

Comportamento da madeira de Ingá (*Inga edulis* Mart) frente a ensaios de usinagem

Behavior of Ingá wood (*Inga edulis* Mart) against machining tests

Comportamiento de la madera Ingá (*Inga edulis* Mart) frente a las pruebas de mecanizado

Recebido: 30/05/2020 | Revisado: 15/06/2020 | Aceito: 26/06/2020 | Publicado: 07/07/2020

Fabiola Martins Delatorre

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-8353>

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: fabiolamdelatorre@hotmail.com

Gabriela Fontes Mayrinck Cupertino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8562-6154>

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: gabriela.mayrinck01@gmail.com

Alfredo José dos Santos Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1446-0537>

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: alf.junior12@gmail.com

Álison Moreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3671-928X>

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: alison_vni@hotmail.com

Ananias Francisco Dias Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9974-0567>

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: ananias.dias@ufes.br

Alexandre Monteiro de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4924-5362>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: amcarvalho.ufrj@gmail.com

Resumo

A madeira possui diferentes usos, como, construção civil, móveis, produção de polpa celulósica e papel e geração de energia. Nesse contexto, é crucial a avaliação de diversas propriedades de

madeiras, a fim de descobrir as potencialidades de uso no segmento madeireiro. Esta pesquisa teve o objetivo de investigar a usinagem da madeira de Ingá (*Inga edulis* Mart). A Madeira analisada foi obtida de árvores oriundas de desbastes da arborização de vias públicas do campus de Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Para avaliação da usinagem foram produzidos um total de 10 corpos de prova e analisou-se o grau de defeitos apresentados, bem como a densidade básica da madeira. A madeira de *I. edulis* apresentou resultados satisfatórios para a densidade básica e os testes de aplainamento, lixamento, furação vertical e horizontal e fendilhamento por pregos, e avaliação regular apenas para a furação para cavilha. Dessa forma, esse projeto de pesquisa estuda sobre a influência dos ensaios de usinagem na madeira de *Inga edulis* visando o seu direcionamento em diversificados segmentos madeireiros.

Palavras-chave: Trabalhabilidade da madeira; Segmento madeireiro; Desbastes; Grau de defeitos.

Abstract

Wood has different uses, such as civil construction, furniture, cellulose pulp, and paper production, and energy generation. In this context, it is crucial to evaluate different wood properties in order to discover the potential for use in the wood segment. This research aimed to investigate the machining of Ingá wood (*Inga edulis* Mart). The analyzed wood was obtained from trees originated from thinning of the afforestation in public roads on the Seropédica campus of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. For machining evaluation, a total of 10 specimens were produced and the degree of defects presented was analyzed, as well as the basic density of the wood. *I. edulis* wood showed satisfactory results for basic density and planing, sanding, vertical and horizontal drilling and nail cracking tests, and regular evaluation only for pin drilling. In this way, this research project studies the influence of machining tests on *Inga edulis* wood aiming at targeting it in diverse wood segments.

Keywords: Wood workability; Timber segment; Thinning; Degree of defects.

Resumen

La madera tiene diferentes usos, como la construcción civil, el mobiliario, la producción de pulpa y papel de celulosa y la generación de energía. En este contexto, es crucial evaluar diferentes propiedades de la madera para descubrir el potencial de uso en el segmento de la madera. Esta investigación tuvo como objetivo investigar el mecanizado de madera Ingá (*Inga edulis* Mart). La madera analizada se obtuvo de árboles provenientes del adelgazamiento de la forestación de caminos públicos en el campus Seropédica de la Universidad Federal Rural de

Río de Janeiro. Para la evaluación del mecanizado, se produjeron un total de 10 muestras y se analizó el grado de defectos presentados, así como la densidad básica de la madera. La madera de *I. edulis* presentó resultados satisfactorios para la densidad básica y las pruebas de cepillado, lijado, perforación vertical y horizontal y grietas de clavos, y evaluación periódica solo para perforación con clavos. De esta manera, este proyecto de investigación estudia la influencia de las pruebas de mecanizado en madera *Inga edulis* con el objetivo de apuntarla en diversos segmentos de madera.

Palabras clave: Trabajabilidad de la madera; Segmento de madera; Adelgazamiento; Grado de defectos.

1. Introdução

Recurso natural renovável, a madeira possui propriedades tecnológicas que a torna de extrema importância. Sua elevada resistência específica atrelada à densidade, eficiência em isolamento térmico e elétrico, assim como boa trabalhabilidade tanto de forma manual como por maquinários, fazem com que a madeira seja utilizada em diversos setores, como indústrias de papel e celulose, geração de energia térmica, segmento moveleiro e construção civil. Uma vez que as propriedades da madeira variam entre espécies (Ramage et al., 2017), estudos de qualidade da madeira são fundamentais para que o seu mercado seja valorizado. Por serem caros, demandarem tempo para sua realização, ou ainda por plantios pertencerem à uma realidade geográfica desfavorecida, fatores de qualidade da madeira não são considerados em regimes de manejo de plantações florestais comerciais, sendo consideradas apenas as dimensões e, ou massa como parâmetro de avaliação (Charlton et al., 2020), o que resulta em madeiras negociadas de modo sub ou superestimado e impondo valores indevidos de comercialização.

Nesse contexto, faz-se indispensável o levantamento de informações acerca da usinabilidade da madeira de Ingá (*Inga edulis* Mart), de modo à aprimorar tomadas de decisão da escolha da espécie para o uso como matéria-prima. A espécie pode facilmente compor Sistemas Agroflorestais (SAFs) e é indicada para recuperação de áreas degradadas, pois possui grande potencial de favorecer a riqueza e a abundância de espécies nos diferentes ecossistemas, o que garante a regeneração natural próximo às espécies de ingá (Silva & Trindade, 2020).

Usinar a madeira não é somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície (Dias Júnior et al., 2013; Eschelbacher et al., 2019). O estudo de madeiras destinadas ao segmento moveleiro, ainda é de fundamental importância para

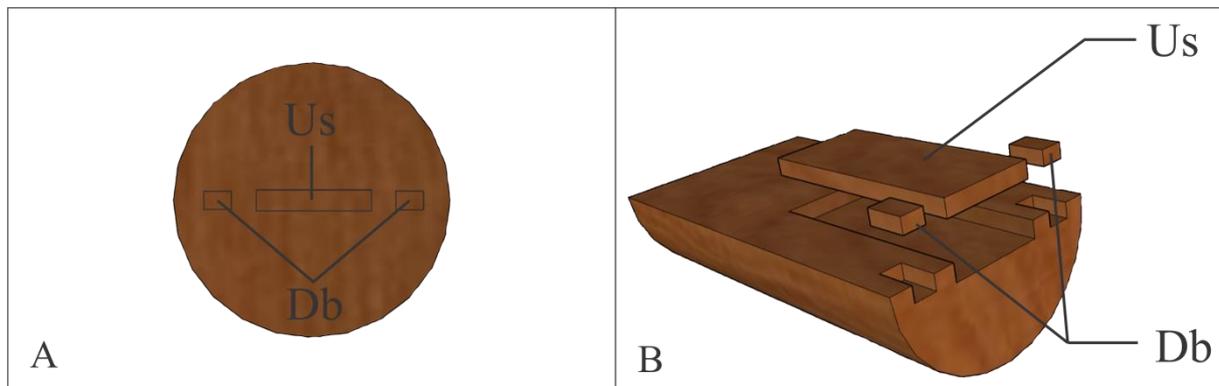
o melhor aproveitamento da matéria-prima, a qualidade do produto de madeira maciça, custos reduzidos e avanço na sustentabilidade do setor. Entende-se, que os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão ligados aos seguintes parâmetros: variações das propriedades da madeira, condições das máquinas (desgastes dos componentes, balanceamento e alinhamento), ferramentas de corte (conservação do gume de corte e a escolha da ferramenta adequada) e treinamento do operador (regulagem e o ajuste das máquinas) (Sofuoglu, 2016; Kujawińska et al., 2017; Paul et al., 2019).

O processo de transformação da madeira em móveis permite a agregação de valor ao produto, incumbindo à usinagem grande parte desta “geração de valor”. É importante que a usinabilidade da madeira seja compatível com as necessidades de qualidade, custo e produtividade. Assim, faz-se necessário desenvolver estudos com a finalidade de caracterizar o efeito das propriedades das diferentes espécies utilizadas sobre a usinabilidade das mesmas (Csanády et al., 2019; Paul et al., 2019). O objetivo desse trabalho foi investigar as respostas da madeira de *Inga edulis* Mart por meio de ensaios de usinagem, visando o seu direcionamento para a aplicação em diversos segmentos madeireiros.

2. Metodologia

O material utilizado foi obtido de árvores utilizadas na arborização das ruas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no município de Seropédica, localizada entre as coordenadas 22° 45' 48.74" de latitude sul e 43° 41' 19.01" de longitude oeste de Greenwich, cortadas durante a prática de desbaste, com diâmetro de 26,7 cm, 12, 8 m de altura e idade em torno de 12 anos. Utilizou-se um total de três árvores, sendo aproveitada uma tora da região basal de cada árvore. As toras foram transportadas para o Laboratório de Processamento da Madeira (LPM) do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas da UFRRJ, onde foram desdobradas e produziu-se um total de dez corpos de prova, predominantemente no sentido radial, apresentando 30 cm de comprimento, 12,5 cm de largura e 2,3 cm de espessura, dimensões especificadas pela norma *American Society for Testing and Materials (ASTM) D 1666-87* (ASTM, 1994). Foram observados critérios como posição e defeitos, evitando-se retirar peças dos extremos e provenientes de partes defeituosas da tora (Figura 1). Os corpos de prova permaneceram acomodados no LPM até atingirem a umidade de equilíbrio com o clima local, sendo em seguida realizados os ensaios de usinagem.

Figura 1. Esquema de amostragem dos corpos de prova em uma tora, em que: A = representação de uma tora em seção transversal; B = representação de uma tora em perspectiva; Us = corpo de prova para ensaio de usinagem e Db = corpo de prova para ensaio de densidade básica.



Fonte: Os autores.

Determinação da densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira foi determinada de acordo com a Norma Técnica Brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997), em que corpos de prova de dimensões 20 x 30 x 50 mm foram produzidos. As amostras foram pesadas apresentando 12% de umidade, na condição de equilíbrio com o ambiente, sendo submersas em água para saturação até ser obtida massa constante. Posteriormente, o volume dos corpos de prova foi mensurado pelo deslocamento em água sobre balança de precisão. As amostras foram secas em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ e mantidas nesta condição até a madeira alcançar a condição anidra, conferida pela massa constante. Por fim calculou-se a densidade básica pela relação da massa seca com o volume saturado das amostras.

Ensaio de usinabilidade da madeira

Os ensaios de usinabilidade da madeira foram conduzidos de acordo com a norma ASTM D 1666-87 (ASTM, 1994) e o trabalho de Dias Júnior et al. (2014) utilizando-se maquinário específico para cada teste (Figura 2).

Figura 2. Máquinas utilizadas nos ensaios de usinagem, em que: A = plaina desengrossadeira; B = lixadeira de cinta; C = furadeira vertical de coluna; D = furadeira horizontal.



Fonte: Os autores.

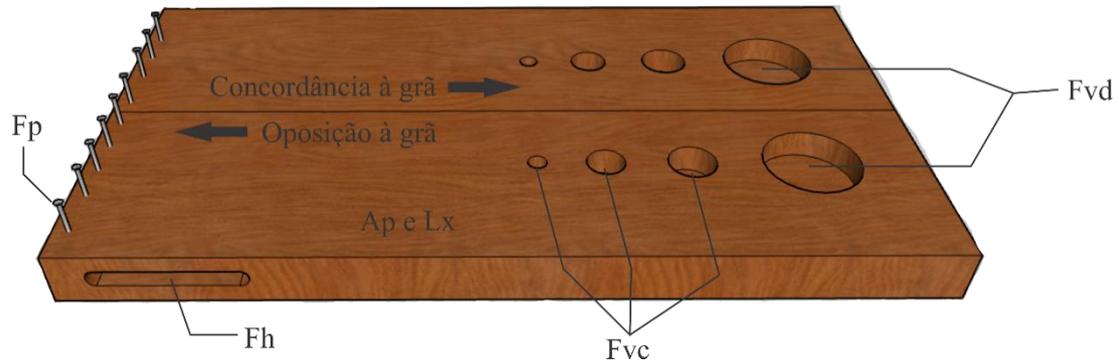
Ao final dos testes de usinagem, os corpos de prova foram classificados em função de parâmetros estabelecidos pela norma D 1666–87 (ASTM, 1994) e no trabalho de Marques & Melo (1997), como descrito na Tabela 1. Um esquema de um corpo de prova ensaiado pode ser observado na Figura 3.

Tabela 1. Classificação da madeira em função da quantidade de defeitos presentes.

Nota	Grau	Significado
1	Excelente	Ausência de defeitos
2	Bom	Presença de menos de 50% de defeitos
3	Regular	Presença de 50% de defeitos
4	Ruim	Presença de mais de 50% de defeitos
5	Muito Ruim	Presença de 100% de defeitos

Fonte: Adaptado de ASTM (1994) e Marques & Melo (1997).

Figura 3. Esquema de corpo de prova após testes de usinagem. Em que: Ap = teste de aplainamento; Lx = lixamento; Fvd = furação vertical para dobradiça; Fvc = furação vertical para cavilha; Fh = furação horizontal; e Fp = fendilhamento por pregos.



Fonte: Os autores.

Foi utilizada uma plaina desengrossadeira de duas facas, com velocidade de alimentação de 6 m min^{-1} e rotação de 3600 rpm, com espessura de corte de 3 mm e o ângulo de ataque de 30° . Essa operação foi realizada primeiramente em metade da largura das peças ao longo do sentido longitudinal em concordância com a orientação da grã e posteriormente, na outra metade das peças em oposição à orientação da grã. Nesta operação os corpos de prova foram avaliados em três situações: presença de defeitos, arrancamento de grã e arrepiamento das superfícies das peças, para as quais foram atribuídas as seguintes notas:

- Nota 1 – superfície isenta de quaisquer defeitos;
- Nota 2 – presença de arrepiamento leve a médio;
- Nota 3 – presença de arrepiamento forte e arrancamento leve;
- Nota 4 – presença de arrepiamento forte e arrancamento leve a médio;
- Nota 5 – presença de arrancamento forte, independente da presença de arrepiamento.
-

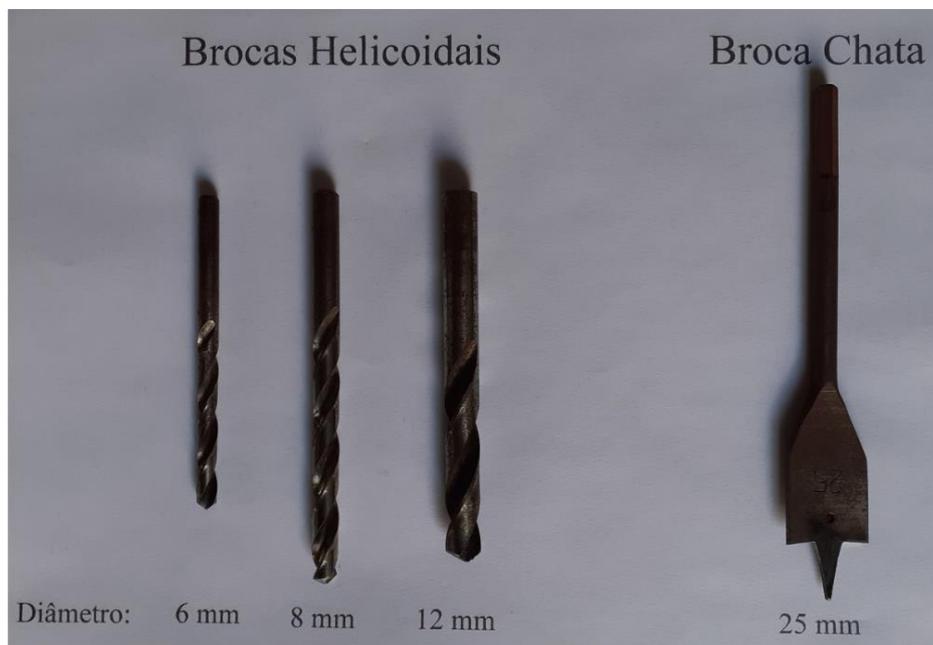
Para o ensaio de lixamento foi utilizada uma lixadeira de cinta, com lixa de 2,70 m de comprimento e 15 cm de largura, com velocidade de desbaste de 1400 m min^{-1} e grão 60. A face lixada por meio de pressão foi a mesma utilizada no teste de aplainamento e o processo ocorreu durante o período de 60 segundos. Nesse teste avaliou-se o riscamento de superfície e grã felpuda, e para cada situação foram conferidas as seguintes notas:

- Nota 1 – superfície sem defeitos;

- Nota 2 – leve; superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça;
- Nota 3 – média; presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça;
- Nota 4 – severa; presença de riscamento ou grã felpuda em toda ou grande parte da peça.

Para o teste de furação vertical utilizou-se furadeira de coluna de 1 hp, para a furação de cavilha foram utilizadas brocas helicoidais de aço, com 6, 8, e 12 mm de diâmetro, para a furação de dobradiça foi utilizada uma broca chata de 25 mm de diâmetro (Figura 4).

Figura 4. Exemplo de brocas utilizadas nos testes de furação.



Fonte: Os autores.

As amostras de madeira foram perfuradas por cada broca em dois pontos localizados a uma distância mínima de 25 mm de suas bordas e entre os furos. Nos testes foram avaliadas a ausência ou presença de queima da madeira, além da sua intensidade; o arrancamento de grã; a ocorrência de grã felpuda e de esmagamento da grã, atribuindo, de acordo com os defeitos encontrados, notas de 1 a 4:

- Nota 1 - superfície isenta de defeitos;
- Nota 2 – leve; superfície com queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento da grã em uma parte pequena da peça;

- Nota 3 – média; presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento da grã, em metade da superfície da peça;
- Nota 4 - severa; presença de queima da madeira, arrancamento de grã, grã felpuda e esmagamento da grã, em toda ou grande parte da peça.

Para avaliar a furação horizontal, utilizou-se uma furadeira horizontal Raimann de movimentos manuais, com velocidade máxima de rotação de 3400 rpm e profundidade máxima do cursor de furação de 18 cm, equipada com broca helicoidal de aço de 8 mm e corte a direita. As furações horizontais foram executadas no sentido radial do corpo de prova, em lado oposto ao que foram feitos os furos verticais. Para avaliação qualitativa da superfície das furações horizontais foram atribuídas notas de um a cinco em função do levantamento de fibras nas bordas do rasgo, sendo:

- Nota 1 (excelente): ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo;
- Nota 2 (boa): presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer;
- Nota 3 (regular): presença de levantamento forte em uma face e leve em outra;
- Nota 4 (ruim): presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento;
- Nota 5 (muito ruim): presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo.

O teste de fendilhamento por pregos consiste em transpassar pregos nas extremidades de cada amostra, distanciados a 10 mm da borda e 20 mm entre si, no sentido tangencial do corpo de prova. Foram inseridos no corpo de prova pregos com 2,4 mm de diâmetro e 35 mm de comprimento com auxílio de um martelo de 425 g. A avaliação da aceitação de pregos foi feita em relação à presença de rachaduras na superfície de penetração, sendo: I) aceita pregos: quando não havia rachadura; II) não aceita pregos: quando havia rachaduras.

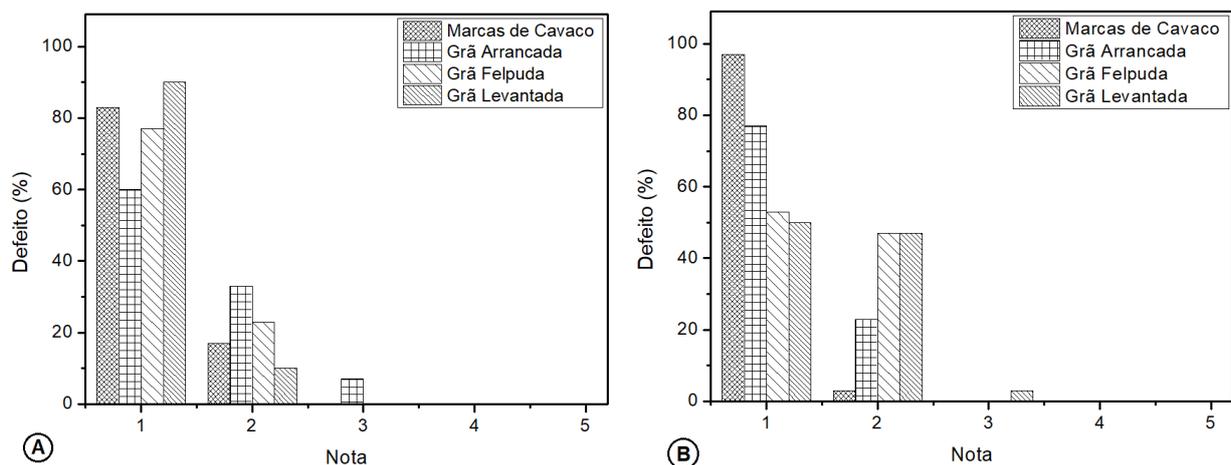
3. Resultados e Discussão

A densidade básica da madeira de *I. edulis* apresentou média de 0,59 g cm⁻³. Charlton et al. (2020) e Costa et al. (2020) classificam como madeiras de baixa densidade aquelas que possuem valores menores que 0,550 g cm⁻³, de média densidade as que apresentam valores

entre 0,55 e 0,72 g cm⁻³, e de alta densidade aquelas cujo valores são superiores a 0,73 g cm⁻³. Madeiras de baixa densidade são mais difíceis de serem trabalhadas, apresentando superfície felpuda resultante o processo de usinagem, enquanto as madeiras de densidade alta geram o desgaste das ferramentas devido a sua dureza. Dessa forma, a densidade média da madeira de Ingá proporciona uma boa trabalhabilidade, ou seja, resulta em uma satisfatória qualidade superficial do material usinado, além de não causar desgaste acentuado na ferramenta de corte.

Nos testes de aplainamento, a madeira de *I. edulis* Mart obteve desempenho distintos em relação aos tipos de defeitos avaliados no sentido de concordância e oposição à grã, as figuras 5A e 5B apresentam as frequências de madeira para cada nota referente aos resultados do ensaio de aplainamento.

Figura 5. Avaliação do teste de aplainamento para a madeira de *I. edulis*, em que (A) é o aplainamento em concordância e (B) em oposição à grã.



Fonte: Os autores.

Nas avaliações de aplainamento, as madeiras obtiveram notas 1 e 2 referentes ao seu comportamento. De acordo com o teste do aplainamento no sentido da grã (concordância) observado que a maior parte das amostras obtiveram conceito excelente (ausência de defeitos), onde houve menor presença de grã levantada, logo após marcas de cavaco, grã felpuda e por fim grã arrancada.

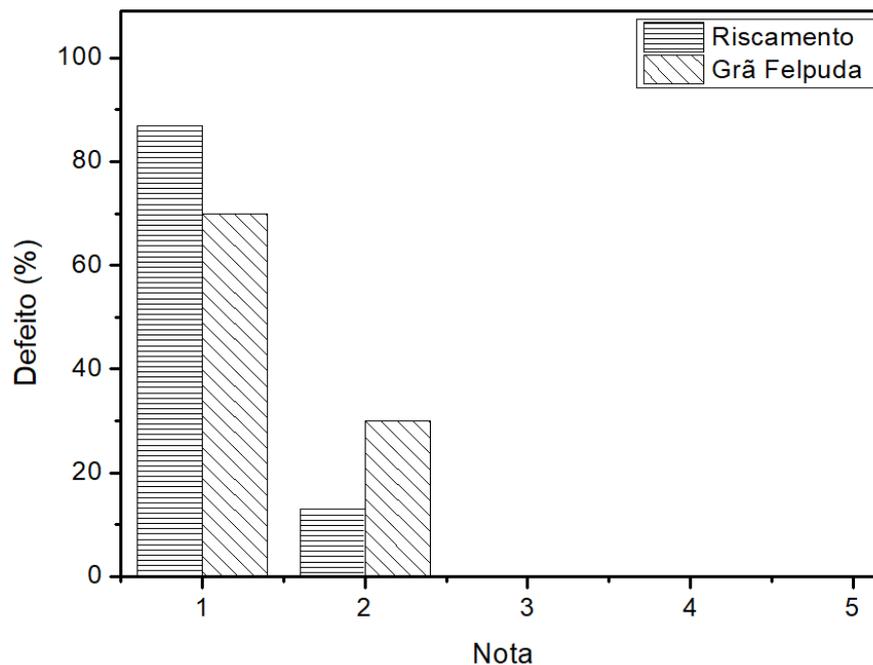
Em relação aos defeitos observados no aplainamento em oposição a grã (discordância), verificou-se maior presença de peças com conceito excelente e bom. Marca de cavaco e grã arrancada tiveram mais de 70% das amostras com nota 1, enquanto grã felpuda e grã levantada receberam nota 1 e 2 nas amostras avaliadas. O resultado encontrado no sentido de oposição da grã foi similar ao obtido para a espécie de *Khaya ivorensis*, espécie essa consolidada no

mercado madeireiro devido suas excelentes características tecnológicas, sendo indicada tanto para movelaria como para construção naval (Carvalho et al., 2010).

De forma geral, a madeira de *I. edulis* apresentou um bom desempenho na avaliação do aplainamento, apresentando notas equivalentes aos conceitos excelente e bom, em todos os defeitos avaliados. Dias Júnior et al. (2014), em seus estudos sobre usinagem da espécie *Aniba firmula*, também obteve resultados positivos em relação as análises de aplainamento, o que elucida que madeiras nativas da Amazônia podem possuir um bom desempenho nos testes de usinagem e conseqüentemente uma boa trabalhabilidade. Operações relacionadas ao aplainamento visam melhorar a qualidade do acabamento nas superfícies das peças, a fim de eliminar fibras soltas e com o mínimo de irregularidades, para isso, resultando em superfície lisa (Biazzon et al., 2019). Esses resultados indicam o bom comportamento da madeira de *I. edulis* para esse tipo de processamento, indicando que o maquinário e ferramentas de corte utilizados também foram adequados ao processamento indicado.

A Figura 6 representa a frequência dos corpos de prova classificados para cada nota e separados pelos defeitos de riscamento e grã felpuda. Os corpos de prova submetidos ao teste de lixamento obtiveram de forma geral nota 1 e 2, equivalente ao conceito excelente e bom, em relação ao defeito grã felpuda e riscamento. O processo de lixamento é muito requisitado em diversas etapas da industrialização da madeira, resultados positivos nessa operação demonstram que a espécie tem potencial para fins de acabamento superficial (Varanda et al., 2010; Taques & Arruda, 2016). Além disso, um bom comportamento da madeira frente a ensaios de lixamento é resultado do uso de equipamentos adequados, sendo satisfatório o resultado da operação (Carvalho et al., 2010). Com resultados favoráveis ao teste de lixamento será possível uma regularidade da superfície da madeira de Ingá e conseqüentemente menor consumo de materiais químicos, como verniz, tinta e cola.

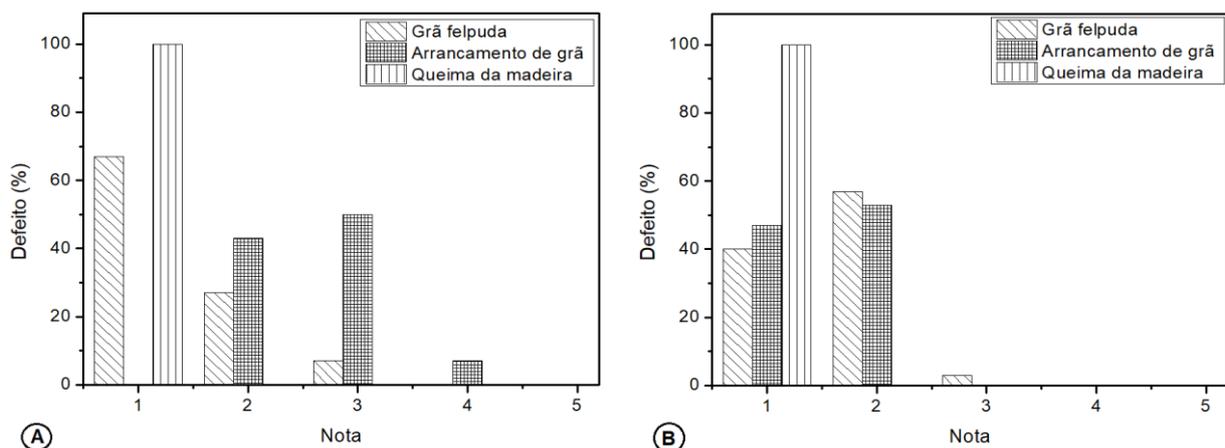
Figura 6. Avaliação do lixamento para a madeira de *I. edulis*.



Fonte: Os autores.

Na furação para cavilha e dobradiça, a frequência dos resultados obtidos foram apresentados nas Figuras 7A e 7B, respectivamente.

Figura 7. Notas atribuídas no teste de furação para cavilha (A) e de dobradiça (B).



Fonte: Os autores.

Para as análises de furação em cavilhas, a madeira de *I. edulis* teve um desempenho entre bom e regular no teste de arrancamento da grã, em que 50% das amostras obtiveram nota 3. Os defeitos de grã felpuda obtiveram notas variando de 1 a 3, apresentando resultados positivos a esses defeitos, uma vez que as amostras se concentraram no conceito excelente. A

avaliação de queima da madeira teve 100% do seu desempenho avaliado como excelente, proporcionando um melhor acabamento superficial. Em relação as análises de furação para dobradiça, a madeira de *I. edulis* apresentou bom desempenho, pois os defeitos avaliados concentraram-se em notas excelentes e boas em quase que sua totalidade.

Na furação para cavilha, a furadeira utilizada foi pouco eficiente na realização dessa operação, sendo necessário um provável aumento da rotação do aparelho. Já na furação para dobradiça observou-se notas melhores, mostrando uma provável adequação deste aparelho para este procedimento. Dias Júnior et al. (2013), afirma que os resultados pertinentes as furações estão diretamente relacionadas com a espécie, densidade da madeira e velocidade de processamento.

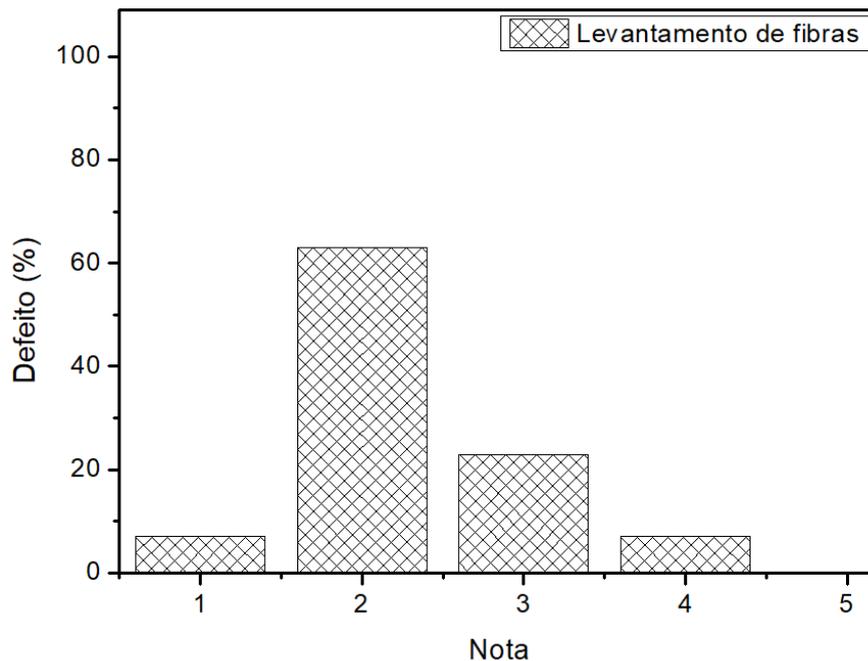
No teste do rasgo por furadeira horizontal foi avaliado o levantamento de fibras da madeira provocado por este processo (Figuras 8 e 9). Cerca de 60% dos resultados relacionados ao defeito obtiveram nota 2, equivalente a boa. No teste de fendilhamento por pregos o total de dez peças de madeira de *I. edulis* Mart analisadas, 90% não apresentaram rachaduras, enquanto as demais apresentaram. Portanto, o resultado indica que a madeira de *I. edulis* possui comportamento satisfatório em trabalhos que utilizam pregos.

Figura 8. Rasgo lateral por furação horizontal na madeira de *I. edulis*.



Fonte: Os autores.

Figura 9. Notas atribuídas aos defeitos obtidos no teste de rasgo lateral por furação horizontal.



Fonte: Os autores.

4. Considerações Finais

A madeira de *I. edulis* apresentou excelente trabalhabilidade pelos testes de usinagem, quando comparada com espécies de alto impacto no setor madeireiro. Recomenda-se a realização de novos estudos sobre a viabilidade técnica da espécie para elucidar a factibilidade do uso desse material no segmento madeireiro.

Referências

American Society for Testing and Materials, ASTM. (1994). D 1666-87: *Standard method for conducting machining tests of wood and base materials* (reapproved 1994), 226 – 245.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT. (1997). NBR 7190: *Projeto de Estruturas de Madeira*. Rio de Janeiro.

Biazzon, J. C., Araujo, V. A. D., Alves, P. R. G., Morales, E. A. M., Gonçalves, M. T. T., & Valarelli, I. D. D. (2019). Resistência mecânica à adesão em superfícies de madeira de pinus

aplainadas e unidas por adesivos PVAc. *Revista Matéria*, 24 (1), Artigo e12323. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190001.0606>.

Carvalho, A. M., Silva, B. T. B., & Latorraca, J. V. F. (2010). Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). *Cerne*, 16, 106-114.

Charlton, R. A., Naghizadeh, Z., Ham, C., & Wessels, C. B. (2020). A value chain comparison of *Pinus patula* sawlog management regimes based on different initial planting densities and effect on wood quality. *Forest Policy and Economics*, 111, 102067.

Costa, S. E. L., Santos, R. C. do, Vidaurre, G. B., Castro, R. V. O., Rocha, S. M. G., Carneiro, R. L., Campoé, O. C., Santos, C. P. S., Gomes, I. R. F., Carvalho, N. F. O., & Trugilho, P. F. (2020). The effects of contrasting environments on the basic density and mean annual increment of wood from eucalyptus clones. *Forest Ecology and Management*, 458, 117807.

Csanády, E., Kovács, Z., Magoss, E., & Ratnasingam, J. (2019). Furniture Production Processes: theory to practice. In: Csanády, E., Kovács, Z., Magoss, E. & Ratnasingam, J. (Eds.), *Optimum Design and Manufacture Of Wood Products* (pp. 367-421), Springer International Publishing.

Dias Júnior, A. F., Santos, P. V., Pace, J. H. C., Carvalho, A. M., & Latorraca, J. V. F. (2013). Caracterização da Madeira de Quatro Espécies Florestais para uso em Moveleira. *Ciência da Madeira*, 4 (1), 93-107.

Dias Júnior, A. F., Carvalho, A., Santos, P. D., & Silva, M. D. (2014). Usinagem da madeira de cinco espécies nativas brasileiras. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 18(3), 1200-1206.

Eschelbacher, S., Duntschew, J., & Möhring, H. C. (2019). Recognition of wood and wood-based materials during machining using acoustic emission. In: Wulfsberg, J., Hintze, W., Behrens BA. (eds). *Production at the leading edge of technology*, 317-325.

Kujawińska, A., Diering, M., Śywicki, K., Rogalewicz, M., Hamrol, A., Hoffmann, P., & Konstańczak, M. (2017). Methodology Supporting the Planning of Machining Allowances in the Wood Industry. In: Pérez García, H., Alfonso-Cendón, J., Sánchez González, L., Quintián, H., Corchado, E. (eds) International Joint Conference SOCO'17-CISIS'17-ICEUTE'17 León, Spain, September 6–8, 2017, Proceeding. SOCO 2017, ICEUTE 2017, CISIS 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 649. Springer, Cham.

Marques, M. H. B., & Melo, J. E. (1997). *Madeiras da Amazônia: características e utilização*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais renováveis.

Paul, L., Babu, J., & Davim, J. P. (2019). Non-conventional Micro-machining Processes. *Materials Forming, Machining And Tribology*, 109-139.

Ramage, M. H., Burrige, H., Busse W. M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., & Densley, T. D. (2017). The wood from the trees: the use of timber in construction: The use of timber in construction. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 68, 333-359.

Silva, J. C., & Trindade, M. J. S. (2020) Germinação e Caracterização Morfológica de Sementes e Plântulas de *Inga edulis Mart.* (FABACEAE). Acesso em 28 maio, em <https://even3.blob.core.windows.net/anais/136062.pdf>.

Sofuoglu, S. D. (2016) Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge glued panels which is made of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) using Taguchi design method. *European journal of wood and wood products*, 75 (1), 33-42.

Taques, A. C., & Arruda, T. P. M. (2016). Usinagem da madeira de angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*). *Revista de Ciências Agroambientais*, 14, 97-103.

Varanda, L. D., Alves, M. C. D. S., Gonçalves, M. T. T., & Frezzatti, L. F. (2010). A influência das variáveis do lixamento tubular na qualidade das peças de *Eucalyptus grandis*. *Cerne*, 23-32.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Fabíola Martins Delatorre – 18%

Gabriela Fontes Mayrinck Cupertino – 18%

Alfredo José dos Santos Junior – 18%

Álison Moreira da Silva – 18%

Ananias Francisco Dias Júnior – 18%

Alexandre Monteiro de Carvalho – 10%