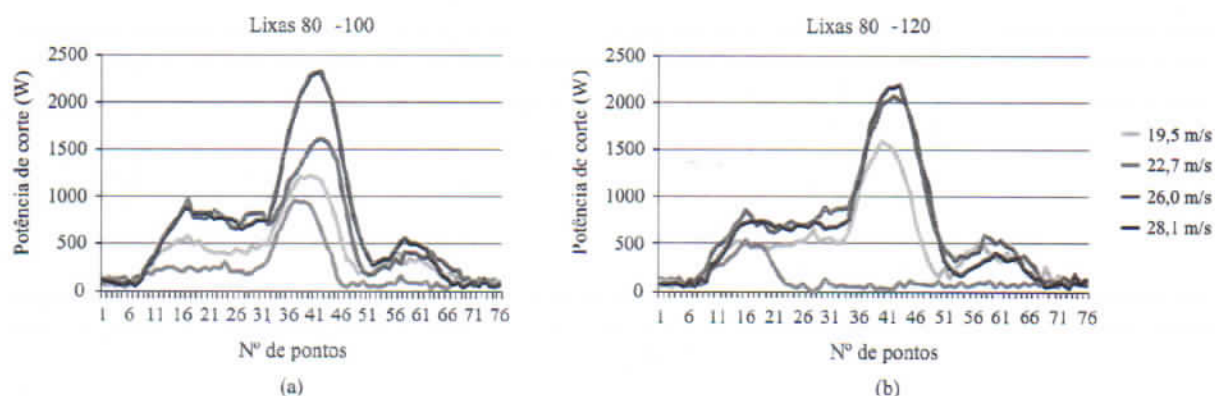


Figura 5 – Potência de corte consumida nas quatro velocidades de lixamento: (a) com lixa 80-100, (b) com lixa 80-120.

Figure 5 – Power of cut consumed in four speeds of sanding: (a) with sandpaper 80-100, (b) with sandpaper 80-120.

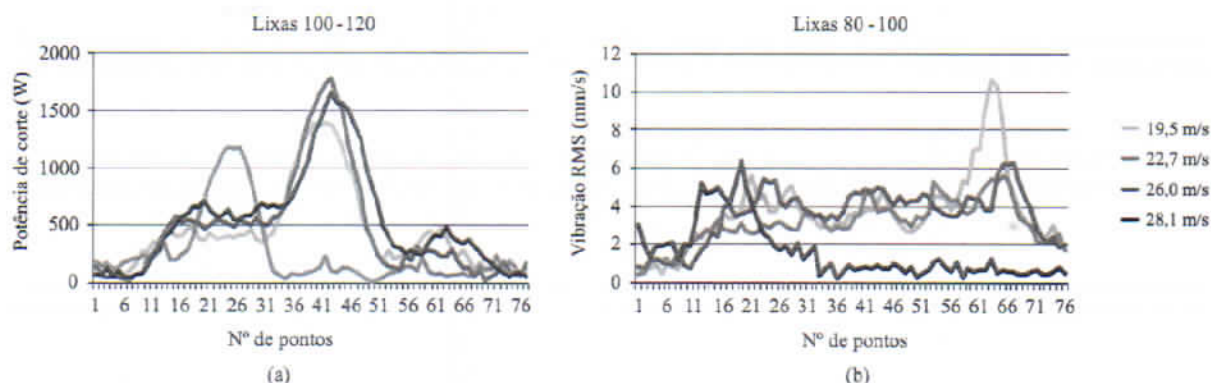


Figura 6 – (a) Potência de corte consumida nas quatro velocidades de lixamento com lixa 100-120, (b) vibração gerada nas quatro velocidades de lixamento com lixa 80-100.

Figure 6 – (a) Power of cut consumed in the four speeds of sanding with sandpaper 100-120, (b) vibration generated in the four speeds of sanding with sandpaper 80-100.

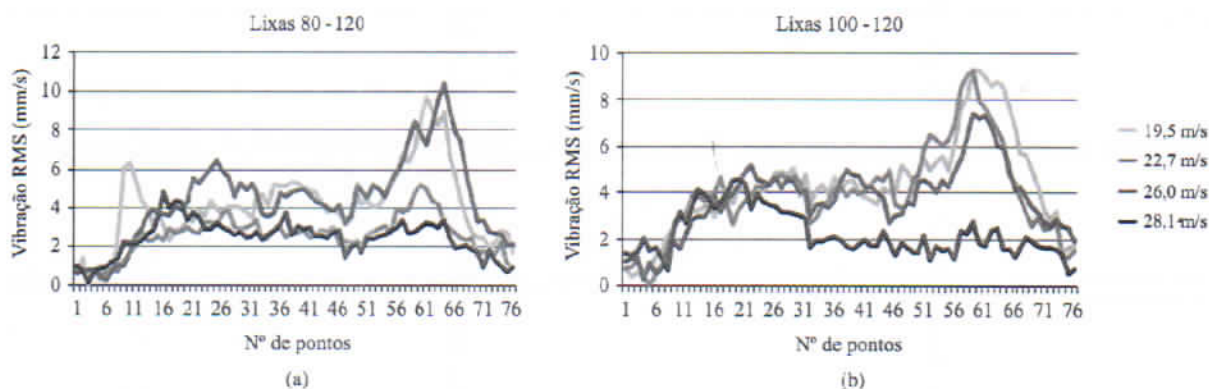


Figura 7 – Vibração gerada nas quatro velocidades de lixamento: (a) com lixa 80-120, (b) com lixa 100-120.

Figure 7 – Vibration generated in the four speeds of sanding: (a) with sandpaper 80-120, (b) with sandpaper 100-120.

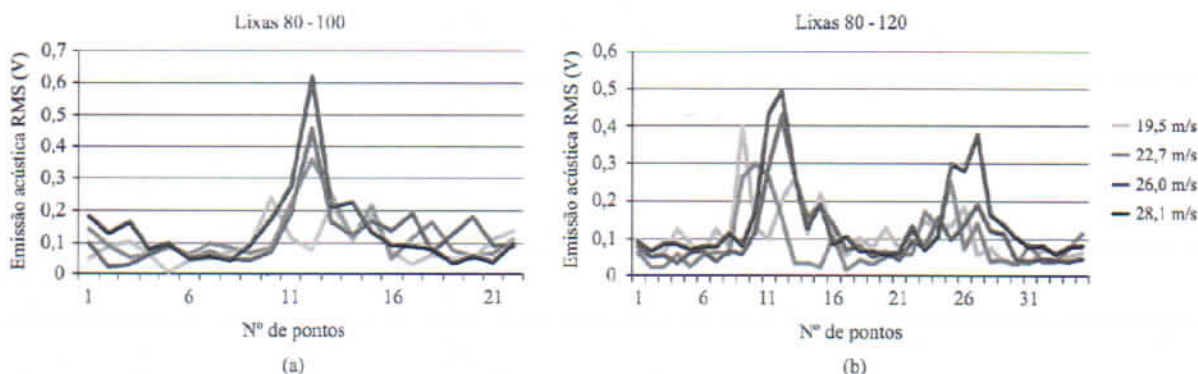


Figura 8 – Emissão acústica gerada nas quatro velocidades de lixamento: (a) com lixa 80-100, (b) com lixa 80-120.

Figure 8 – Acoustic emission generated in the four speeds of sanding: (a) with sandpaper 80-100, (b) with sandpaper 80-120.

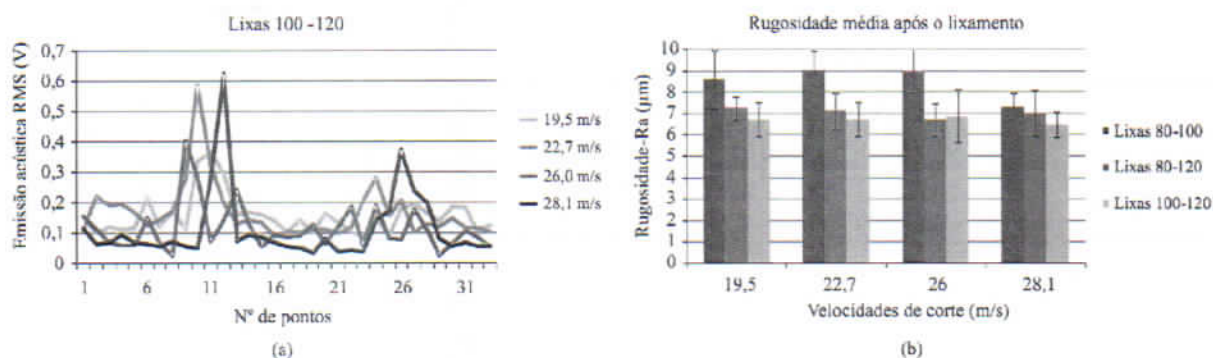


Figura 9 – (a) Vibração gerada nas quatro velocidades de lixamento com lixa 100-120, (b) rugosidade média dos corpos-de-prova após o lixamento.

Figure 9 – (a) Vibration generated in the four speeds of sanding with sandpaper 100-120, (b) average roughness of the specimens after sanding.

esperar que maiores velocidades gerem maior emissão acústica, justamente por aumentar a aderência entre a lixa e a superfície a ser lixada, remover mais material e, conseqüentemente, gerar maior emissão acústica.

Antes do lixamento, a rugosidade média dos corpos-de-prova era de $13,36 \pm 1,25 \mu\text{m}$. Após o lixamento, a rugosidade média dos corpos-de-prova foi de $7,40 \pm 1,26 \mu\text{m}$. Isso mostra a redução considerável da rugosidade dos corpos-de-prova após a operação de lixamento, ou seja, a considerável melhora no acabamento superficial das peças de *Eucalyptus grandis*. O conjunto de lixas 100-120 resultou em valor inferior de rugosidade média para todas as velocidades de lixamento analisadas, isto é, foi o conjunto de lixas que proporcionou o melhor acabamento superficial aos corpos-de-prova, como mostrado na Figura 9b.

O conjunto de lixas 80-100 conferiu maiores valores de rugosidade média para as velocidades de lixamento analisadas, isto é, pior acabamento superficial entre os conjuntos de lixas avaliados.

Na análise de variância, o fator conjunto de lixas teve influência significativa nos valores de rugosidade obtidos ($F_{2,276} = 101,02$; $p \leq 0,05$). O fator velocidade de corte apresentou efeito significativo na rugosidade de peças lixadas ($F_{3,276} = 8,36$; $p \leq 0,05$). A interação entre os dois fatores também foi significativa ($F_{6,276} = 5,85$; $p \leq 0,05$).

Para os conjuntos de lixas 80-120 e 100-120, o fator velocidade de corte não influenciou significativamente o perfil de rugosidade. O resultado da análise foi ($F_{3,276} = 1,57$; $p > 0,05$) e ($F_{3,276} = 0,88$; $p > 0,05$), para os conjuntos de lixas 80-120 e 100-120, respectivamente.

De acordo com a análise, o efeito da velocidade para o conjunto de lixas 80-100 foi significativo ($F_{1,94} = 13,78$; $p \leq 0,05$).

4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

- as duas maiores velocidades de lixamento (26 e 28,1 m/s) consumiram maior potência de corte para os três conjuntos de lixas analisados;
- a velocidade de lixamento de 22,7 m/s consumiu menor potência de corte em todos os conjuntos de lixas utilizados;
- a maior emissão acústica em todos os conjuntos de lixas foi gerada com a velocidade de corte de 28,1 m/s;
- a maior velocidade de lixamento (28,1 m/s) gerou menor vibração na lixadeira, em todos os conjuntos de lixas utilizados;
- em todas as velocidades de lixamento analisadas, o conjunto de lixas 100-120 resultou no menor valor de rugosidade média, ou seja, foi o conjunto de lixas que proporcionou o melhor acabamento superficial aos corpos-de-prova;
- ambos os fatores, conjunto de lixas e velocidade de corte e também a interação entre os fatores apresentaram influência significativa no perfil de rugosidade obtido;
- o efeito da velocidade foi significativo apenas para o conjunto de lixas 80-100.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro

aprovado e liberado (Processo Nº 473611/2008).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio à pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP) "Júlio de Mesquita Filho", campus Experimental de Itapeva, pela concessão de toda a infraestrutura de seus laboratórios e recursos necessários para a realização deste projeto.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NBR 6405: rugosidade das superfícies. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NBR 7190: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NBR 9656: determinação de umidade por secagem em estufa. São Paulo, 1986.

BIANCHI, C. E. et al. Características e tendências do processo de abrasão. *Máquinas & Metais*, São Paulo, v. 35, n. 399, p. 238-249, abr. 1999.

CARPINETTI, L. C. R. **Rugosidade superficial:** conceitos e princípios de medição. São Carlos: USP/ São Carlos, 2000. 51 p. Apostila.

DORNFELD, D. A.; LEE, Y.; CHANG, A. Monitoring of ultraprecision machining processes. *International Journal of*

Advance Manufacturing Technology, London, v. 21, p. 571-578, 2003.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira.** Bauru: USC, 2000. 242p.

GURAU, L.; MANSFIELD-WILLIAMS, H.; IRLE, M. Processing roughness of sanded wood surfaces. *European Journal of Wood and Wood Products*, Berlin, v. 63, n. 1, p. 43-52, Feb. 2005.

HENDARTO, B. et al. Analysis of roughness of a sanded wood surface. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, London, v. 28, n. 7/8, p. 775-780, 2006.

KOCH, P. **Wood machining process.** New York: Ronald Company, 1964. 530p.

MALINOVSKI, R. A. **Reflorestamento em áreas limítrofes de propriedades rurais em São José dos Pinhais (PR):** análise de percepção e de viabilidade econômica. 2002. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

TIBÚRCIO, U. F de. O. **Medição e análise do acabamento superficial da madeira de eucalipto na usinagem de torneamento cilíndrico e lixamento.** 2009, 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.