



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

VITOR CESAR MAGNAN TEIXEIRA

AVALIAÇÃO DA USINAGEM DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO
(Khaya ivorensis A. Chev.)

Profº Drº Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Julho - 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

VITOR CESAR MAGNAN TEIXEIRA

AVALIAÇÃO DA USINAGEM DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO
(Khaya ivorensis A. Chev.)

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Profº Drº Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

Seropédica, RJ
Julho - 2011

AVALIAÇÃO DA USINAGEM DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO
(*Khaya ivorensis* A. Chev.)

Comissão examinadora

Monografia aprovada em 06 de julho de 2011.

Profº Drº Alexandre Monteiro de Carvalho
UFRRJ/IF/DPF
Orientador

Profº Drº Edvã de Oliveira Brito
UFRRJ/IF/DPF
Membro

Profª M.Sc. Natália Dias de Souza
UFRRJ/IF/DPF
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar até aqui.

Aos meus pais, Fernando Cesar da Fonseca Teixeira e Maria Bela de Brito Magnan Teixeira, pelo amor e suporte dado em todas as horas, sem eles nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Thales Magnan Teixeira e Ian Magnan Teixeira, companheiros pra toda vida, onde apesar das brigas, foi onde sempre encontrei abrigo e descanso nos piores dias.

Agradeço aos meus familiares, minha Vó Ivani, meus avós Jair, Valdir e Ivaní que onde quer que estejam, fazem grande parte dessa realização. Meus Tios e Tias, meus primos e primas, que para mim são como irmãos.

Aos amigos que ganhei ao longo dessa jornada acadêmica, principalmente Gabriel “Cara-de-Peixe” Bittencourt Marinonio e Gustavo “Kiko” Cantarino Barata, dois camaradas que levarei para toda a vida, como também o pessoal da família CEVADACEAE, Vinícius “Silvinho”, “Erick Balboa”, Gustavo “Capixaba”, Caio “Montanha”, Flávia “Filó”, Melina “Mel”, Ana Helena “DoBrioco”, Joel, Tammy “Sam” e Luis Gustavo “Mini-craque”, que sempre estiveram dispostos a me ajudar seja no que for.

Ao pessoal do eterno quarto M1-126 (atual M3-326), Vinícius “Cara-de-Peixe”, “Joãozinho”, “Rodney”, “Pablito”, “Pedrinho” e o agora “bichão” “Raulzinho”, rapazeada que durante toda minha vida acadêmica foram minha família, me apoiando sempre, seja para fazer festa ou para estudar.

Ao meu orientador Alexandre Monteiro de Carvalho, que além dessa responsabilidade, tornou-se grande amigo, sempre compreensível com atrasos e faltas.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. (mogno africano) nos ensaios de usinagem de aplainamento e lixamento, com ênfase na avaliação superficial das peças, adotando diferentes velocidades de alimentação e parâmetros de corte, através de metodologia alternativa, baseada no rugosímetro de agulha. Avaliou-se a madeira derivada da segunda tora a partir do DAP de um indivíduo da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev., vulgarmente conhecida como mogno africano, situado no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, de aproximadamente 15 anos, abatido e desdobrado pelo Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira (DPF/IF/UFRRJ). Foram obtidas 20 amostras com dimensões de 50 x 30 x 20 mm, perfeitamente orientadas nos três planos de corte (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial) para caracterização física do material, além de 30 corpos-de-prova de dimensões 600 x 120 x 25 mm para os testes de usinagem: aplainamento e lixamento. As análises foram feitas através de testes de lixamento (lixa de grão 80) e fresamento periférico (aplainamento) em dois sentidos: a favor da orientação da grã e contra a orientação da grã, sendo estes sob três velocidades de avanço diferentes, 6.0, 12.4 e 24.0 m/min. As amostras destinadas a caracterização física determinaram que a madeira de mogno africano avaliada apresentou densidade aparente e básica de, 0,820 g/cm³ e 0,674 g/cm³ respectivamente, e retração volumétrica de 12,58 %, valores semelhantes ao de madeiras já conhecidas e utilizadas na indústria da construção civil e moveleira como *Swietenia macrophylla* King., o mogno brasileiro (DENSap = 0,85 g/cm³), e *Hymenolobium spp.*, vulgarmente conhecido como angelim pedra (DENSbas = 0,59 g/cm³), e o *Erismia uncinatum* Warm.. também conhecido com cedrinho (RetVol = 12,5%), os resultados sobre a qualidade superficial mostraram que as amostras usinadas sob velocidade de avanço menor geraram menos defeitos como pode ser observado tanto pelos valores de parâmetros da rugosidade determinados quanto nas imagens digitais obtidas, além disso a metodologia apresentou resultados semelhantes aos gerados por aparelhos eletrônicos de mesma função.

Palavras-chave: mogno-africano, rugosidade, velocidade de avanço.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the overall wood of *Khaya ivorensis* A. Chev. (African mahogany) in the machining tests planing and sanding, with emphasis on evaluation of the superficial parts, adopting different feed speeds and cutting parameters through an alternative methodology, based on the roughness of the needle. We evaluated the second derivative of log timber from the DAP of an individual species *Khaya ivorensis* A. Chev., Commonly known as African mahogany, located on the campus of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, about 15 years, shot and deployed by the Laboratory for Mechanical Processing of Wood (DPF / IF / UFRRJ). We obtained 20 samples with dimensions of 50 x 30 x 20 mm, perfectly oriented in the three section planes (transverse, longitudinal tangential and radial) for physical characterization of the material, and 30 samples with dimensions 600 x 120 x 25 mm for machining tests: planing and sanding. Analyses were made by testing for sanding (80 grit sandpaper) and peripheral milling (planing) in two senses: for the orientation of the grain and against the grain orientation, which are under three different feed rates, 6.0, 12.4 and 24.0 m / min. The samples for physical characterization determined that the African mahogany wood evaluated and presented basic density, 0.820 g/cm³ and 0.674 g/cm³ respectively, and volumetric shrinkage of 12.58%, values similar to those already known and wood used in the construction industry and furniture as *Swietenia macrophylla* King., brazilian mahogany (DENS_{ap} = 0.85 g/cm³), and *Hymenolobium spp.*, commonly known as rock angelim (DENS_{bas} = 0.59 g/cm³), and *Erisma uncinatum* Warm., also known as cedar (RetVol = 12.5%), the results on the surface quality of machined samples showed that the forward speed in smaller defects generated less as can be observed both by the values of roughness parameters determined as in the digital images obtained Furthermore the methodology presented results similar to those generated by electronic devices of the same function.

Key-words: African mahogany, roughness, forward speed.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1 Características da espécie <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.....	2
3.2 Propriedades físicas.....	4
3.3 Usinagem.....	4
3.3.1 Fresamento periférico ou aplainamento.....	4
3.3.2 Lixamento.....	5
3.3.3 Parâmetros da qualidade superficial.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4.1 Material.....	7
4.2 Caracterização física da madeira.....	8
4.2.1 Densidade aparente.....	8
4.2.2 Densidade básica.....	9
4.2.3 Estabilidade dimensional.....	9
4.3 Aplainamento.....	10
4.4 Lixamento.....	10
4.5 Parâmetros da rugosidade.....	11
4.5.1 Avanço por dente.....	14
4.5.2 Arco ciclóide.....	14
4.5.3 Ra, Rt e Rz.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1 Densidade aparente, básica e estabilidade dimensional.....	16
5.2 Avanço por dente (f_z) e Comprimento do arco ciclóide (t).....	18
5.3 Efeito da velocidade de avanço nos parâmetros da rugosidade.....	21
5.4 Análise de Imagens das Superfícies geradas	19
6. CONCLUSÕES.....	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
8. ANEXO	27

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Características da espécie de *Khaya ivorensis* A. Chev. (A) Povoamento. (B) Madeira serrada. (C) Semente. (Fonte: <http://www.ipef.com.br>; <http://www.multiflorestal.com>).....3
- Figura 2.** Visualização anatômica da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev. (A) Seção transversal macroscópica. (B) Seção transversal microscópica. (C) Seção longitudinal tangencial. (D) Seção longitudinal radial (Fonte: <http://www.insidewood.lib.ncsu.edu>).....4
- Figura 3.** Movimentos de corte de uma fresa (Fonte: STOETERAU, 2007).....5
- Figura 4.** Grandezas de usinagem de um aplainamento: avanço por dente (fz), profundidade do arco colóide (t); (Fonte: adaptação de WEISSENSTEIN, 2000 citado por SILVA, 2002).....8
- Figura 5.** Rugosidade média ou Ra, parâmetro da qualidade superficial baseado na linha média encontrada pela média aritmética dos módulos dos desvios do perfil, ao longo do comprimento avaliado. (Fonte: REBRAC, 2004).....9
- Figura 6.** Rt, determinado pela maior amplitude nas irregularidade do comprimento avaliado (Fonte: REBRAC, 2004).....10
- Figura 7.** Rz, média aritmética entre os cinco pontos de maior amplitude (Fonte: REBRAC, 2004).....11
- Figura 8.** Seqüência de imagens do desdobro primário das toras, com auxílio de uma máquina moto-serra e operador capacitado.....13
- Figura 9.** Seqüência de imagens sobre a confecção dos corpos-de-prova, em uma máquina de serra circular e operadores capacitados.....14
- Figura 10.** Caracterização física da madeira. (A) eixos de medição bem definidos nas amostras; (B) pesagem das amostras com auxílio de uma balança de precisão; (C) mensuração das dimensões das amostras com paquímetro.....15
- Figura 11.** Plaina desempenadeira utilizada na realização dos testes.....12
- Figura 12.** Em detalhe, avanço automatizado com regulagem para três velocidades de alimentação diferentes.....12
- Figura 13.** Máquina de lixa utilizada para realização dos testes de lixa.....13
- Figura 14.** Metodologia adotada para mensuração da rugosidade superficial de peças de madeira baseada no rugosímetro de agulha.....14

Figura 15.	Imagem ilustrativa do tipo de amostragem utilizado para coleta dos dados.....	15
Figura 16.	Perfil da rugosidade gerado com os dados processados a partir da metodologia descrita pelo autor (A); perfil da rugosidade gerado por um rugosímetro eletrônico (B).....	15
Figura 17.	Esquema representativo de alguns possíveis defeitos encontrados em operações de aplainamento e lixamento; grã arrancada (A), grã comprimida (B), grã felpuda (C), e grã riscada (D), marcas de cavacos (E). (PALERMO, 2010).....	16
Figura 18.	Gráfico representativo do avanço por dente, em milímetros, para cada velocidade de alimentação.....	19
Figura 19.	Classificação do acabamento segundo o avanço do dente da lâmina ao longo da peça processada. (Fonte: SENAI, 1995).....	19
Figura 20.	Gráfico relativo a profundidade do arco ciclóide, ou da marca da faca na superfície para cada velocidade de avanço testada.....	20
Figura 21.	Gráfico relacionando as velocidades com parâmetros encontrados.....	21
Figura 22.	Velocidade de avanço 6 m/min.(A) Aplainamento no sentido a favor da orientação da grã; (B) aplainamento contra a orientação da grã; (C) lixamento com lixa de grão 80.....	22
Figura 23.	Velocidade de avanço 12,4 m/min. (A) aplainamento a favor da orientação da grã; (B) aplainamento contra orientação da grã.....	22
Figura 24.	Corpos-de-prova aplainado sob velocidade de avanço de 24 m/min, detalhe para os defeitos gerados em toda superfície, tanto no sentido a favor, quanto contra a orientação das fibras.....	23

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores de densidade aparente e densidade básica das amostras de mogno africano.....16
- Tabela 2.** Valores de variação volumétrica encontrados na análise de estabilidade dimensional.....17
- Tabela 3.** Estatística descritiva (média e desvio padrão) para os parâmetros Ra, Rt e Rz da rugosidade em relação as diferentes velocidades de avanço avaliadas.....19

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais as madeiras provenientes de reflorestamento se revelam promissoras e o futuro reside no uso crescente das mesmas, este quadro vem se consolidando uma vez que a antiga vantagem comparativa representada pelo uso da madeira de florestas nativas torna-se cada vez mais ineficiente (SOUZA, 2007).

A utilização de novas espécies para fabricação de móveis ou para outros fins é definida pelo conhecimento da forma de beneficiar sua madeira, que por ser um material extremamente heterogêneo e de propriedades anisotrópicas, isto é, possui comportamento diferente nos planos radial, tangencial e longitudinal, torna-se necessário a identificação das variáveis tecnológicas que tornarão possíveis melhorias nos indicadores de qualidade e produtividade.

A espécie *Khaya ivorensis* A. Chev., ou mogno africano tem sido indicada para plantio em função do seu bom desenvolvimento e produção de madeira bela, resistente e de alto valor no mercado internacional, apesar de sua verdadeira finalidade ao ser introduzida no Brasil foi a fato de ser uma alternativa resistente a pragas que atacavam o mogno nativo (*Swietenia macrophylla* King.). Trata-se da espécie exótica de mogno que apresenta melhor crescimento no Brasil e a mais procurada pelos reflorestadores. Em condições favoráveis tem tido incremento de até 40 m³/ha/ano. O metro cúbico da madeira do mogno africano pode atingir cerca de US\$ 2.000,00. Os Estados Unidos importam cerca de 1,7 milhões de metros cúbicos de madeira tropical, sendo 80% compensado e o restante predominantemente madeira serrada (RECH, 2006).

Segundo Silva et al. (2008), usualmente, a classificação de uma superfície usinada quanto sua qualidade é feita por meio subjetivo através da norma ASTM D1666-87 (1985), avaliação que pode apresentar diferentes interpretações dependendo do observador; ou por meio da determinação do avanço por dente (fz). Sendo assim, o autor descreve uma nova técnica de análise de superfícies usinadas de madeira, baseada em parâmetros já conhecidos e comprovados de rugosidade: Rugosidade Média (Ra), Rugosidade Total (Rt) e Rugosidade Média Parcial (Rz).

A rugosidade, isto é, irregularidades superficiais, não vem sendo tão utilizada como forma de avaliação em peças de madeira, tanto quanto para outros materiais, mesmo sendo tal propriedade a de maior precisão para tal análise. Rugosímetros de agulha, perfilometria óptica, análise de imagens, técnicas usando câmera de vídeo, pneumática, ultrassom, e microscopia são alguns dos métodos utilizados para avaliar a rugosidade superficial de produtos de madeira. No entanto, mesmo com a disponibilidade de todos esses métodos, não existe registro de uso frequente na indústria (KILIC et al., 2006).

A rugosidade da superfície da madeira é influenciada pela estrutura anatômica, particularmente pelas cavidades celulares (TAYLOR et al., 1999), associado a isso, o tipo de usinagem empregada durante o processamento, também é responsável pela qualidade do produto final (KILIC et al., 2006).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. (mogno africano) nos ensaios de usinagem de aplainamento e lixamento, com ênfase na avaliação superficial das peças, adotando diferentes velocidades de alimentação e parâmetros de corte.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. quanto suas propriedades físicas de densidade aparente, densidade básica e estabilidade dimensional.
- Desenvolver a avaliação da rugosidade da madeira através do método de leitura por agulha acoplada a um relógio comparador e uso de mesa dendrométrica;
- Discutir as superfícies aplainadas quanto a qualidade do acabamento gerado;
- Realizar as análises de imagem da superfície das peças processadas através de fotografias digitais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características gerais da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev.

A espécie *Khaya ivorensis* A. Chev., conhecida vulgarmente como mogno-africano, bisselon, mogno-seco-da-zona e mogno-de-Gambian, é uma espécie florestal exótica no Brasil que pertence a Família Meliaceae.

O gênero *Khaya* é nativo da África e Madagascar sendo que outras espécies deste gênero também são conhecidas como mogno-africano (*K. anthotheca*, *K. senegalensis*, *K. madagascariensis* e *K. nyasica*) apresentando grande interesse econômico na indústria madeireira (GUIMARÃES et al., 2004).

O mogno-africano suporta bem as condições de estiagem (de 4 a 6 meses), período no qual a planta paralisa seu crescimento. Havendo irrigação suplementar, a espécie emite novas brotações mesmo nos meses mais frios do ano. Cresce melhor em solos bem estruturados e drenados, porém suporta bem as condições onde os teores de argila são menores que 68% e breves períodos de alagamento. A partir dos 7 e 8 anos de idade, período que corresponde ao início da frutificação, a planta apresenta rápidos incrementos em diâmetro e abertura da copa. Aos 16 anos, apresenta DAP de cerca de 60 cm. Estima-se, que entre 16 e 20 anos de idade as árvores de mogno-africano apresentem boas dimensões para a obtenção de madeira serrada.

A madeira de *Khaya ivorensis* é moderadamente pesada, com densidade a 12% que varia de 570 a 800kg/m³ (0,57 a 0,80 g/cm³). Sendo fácil de trabalhar e secar, permite bons acabamentos, cola satisfatoriamente e apresenta elevada durabilidade. O alburno tem coloração marrom-amarelada e, o cerne, coloração marrom-avermelhada. A madeira apresenta porosidade difusa, parênquima indistinto e resina. Devido às características tecnológicas e à beleza da madeira, é usada em movelaria fina, faqueado, construção naval e civil, em revestimentos internos e decorativos. Os descartes de serraria podem ser utilizados na fabricação de compensados ou como fonte energética.

A Figura 1 ilustra em detalhe algumas características da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev.



Figura 1. Características da espécie de *Khaya ivorensis* A. Chev.: (A) povoamento. (B) madeira serrada. (C) sementes. (Fonte: <http://www.ipef.com.br> e <http://www.multiflorestal.com>).

O mogno-africano (*K. ivorensis*) foi introduzido no Brasil para substituir o mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) devido a sua alta resistência ao microlepidóptero *Hypsiphyla grandella*, conhecido vulgarmente como praga-do-broto-terminal ou broca-do-ponteiro, a principal praga do mogno-brasileiro.

A madeira de mogno-brasileiro (*S. macrophylla*) se tornou artigo de luxo e, devido às fortes restrições legais ao seu corte na condição natural e dificuldades de cultivo em escala comercial devido ao ataque da praga-do-broto-terminal, esta espécie passou a ser substituída no Brasil por cultivos comerciais de mogno-africano (*K. ivorensis*), ainda carente de conhecimentos sobre técnicas silviculturais (GASPAROTTO et al., 2001).

A madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. é composta por constituintes primários que são polímeros como a celulose, hemiceluloses e lignina, responsáveis pela maioria das propriedades físicas da madeira. Além destes constituintes há ainda os extrativos, que podem contribuir para muitas outras propriedades. (MORI et al. 2003).

A madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas ao desempenho de funções específicas; as variações nas suas composições químicas, físicas e anatômicas são grandes entre espécies. Dentro da mesma espécie, elas também ocorrem conforme a idade, posição na árvore, fatores genéticos e ambientais etc. (SHIMOYAMA, 1990). A Figura 2 apresenta imagens da anatomia da madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev.

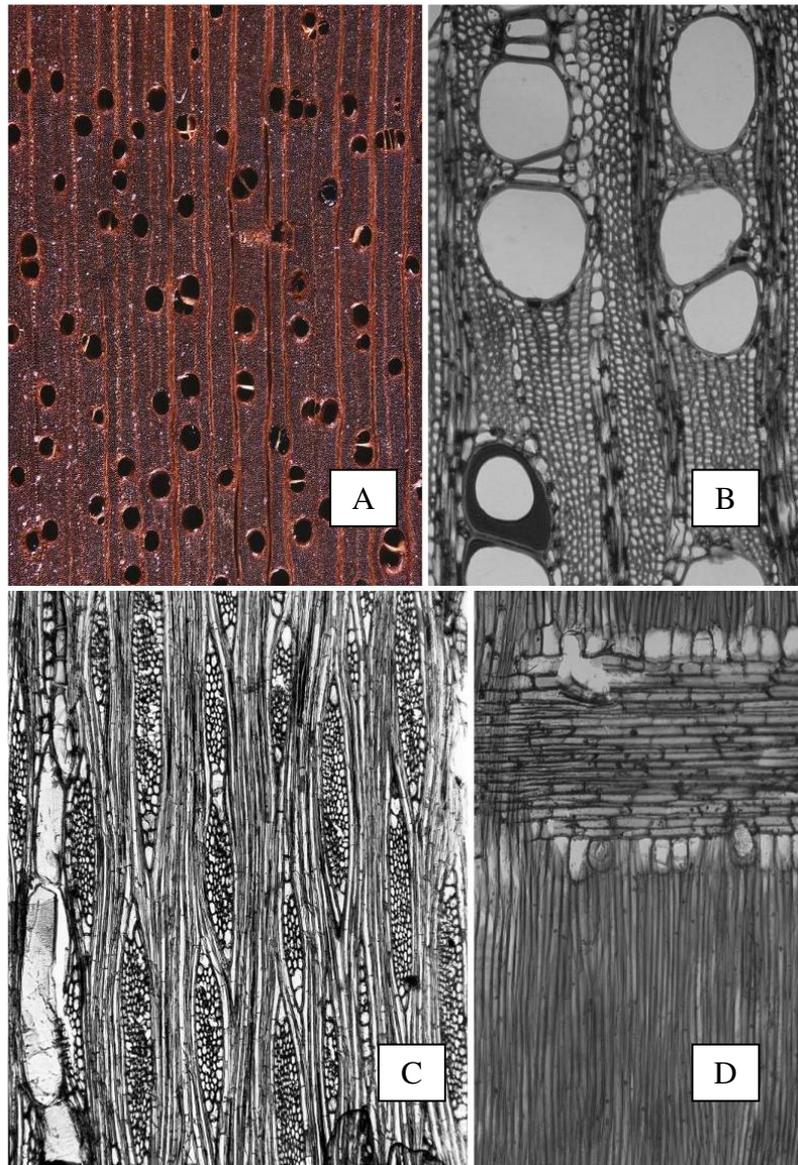


Figura 2. Visualização anatômica da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev.: (A) seção transversal macroscópica. (B) seção transversal microscópica. (C) seção longitudinal tangencial. (D) seção longitudinal radial. (Fonte: <http://www.insidewood.lib.nscu.edu>).

3.2 Operações e alguns parâmetros de usinagem da madeira

3.2.1 Fresamento periférico ou aplainamento

O fresamento periférico, popularmente conhecido como aplainamento no processo de usinagem da madeira, caracteriza-se pela remoção de cavacos na operação de desbaste ou acabamento de superfície.

Para Silva (2002), o fresamento periférico é um processo de usinagem destinado à obtenção de superfícies regradas, geradas por um movimento retilíneo alternativo da peça ou da ferramenta.

Segundo Gonçalves (2000), citado por Lucas Filho (2004), a máquina de fresamento é composta basicamente de um conjunto de cabeçote, porta ferramentas com lâminas de corte e suportes de fixação.

A fresa é uma ferramenta cilíndrica provida de dentes cortantes paralelos à superfície a ser usinada. Através do movimento combinado entre a rotação da ferramenta e o deslocamento da peça é possível produzir uma superfície plana ou com forma determinada.

Os movimentos relativos entre o avanço da peça e sentido de giro de corte da ferramenta são classificados em discordante e concordante, (GONÇALVES, 2000, citado por LUCAS FILHO, 2004). Para Camargo (2007), no primeiro caso, o movimento de corte da ferramenta e movimento de avanço do material a ser usinado encontram-se opostamente sincronizados. No segundo, os movimentos encontram-se no mesmo sentido (Figura 3).

Uma das vantagens do fresamento concordante é produzir peças com melhor acabamento final, porém o fresamento discordante é ainda o mais utilizado devido à menor periculosidade para o operador e o menor uso de potência de corte.

A MADEIRA & CIA (1995) destacou que a usinagem feita ao longo das fibras oferece algumas vantagens, pois diminui as forças de corte e velocidades de avanço e produz superfícies mais lisas. No corte longitudinal contra a fibra ocorre o pré-rachamento diante do fio da ferramenta de corte. O beneficiamento é dificultado devido ao perigo do lascamento.

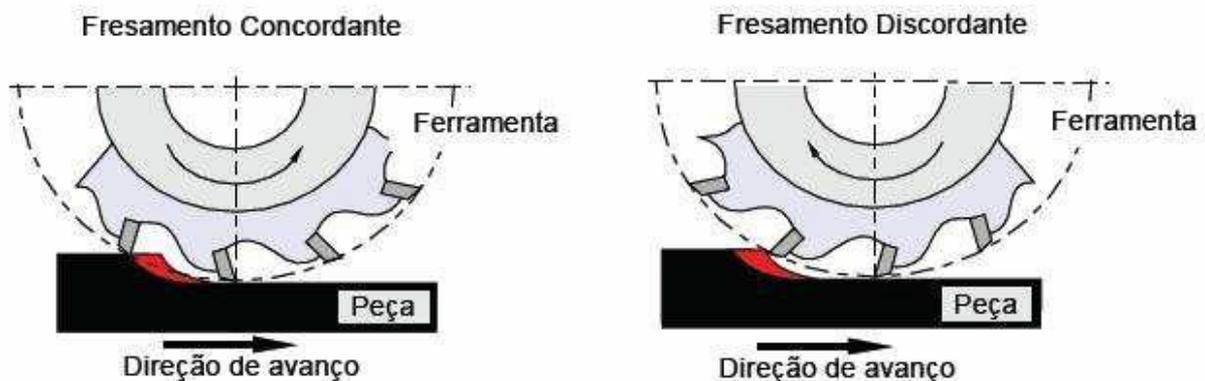


Figura 3. Movimentos de corte de uma fresa (Fonte: STOETERAU, 2007).

A velocidade de avanço depende de fatores como o tipo de madeira, teor de umidade, potência disponível e altura de corte (GONÇALVES, 2000, citado por SILVA, 2002). É definida em função da produtividade desejada e pode ser calculada como o comprimento da peça a ser usinada dividido pelo tempo que ela leva para ser trabalhada no equipamento.

3.2.2 Lixamento

Em estudo proposto por Hernández e Cool (2008), imagens microscópicas de superfícies preparadas com lixa e plaina foram analisadas. Na superfície lixada foram observadas ranhuras típicas, produzidas pela ação do grão da lixa. Além disso, os lumes das

células foram preenchidos pelo pó produzido pelo processo de lixamento, o qual dificulta a penetração de adesivos e produtos de acabamento. Em relação à superfície aplainada, os autores relataram que as células apresentaram pequenos danos, com relativamente maior quantidade de células abertas como vasos e fibras.

De acordo com Muenchow (2002) a superfície a ser colada deve estar no esquadro, e quando se optar pelo lixamento na preparação da superfície das peças, o mesmo autor recomenda utilizar lixa grão 50 a 80. Lixas com grãos mais finos podem ocasionar superfícies polidas, ou vitrificadas, as quais dificultam a penetração do adesivo na madeira. Sulaiman et al. (2009) citam também que no processo de lixamento, além das características da madeira, o número do grão e o tipo de abrasivo são importantes para a rugosidade. Em geral, quando o número da lixa aumenta, a rugosidade diminui (BURDURLU et al., 2005).

3.2.3 Parâmetros da qualidade superficial

A qualidade de uma superfície usinada de madeira é destacada pela sua “rugosidade”, ou seja, irregularidades e imperfeições no perfil da peça. Tal propriedade pode ser definida pelo avanço por dente caracterizado pela grandeza normalizada f_z . Quanto menor o avanço por dente, melhor será o acabamento, porém, maior será o desgaste da ferramenta. Geralmente existe essa correlação entre qualidade e rapidez do desgaste dos gumes (BONDUEELE, 2001).

Camargo (2007) descreve que para o processo de aplainamento, é possível calcular a profundidade do arco ciclóide, também conhecido como profundidade da marca de faca (t), grandezas que podem ser observadas na Figura 4.

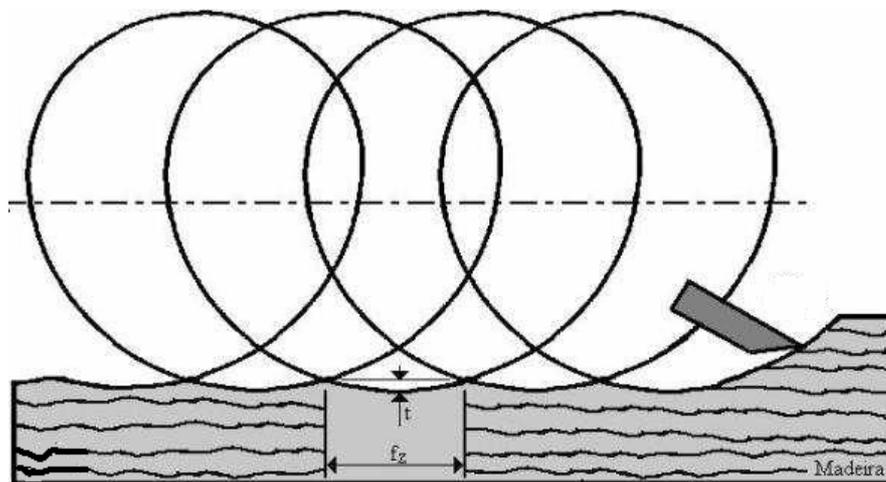


Figura 4. Grandezas de usinagem de um aplainamento: avanço por dente (f_z), profundidade do arco colóide (t). (adaptado de WEISSENSTEIN, 2000, citado por SILVA, 2002).

Os parâmetros R_a , R_z e R_t também são utilizados para avaliação da rugosidade da superfície como demonstram os trabalhos de autores como Hiziroglu et al., 2004; Ozdemir e Hiziroglu, 2007; Sulaiman et al., 2009. O parâmetro R_a é vastamente utilizado ao redor do mundo, e R_t mais utilizado pelo mercado europeu devido ao rigor de seus resultados (BURDURLU et al., 2005; MOURA e HERNÁNDEZ, 2006).

Rugosidade média, *roughness average* ou simplesmente Ra é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (y), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média (CLA - *center line average*), dentro do percurso de medição (l_m). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição (l_m) (Figura 5).

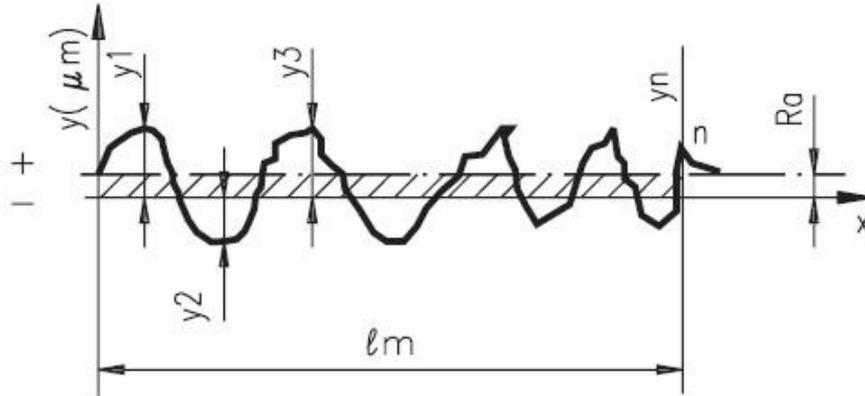


Figura 5. Rugosidade média ou Ra, parâmetro da qualidade superficial baseado na linha média encontrada pela média aritmética dos módulos dos desvios do perfil, ao longo do comprimento avaliado. (Fonte: REBRAC, 2004)

Tal parâmetro pode ser utilizado quando for necessário o controle contínuo da rugosidade em linhas de produção, em superfícies em que o acabamento apresenta sulcos de usinagem bem orientados, como em torneamentos e fresamentos periféricos, ou em superfícies de pouca responsabilidade, como no caso de acabamentos com fins apenas estéticos.

A variável que corresponde à distância vertical entre o pico mais alto e o vale mais profundo no comprimento de avaliação (l_m), é chamada de rugosidade total, ou R_t . Em alguns casos, a rigidez dessa avaliação leva a resultados enganosos (Figura 6).

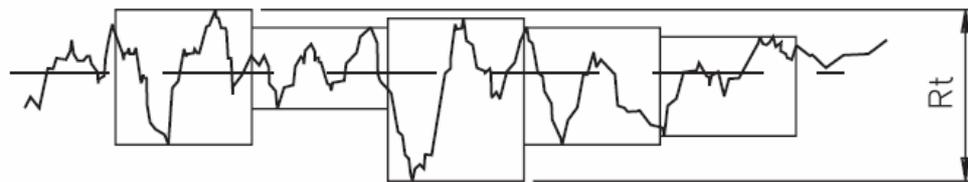


Figura 6. Rugosidade Total ou R_t , determinada pela maior amplitude nas irregularidade do comprimento avaliado (Fonte: REBRAC, 2004)

A Rugosidade Média Parcial ou (R_z), Corresponde à média aritmética dos cinco valores de rugosidade parcial. Rugosidade parcial (Z_i) é a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maior afastamento, acima e abaixo da linha média, existentes no comprimento de amostragem (Figura 7). Na representação gráfica do perfil, esse valor corresponde à altura entre os pontos máximo e mínimo do perfil, no comprimento de amostragem.(REBRAC, 2004).

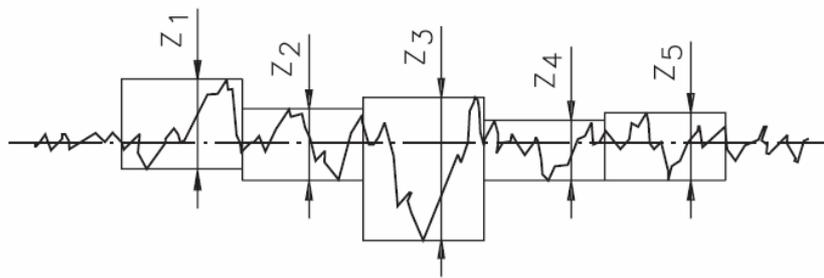


Figura 7. Rugosidade Média Parcial ou Rz, média aritmética entre os cinco pontos de maior amplitude (Fonte: REBRAC, 2004)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Para realização do presente estudo foi utilizada a primeira tora depois do DAP de um indivíduo de *Khaya ivorensis* A. Chev., proveniente do campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), situada no município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil, cujas coordenadas geográficas são de 22°45'48''S e 43°41'23''S, de aproximadamente 15 anos de idade.

A tora inicialmente possuía 2100 mm, sendo a mesma desdobrada em três toras menores de 700 cm cada, com o auxílio de uma moto-serra e operador capacitado, e estas foram posteriormente processadas novamente em três “pranchões” com dimensões de 360 mm de largura e 70 mm de espessura (Figura 8).



Figura 8. Sequência de imagens do desdobro primário das toras, com auxílio de moto-serra e operador.

A partir dos “pranchões” foram produzidas 30 amostras ou corpos-de-prova, as quais apresentaram as seguintes dimensões: 600mm x 120mm x 25mm (comprimento x largura x espessura) e separadas para os três tratamentos, 10 para cada velocidade de avanço: 6m/min,

12,4 m/min e 24 m/min (Figura 9). Dimensões dos corpos-de-prova foram elaboradas a partir de uma adaptação da norma sugerida por IBAMA, 1997.

Também foram confeccionados 20 corpos-de-prova com dimensões de 50mm x 30mm x 20mm para determinação das propriedades físicas da madeira, tais como densidade básica, densidade aparente e estabilidade dimensional segundo a norma ABNT NBR 7190:1997.



Figura 9. Seqüência de imagens sobre a confecção dos corpos-de-prova.

Os procedimentos de desdobro e confecção dos corpos-de-prova foram realizados no Laboratório de Processamento de Madeira (LPM), do Departamento de Produtos Florestais (DPF), do Instituto de Florestas (IF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

4.2 Caracterização física da madeira

Para avaliação e caracterização das propriedades físicas da madeira foram realizados os ensaios de densidade aparente, densidade básica e estabilidade dimensional.

4.2.1. Densidade Aparente

A densidade aparente foi determinada com as amostras à 12% de umidade, considerado como teor de umidade de equilíbrio após um período de estabilização (30 dias) em câmara climática com 20°C e 65% de umidade relativa.

As amostras foram pesadas em uma balança eletrônica e suas dimensões mensuradas com auxílio de um paquímetro, equipamentos disponibilizados pelo Departamento de Produtos Florestais (IF/UFRRJ). Para a determinação da densidade aparente foi utilizada a Equação 1.

$$\rho_{ap} = m/v \quad \text{Equação (1)}$$

onde:

ρ_{ap} = densidade aparente da madeira à 12% de umidade (g/cm³);

m = peso da amostra à 12% de umidade (g);

v = volume da amostra à 12% de umidade (cm³).

4.2.2 Densidade básica

A “densidade básica” é uma massa específica convencional definida pela razão entre a massa seca e o volume saturado de uma amostra de madeira, determinada pela Equação 2.

$$\rho_{bas} = m_s / V_{sat} \quad \text{Equação (2)}$$

onde:

ρ_{bas} = densidade básica da madeira (g/cm³);

m_s = massa seca da madeira, em gramas;

V_{sat} = volume da madeira saturada, em centímetros cúbicos.

Para determinação da densidade básica os corpos-de-prova foram imersos em água até estarem completamente saturados. Após saturação os corpos-de-prova foram medidos nas suas três dimensões, para obtenção do volume saturado, logo a seguir foram levados à estufa para obtenção da massa seca, sob temperatura de 103° ±2°C, sendo medidos a cada 6 horas até que a diferença entre as medições fosse menor que 0,5% da última medição.

4.2.3 Estabilidade dimensional

A estabilidade dimensional da madeira é caracterizada pelas propriedades de retração e inchamento de uma peça ou amostra. A variação volumétrica de cada corpo-de-prova foi determinada medindo-se os três sentidos (radial, tangencial e longitudinal) com um paquímetro, em estado saturado e após secagem em estufa, sendo o resultado da avaliação determinado através da Equação 3.

$$\Delta V = \frac{V_{sat} - V_{seca}}{V_{seca}} \times 100 \quad \text{Equação (3)}$$

onde:

V_{sat} = Lado 1_{sat} x Lado 2_{sat} x Lado 3_{sat} ;

V_{seca} = Lado 1_{seca} x Lado 2_{seca} x Lado 3_{seca}.

A Figura 10 ilustra algumas das etapas de determinação de propriedades físicas da madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev.

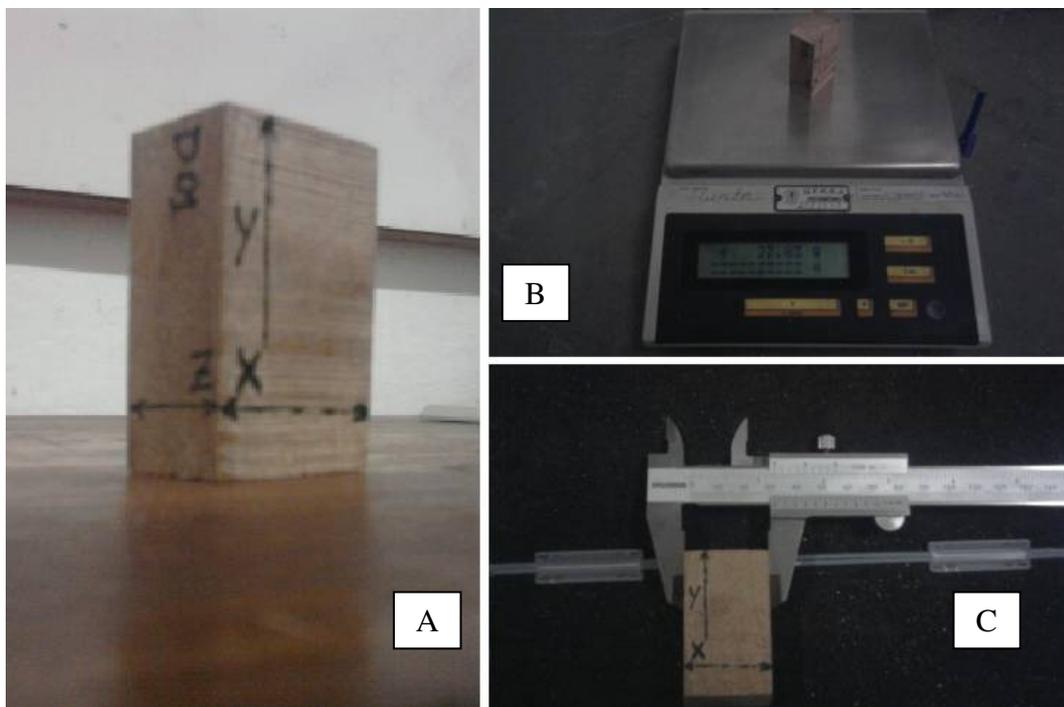


Figura 10. Caracterização física da madeira: (A) eixos de medição definidos nas amostras; (B) pesagem das amostras com auxílio de uma balança de precisão; (C) mensuração das dimensões das amostras com paquímetro.

4.3 Aplainamento

O teste de fresa, ou aplainamento, foi executado em uma das faces dos corpos-de-prova com auxílio de uma plaina desempenadeira modelo INVICTA, de um eixo, com duas facas e de rotação igual a 3600 rpm (Figuras 11 e 12).

A face usinada foi dividida longitudinalmente em duas partes para realização do teste de plaina em dois sentidos, de concordância e discordância à orientação da grã, para posterior comparação através de imagens dos defeitos gerados em cada tratamento.

A velocidade de alimentação da máquina foi controlada através de um equipamento de avanço automatizado acoplado a mesma, onde foi possível avaliar três velocidades distintas (6 m/min, 12,4 m/min e 24 m/min) e compará-las quanto à qualidade da superfície gerada através dos parâmetros: avanço por dente (f_z), profundidade do dente (t) e Rugosidade (R_a , R_t e R_z).



Figura 11. Plaina desempenadeira utilizada na realização dos testes de aplainamento.



Figura 12. Sistema de avanço automatizado com regulagem para três velocidades de alimentação diferentes.

4.4 Lixamento

Para o teste de lixa utilizou-se uma lixadeira RAIMANN, modelo SUJ, possuindo 2,70m entre a roda motriz e a roda guia, com uma lixa de granulometria 80 e rotações de 700 rpm (Figura 13).

O lixamento foi executado na face oposta a que foi realizado o teste de aplainamento, onde cada amostra ficou submetida à lixa por 20 segundos.



Figura 13. Lixadeira utilizada na realização dos testes de lixa.

4.5 Parâmetros de rugosidade

4.5.1 Avanço por dente

O avanço por dente foi calculado pela Equação 4:

$$f_z = \frac{1000 \times V_f}{n \times Z}$$

Equação (4)

onde:

f_z = avanço por dente em mm ;

V_f = velocidade de avanço em m/min;

n = rotação do motor RPM;

Z = número de gumes ativos da ferramenta.

4.5.2 Profundidade do arco ciclóide

A profundidade do arco ciclóide foi calculada pela Equação 5:

$$t = \frac{f_z^2}{4 \times D}$$

Equação (5)

onde:

t = profundidade da marca da faca (ou do arco ciclóide) em mm;

f_z = avanço por dente em mm;

D = diâmetro da fresa em mm.

4.5.3 Rugosidade Média (Ra), Rugosidade Total (Rt) e Rugosidade Média Parcial (Rz)

A metodologia desenvolvida neste estudo para análise da rugosidade das amostras de madeira foi baseada no rugosímetro de agulha, onde com auxílio de um relógio comparador da marca Starrett® associado a uma mesa de deslocamento dendrométrico conectada a um monitor, pôde-se coletar os dados necessários para determinação de Ra, Rt e Rz (Figura 14).

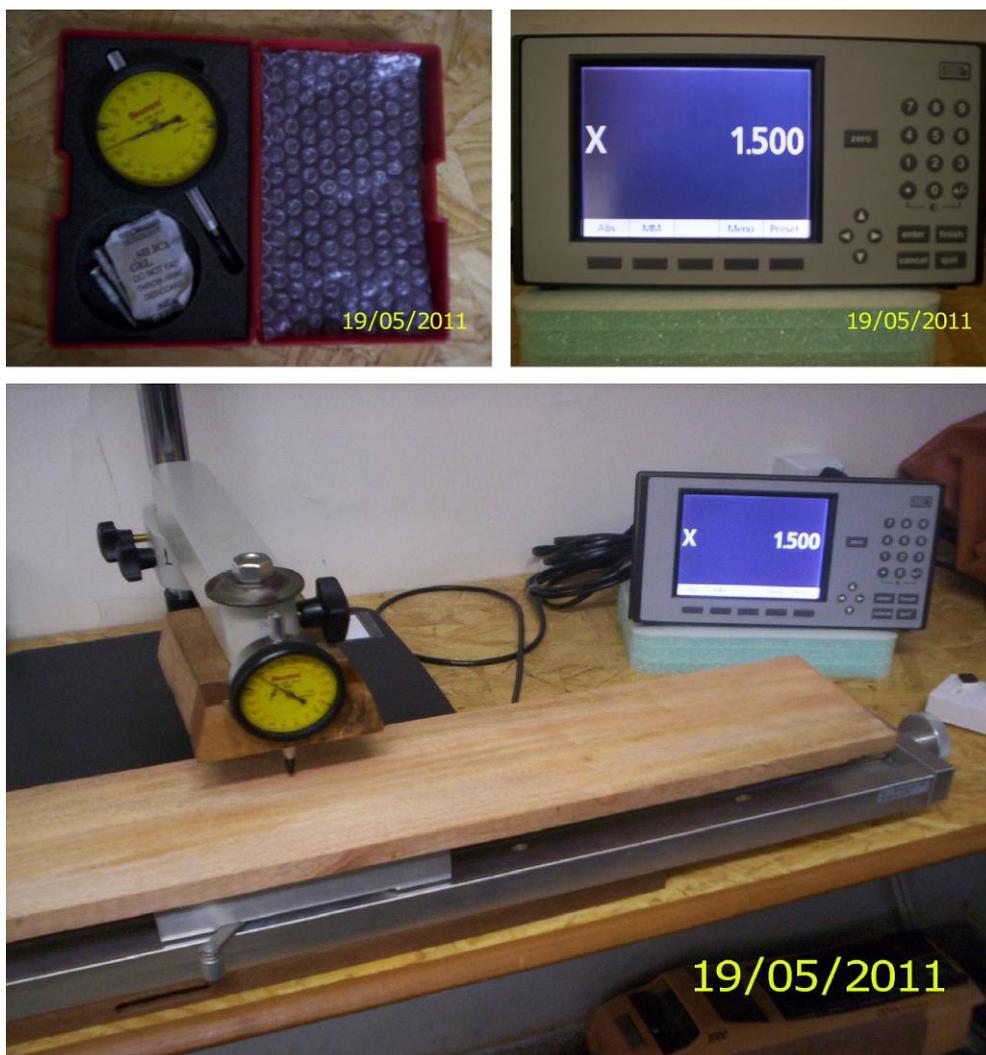


Figura 14. Metodologia adotada para mensuração da rugosidade superficial de peças de madeira baseada no rugosímetro de agulha.

As áreas de amostragem foram escolhidas sistematicamente sobre a superfície usinada, destacando pequenas áreas representativas da face, onde defeitos gerados a partir dos tratamentos foram evidenciados.

As coletas foram feitas em dois sentidos, transversal e longitudinal em relação à disposição das fibras, nos três processos analisados: fresamento a favor da orientação da grã; fresamento contra o sentido de orientação da grã; e lixamento, totalizando 6 coletas por corpo-de-prova (Figura 15).



Figura 15. Imagem ilustrativa do tipo de amostragem utilizado para coleta dos dados

Com o relógio comparador foi possível determinar o perfil da rugosidade efetiva da peça, com a variação da agulha (em microns) em relação ao deslocamento da mesa dendrométrica (em milímetros). Foram realizadas três observações a cada milímetro, ou seja a cada deslocamento da mesa de 0,33 mm, ao longo de 20 milímetros, nos eixos transversal e longitudinal de cada tratamento.

Na Figura 16 são apresentados gráficos do perfil de rugosidade, sendo o primeiro um gráfico gerado na metodologia desenvolvida neste estudo e o segundo um gráfico obtido por rugosímetro eletrônico.

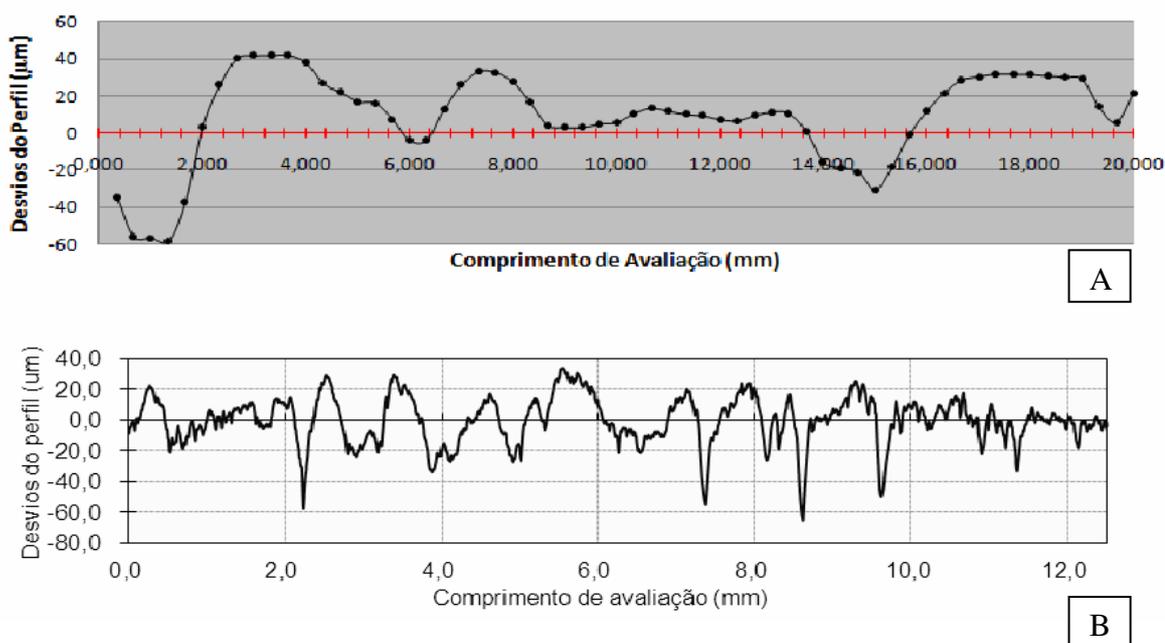


Figura 16. Perfil da rugosidade gerado com a metodologia do presente estudo (A); perfil da rugosidade gerado por um rugosímetro eletrônico (B).

A partir dos dados coletados foi possível determinar Ra, Rt e Rz, através das Equações 6, 7 e 8, sendo Ra mais usual para avaliação e o que foi utilizado.

$$Ra = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} \quad \text{Equação (6)}$$

4.6 Avaliação Qualitativa

Para avaliação qualitativa através de imagens digitais, utilizou-se uma máquina fotográfica digital da marca Samsung®, modelo S860 com 8.6 megapixel onde procurou-se obter fotografias dos defeitos gerados pelos testes usinagem como grã arrancada (*torn grain*), Marcas de Cavacos (*chips marks*), grã felpuda (*Fuzzy grain*), grã comprimida (*Tilted grain*) e Grã “Riscada” (*Raised grain*). (Figura 17).

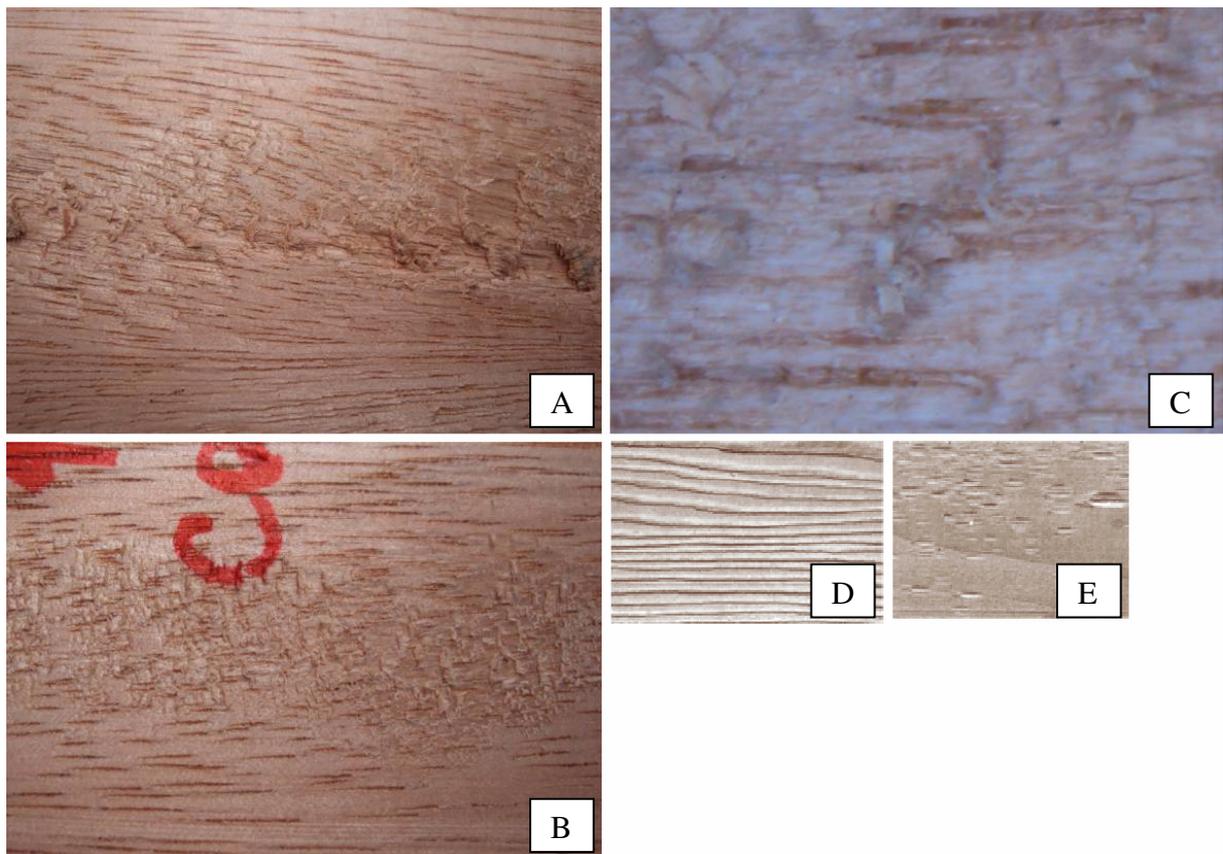


Figura 17. Esquema representativo de alguns possíveis defeitos encontrados em operações de aplainamento e lixamento; grã arrancada (A), grã comprimida (B), grã felpuda (C), e grã riscada (D), marcas de cavacos (E). (PALERMO, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização física da madeira.

5.1.1 Densidade aparente e densidade básica

Tabela 1. Valores de densidade aparente e densidade básica das amostras de mogno africano:

Amostra	Densidade Aparente (g/cm ³)	Densidade Básica (g/cm ³)
1	0,887	0,723
2	0,828	0,603
3	0,746	0,601
4	0,997	0,851
5	0,821	0,655
6	0,729	0,632
7	0,797	0,637
8	0,875	0,730
9	0,781	0,684
10	0,718	0,576
11	0,780	0,644
12	0,695	0,574
13	0,729	0,638
14	0,945	0,786
15	0,773	0,556
16	0,778	0,649
17	0,952	0,744
18	0,906	0,795
19	0,887	0,748
20	0,776	0,655
Média	0,820	0,674
Desvio padrão	0,0719	0,0669
Coeficiente de Variação (%)	8,76	9,93

A densidade aparente encontrada para madeira de mogno africano foi de 0,82 g/cm³, valor este dentro da faixa encontrada por PEREIRA & MAINIERI, 1957, para *Swietenia macrophylla* King. (mogno brasileiro) que foi entre 0,48 g/cm³ a 0,85 g/cm³, caracterizando-a como moderadamente densa.

A densidade básica apresentou média de 0,674 g/cm³, maior até que algumas espécies nativas que usualmente são usadas pela indústria moveleira, como o *Hymenolobium spp.* (angelim pedra) que segundo IBAMA, 1997a., apresentou para mesma propriedade o valor de 0,591 g/cm³.

As amostras apresentaram valor de coeficiente de variação baixo, pois segundo literatura estatística é considerado como tal valores de C.V (%) abaixo de 30, caracterizando um conjunto homogêneo e de baixa variabilidade destas características ou propriedades.

5.1.2 Estabilidade Dimensional

Os percentuais de variação volumétrica das amostras apresentaram também baixos valores para desvio padrão e para o coeficiente de variação, mostrando que esta característica das amostras avaliadas também possui homogeneidade. Para a retração volumétrica, a média obtida foi de 12,57% (Tabela 2), valor este próximo ao encontrado para *Erismia uncinatum* Warm., o cedrinho ou cambará, nome pelo qual foi introduzida em São Paulo, é a madeira que substituiu o pinho-do-paraná. É empregada em acabamentos (forros, guarnições, tabeiras). Nos usos temporários é freqüentemente especificada, porém dificilmente outras madeiras são fomecidas em seu lugar (IPT ; 2010).

Tabela 2. Valores de retração volumétrica encontrados na análise de estabilidade dimensional:

Amostra	Retração volumétrica (%)
1	23,27
2	17,73
3	14,86
4	14,67
5	9,94
6	15,27
7	11,32
8	8,91
9	11,72
10	15,29
11	9,25
12	12,17
13	11,44
14	9,95
15	12,30
16	10,74
17	11,21
18	10,91
19	9,57
20	11,06
Média	12,58
Desvio padrão	2,5611
Coeficiente de Variação (%)	20,36

5.1.3 Avanço por dente (f_z) e Profundidade do arco ciclóide (t)

O gráfico da Figura 17 apresenta os valores médios obtidos para o avanço por dente para cada velocidade de avanço utilizada no estudo.

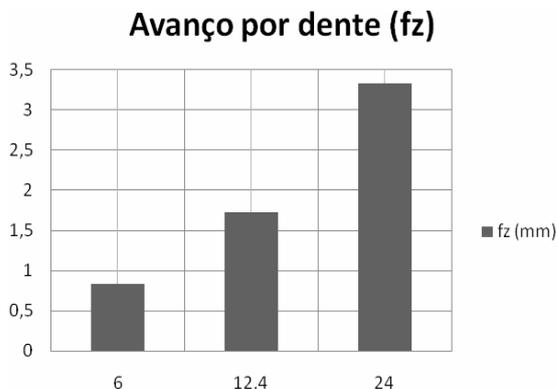


Figura 18. Gráfico representativo do avanço por dente, em milímetros, para cada velocidade de alimentação.

De acordo com BONDUELLE (2001), um avanço por dente recomendado para operações de aplainamento ou fresamento deve estar entre $1 \text{ mm} < f_z < 1,8 \text{ mm}$, sendo assim as amostras aplainadas sobre velocidades de alimentação de 6 m/min e 12,4 m/min encontram-se dentro do recomendado, pois geraram valores de f_z de 0,833 mm e 1,72 mm respectivamente.

Segundo SENAI (1995) - Figura 19 - para velocidade de avanço de 6 e 12,4 m/min foram obtidos valores de avanço por dente que caracterizam acabamentos médios ou moderados, já para alimentação do maquinário a 24 m/min obteve-se valor de 3,33 mm, o que caracteriza o acabamento como grosseiro.

Avanço por dente (f_z), em mm	Qualidade do acabamento
0,3 a 0,8	Fino
0,8 a 2,5	Médio
2,5 a 5,0	Grosso

Figura 19. Classificação do acabamento segundo o avanço do dente da lâmina ao longo da peça processada. (Fonte: SENAI, 1995).

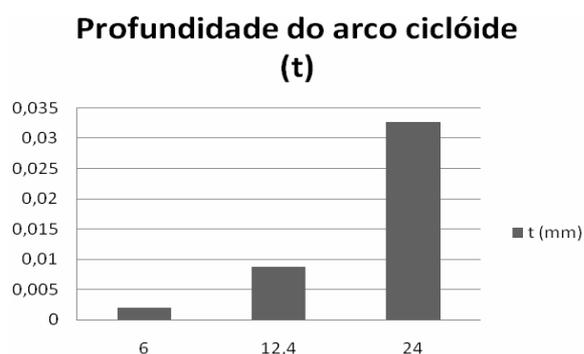


Figura 20. Gráfico relativo a profundidade do arco ciclóide, ou da marca da faca na superfície para cada velocidade de avanço testada.

Foram obtidos valores de t para as velocidades de alimentação 6 m/min, 12,4 m/min e 24 m/min, de 0,002042 mm, 0,008724 mm e 0,03268 mm (Figura 20). IBAMA, 2003, encontrou 0,000217 mm para *Anadenanthera Peregrina* (Benth) Speng., angico vermelho, madeira nativa bastante utilizada para estruturas, sobre as mesmas condições

5.2 Efeito da velocidade de avanço nos parâmetros da rugosidade

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros R_a , R_t e R_z da rugosidade em relação às diferentes velocidades de avanço avaliadas.

Tabela 3. Estatística descritiva (média e desvio padrão) para os parâmetros R_a , R_t e R_z da rugosidade em relação às diferentes velocidades de avanço avaliadas:

Velocidades de Avanço (m/min)	Fresamento periférico						Lixamento		
	A favor da Grã			Contra a Grã			$R_a(\mu\text{m})$	$R_t(\mu\text{m})$	$R_z(\mu\text{m})$
	$R_a(\mu\text{m})$	$R_t(\mu\text{m})$	$R_z(\mu\text{m})$	$R_a(\mu\text{m})$	$R_t(\mu\text{m})$	$R_z(\mu\text{m})$			
6	26,25683 (14,68)	72,62296 (36,30)	33,70156 (36,03)	30,27621 (14,20)	91,57704 (19,93)	24,98295 (43,84)	12,22159 (11,74)	35,10029 (21,80)	1,014217 (39,42)
12,4	27,50394 (20,05)	80,57088 (33,46)	-0,01558 (35,36)	29,08316 (12,65)	82,31666 (31,83)	20,3453 (37,74)	18,33539 (11,67)	50,08535 (23,80)	5,476541 (46,54)
24	18,63798 (6,94)	71,37097 (28,45)	4,13344 (34,26)	36,34687 (16,91)	116,4004 (36,03)	25,6031 (56,34)	30,44102 (17,22)	66,36696 (48,23)	12,8817 (66,08)

O valor médio de R_a encontrado no fresamento a favor da grã, para as velocidade 6 m/min e 12,4 m/min (26,25683 μm e 27,50394 μm , respectivamente) não obtiveram diferença significativa entre elas, porém para velocidade de alimentação 24 m/min houve diferença (18,63798 μm). Tais valores foram maior que o encontrado por Kilic et al. (2006) em superfícies de *Populus tremula* preparadas nas mesmas condições (7,05 μm), com o uso do rugosímetro eletrônico.

Já no sentido contra a orientação da grã não houve diferença significativa para os valores de R_a encontrados entre as três velocidades de avanço avaliadas.

Para o teste de lixamento, com lixa de grão 80, houve diferença significativa para os valores de R_a entre os três tratamentos, sendo alimentação a 6m/min o tratamento de melhor resultado (12,22159 μm).

Quando comparado com os resultados obtidos por Burdurlu et al. (2005), o valor de R_a da superfície lixada foi próximo ao encontrado para *Populus nigra* e *Pinus nigra* lixadas com lixa grão 80, 15,84 μm e 12,27 μm respectivamente, com o uso do rugosímetro eletrônico.

O gráfico da Figura 21 apresenta os resultados agrupados dos valores de R_a , R_t e R_z , para as diferentes velocidades de avanço, fresamento em dois sentidos e lixamento, demonstrando conjuntamente os ensaios realizados ao longo do estudo.

Foi possível verificar os melhores resultados para a rugosidade das amostras após o processo de lixamento, confirmando trabalhos anteriores que constataam que após o aplainamento a superfície da madeira ainda pode ser melhor trabalhada.

Os processos de aplainamento no sentido “a favor da grã” mostraram melhores resultados nos parâmetros de rugosidade analisados.

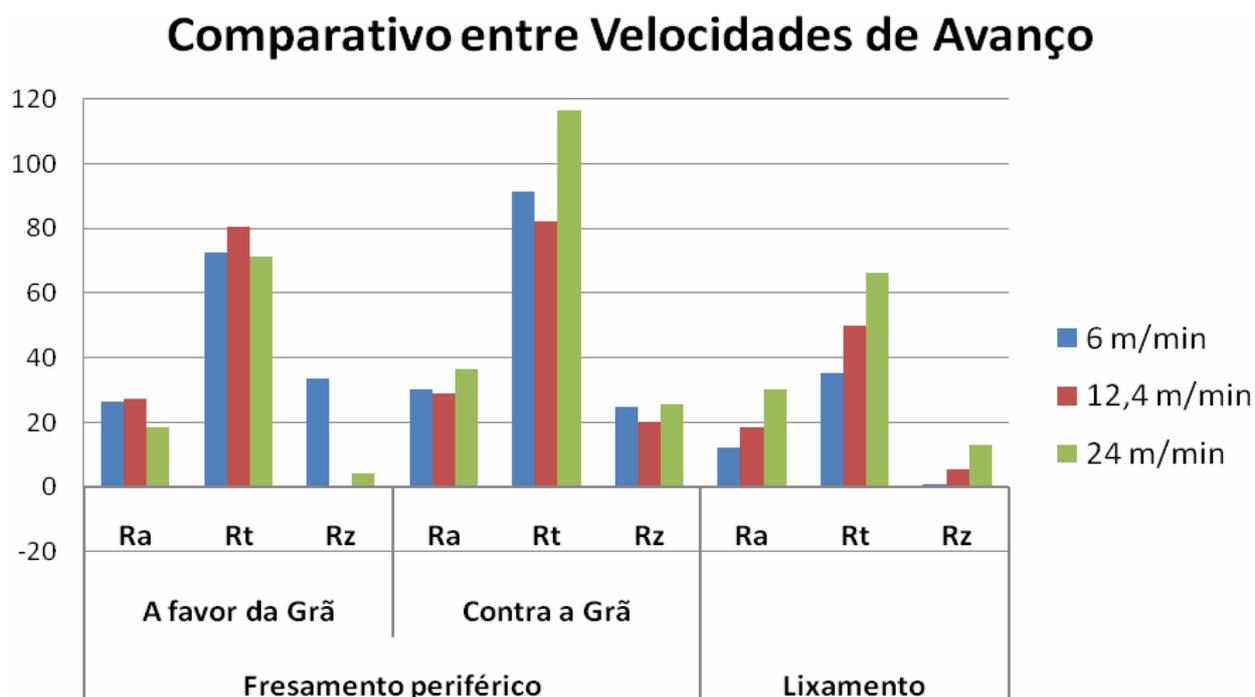


Figura 21. Gráfico relacionando as velocidades com parâmetros encontrados.

5.4 Análise de imagens das superfícies geradas

As análises feitas sobre as imagens geradas a partir de máquinas fotográficas digitais, evidenciaram alguns defeitos e irregularidades nas superfícies usinadas. Para os corpos-de-prova aplainados sobre velocidade de alimentação de 6 m/min observou-se pouco defeitos macroscópicos.

As Figuras 22, 23 e 24 apresentam imagens relacionadas às avaliações das fotografias digitais das amostras.

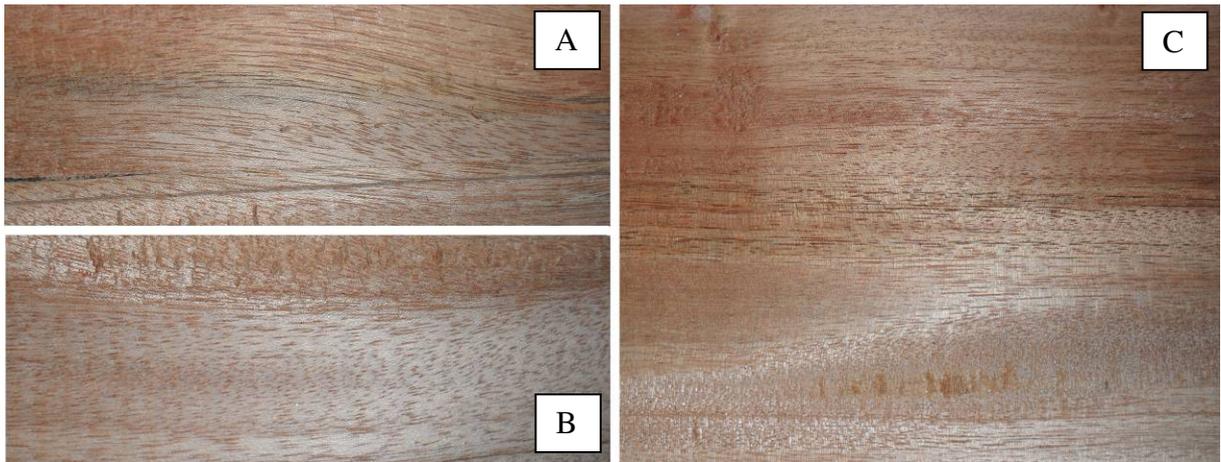


Figura 22. Velocidade de avanço 6 m/min: (A) aplainamento no sentido a favor da orientação da grã; (B) aplainamento contra a orientação da grã; (C) lixamento com lixa de grão 80.



Figura 23. Velocidade de avanço 12,4 m/min: (A) aplainamento a favor da orientação da grã; (B) aplainamento contra orientação da grã.



Figura 24. Corpo-de-prova aplainado sob velocidade de avanço de 24 m/min, detalhe dos defeitos gerados em toda superfície, tanto no sentido a favor, quanto contra a orientação das fibras.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados no presente trabalho foi possível listar as seguintes conclusões:

- Nas avaliações físicas a madeira de mogno africano apresentou densidade aparente e básica consideradas de médias a altas, comparáveis às apresentadas por algumas espécies nativas.
- A metodologia para medição de rugosidade superficial desenvolvida apresentou resultados consideráveis, apesar de ser menos precisa que o uso de aparelhos eletrônicos, obteve valores semelhantes e comparáveis aos obtidos com estes tipos de rugosímetros.
- Baseados nas imagens, para peças de madeira de mogno africano, quanto mais rápido for a velocidade de alimentação maior a probabilidade de geração de defeitos em sua superfície.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAJOU D'AFRIQUE. **Revue Bois et Forêts des tropiques**, nº 183, p 33-48, 1979.
- AUBREVILLE, A. **L aflore forestière de La Cota d'Ivoire**, 1959.
- BAILLÈRES, H.; DURAND, P. Y. Non destructive techniques for wood quality assessment of plantation-grown teak. **Bois et Forêt des Tropiques**, v. 283, p. 17-27, 2000.
- BONDUELLE, A.; CRUZ, C. R.; SILVA, J. R. M. **Processo mecânico da madeira**. Curitiba: UFPR, 2002. 26p. (Notas de aula).
- BRAGA, P. P. C.; SILVA, J. R. M.; GONTIJO, T. G.; TEIXEIRA, R. L. NUNES, A. C. M. Qualificação de superfícies de diferentes madeiras usinadas. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 6., SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO RJ, 2., 2010, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Instituto de Florestas, 2010.
- BRASIL, M. 1992. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Departamento Nacional Def. Veg.
- BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. **Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I. Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto**. IPEF, Piracicaba, nº 14, p9-20, 1977.
- BURDURLU, E.; USTA, I.; ULUPINAR, M.; AKSU, B.; ERARSLAN, Ç. The effect of the number of blades and grain size of abrasives in planing and sanding on the surface roughness of European black pine and Lombardy poplar. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, V. 25, p. 315-321, 2005.
- CARVALHO, L.R., DAVIDE, A.C., SILVA E.A.A. & CARVALHO, M.L.M. **Classificação de sementes de espécies florestais dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea* L. (Lauraceae) quanto ao comportamento no armazenamento**. Revista Brasileira de Sementes, 2008. 30(1): 1-9 p.
- CASTRO, A.C.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; MONTEIRO, E.M.M.; AVIZ, M.A.B.; GARCIA, A.R. **Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos**. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, nº8, p.2395-2402, 1ª, 2008.
- DIAS-FILHO, M. B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas**. Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia. 2006. 35:535-553 p.
- F. C. M. & FREIRE, J. M. & LELES, P. S. & BREIER, T. B. 2007. Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais. Edur. Seropédica. P. 143-182.
- FAO. **Global planted forest thematic study: results and analysis**. Rome : Working paper 38, 2006.

FIGLIOLIA, M. B. & PINA-RODRIGUES, F. C. M. & NOGUEIRA, E. S. **Controle de qualidade de sementes florestais: propostas de parâmetros técnicos.** In: PINA-RODRIGUES, 2007.

GASPAROTTO, L. & HANADA, R. E. & ALBUQUERQUE, F. C. & DUARTE, M. L. R. **Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno africano.** Fitopatologia Brasileira 26, 2006.

GONÇALEZ, J. C. **Caractérisation technologique de quatre espèces peu connues de la forêt amazonienne : anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques.** 1993. 445 p. Tese (Doutorado) – École Nationale de Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Université de Nancy I, Nancy.

GUIMARÃES, K. V. & MARINHO, P. S. B. & SILVA, M. F. G. V. & FERNANDES, J. B. & VIEIRA, P. C. & MÜLLER, M. W. 2004. **Limonóides isolados na família Meliaceae.** XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares.

HERNÁNDEZ, R. E.; COOL, J. Effects of cutting parameters on surfasse quality of paper birch wood machined across the grain with two planing techniques. **Holz Roh Werkst**, V.66, p.147-154, 2008a.

HERNÁNDEZ, R. E.; COOL, J. Evaluation of three surfacing methods on paper birch wood in relation to water-and solvent-borne coating performance. **Wood and Fiber Science**, V.40, n.3, p.459-469, 2008b.

HUNTERLAB. **Use measurement of appearance.** New York: A. Wiley-Interscience Publication, Wiley and Sons, 1995.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira : uso sustentável na construção civil** / Geraldo José Zenid , coordenador . - 2. ed. - São Paulo : : SVMA, 2009. -- (Publicação IPT ; 3010)

KILIC, M.; HIZIROGLU, S.; BURDURLU, E. Effect of machining on surface roughness of wood. **Building and Environment**, V.41, n.8, p.1074-1078, 2006.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V. & BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil – madeireiras, ornamentais e aromáticas.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais.** Manaus: SEBRAE/AM/Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000, 212 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

PALERMO, G. P. M. **Avaliação qualitativa e quantitativa da superfície da madeira usinada de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, antes e após tratamento de**

termorreificação. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

PEREIRA, R. da S.; FERNANDES, V. T. **Comportamento ecofisiológico do mogno (*Swietenia macrophylla*, King)**, no Município de Miguel Pereira, RJ. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 139-145, jan./dez. 1998.

PHILIPP, P.; ALMEIDA, M. L. **Celulose e papel. Volume 1. Tecnologia de fabricação da pasta lanning**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Centro Técnico em Celulose e Papel, 1988.

RECH, C. 2006. **Estados Unidos lidera importações brasileiras.** *Revista da Madeira*, 96.

ROWELL, R. M. **Chemical modification of wood: it's application to composite products.** *FRI Bulletin*, Bogor, n. 153, p. 57-67, 1990.

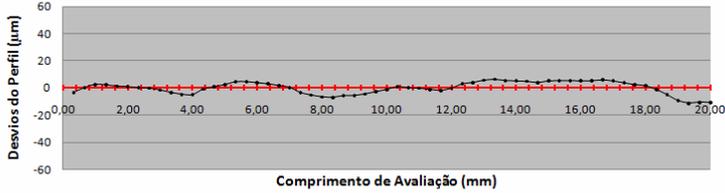
TSOUMIS, G. **Wood as raw material.** Nancy, 1968. 276 p.

WEBB, D. A.; SULLIVAN, J. D. Surface effect of light and water wood. **Forest Products Journal**, Madison, v. 14, p. 531-534, 1964.

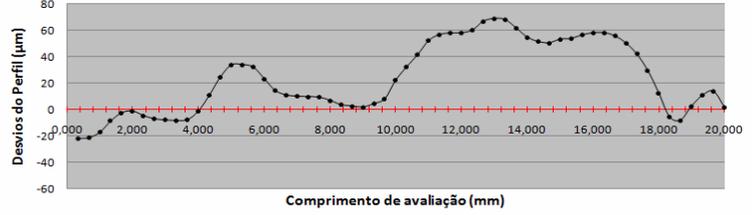
8. ANEXO

ANEXO - Modelos de gráficos gerados dos desvios do perfil ao longo do comprimento de avaliação nas superfícies usinadas.

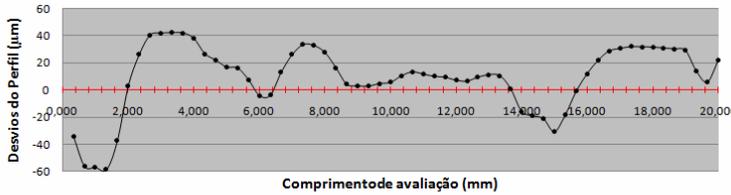
**Perfil da Rugosidade CP01 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



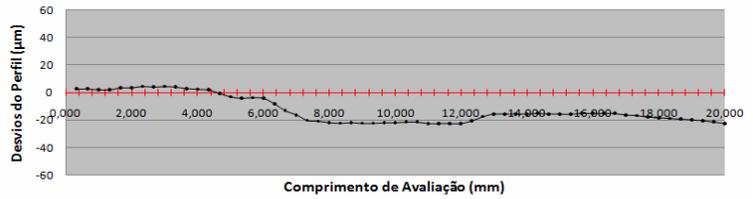
**Perfil da Rugosidade CP01 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - contra a grã**



**Perfil da Rugosidade CP01 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - a favor da grã**



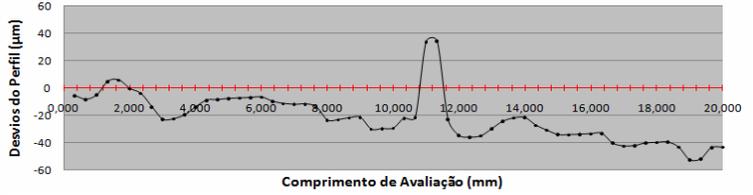
**Perfil da Rugosidade CP01 - Lixamento
Longitudinal**



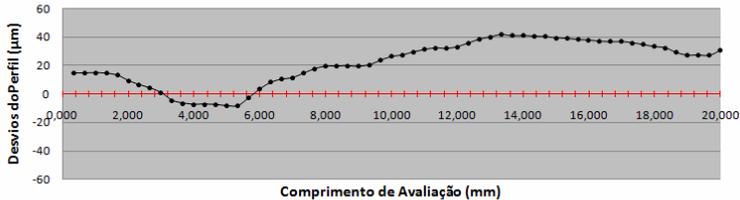
**Perfil da Rugosidade CP01 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - contra a grã**



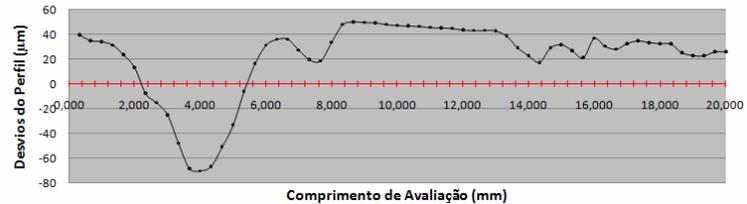
**Perfil da Rugosidade CP01 - Lixamento
Transversal**



**Perfil da Rugosidade CP02 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



**Perfil da Rugosidade CP02 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - contra a grã**



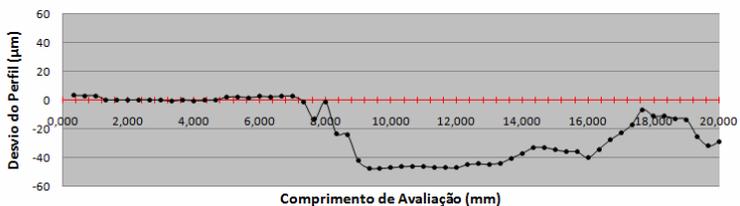
**Perfil da Rugosidade CP02 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - a favor da grã**



**Perfil da Rugosidade CP02 - Lixamento
Longitudinal**



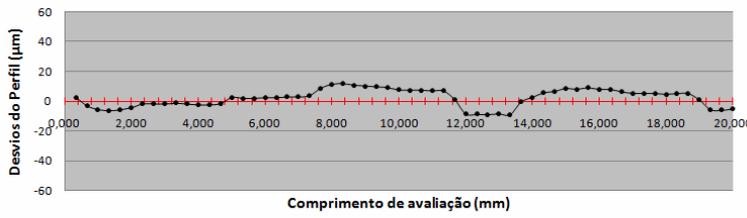
**Perfil da Rugosidade CP02 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - contra a grã**



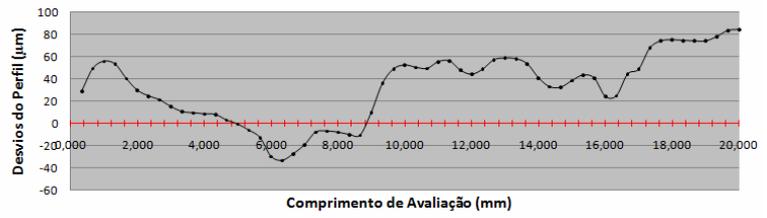
**Perfil da Rugosidade CP02 - Lixamento
Transversal**



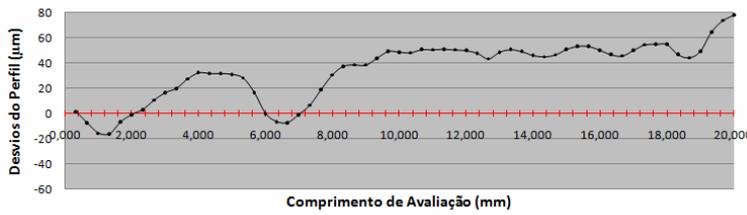
**Perfil da Rugosidade CP03 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



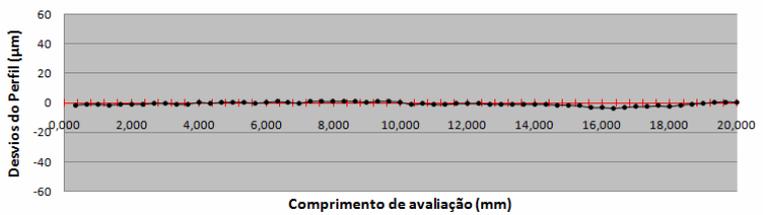
**Perfil da Rugosidade CP03 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - contra a grã**



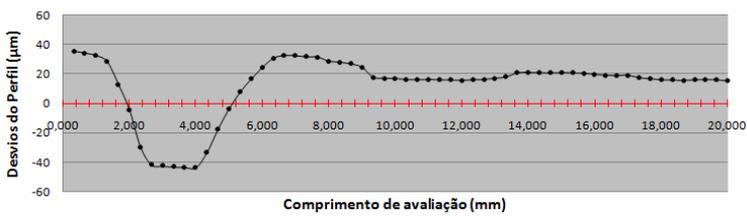
**Perfil da Rugosidade CP03 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - a favor da grã**



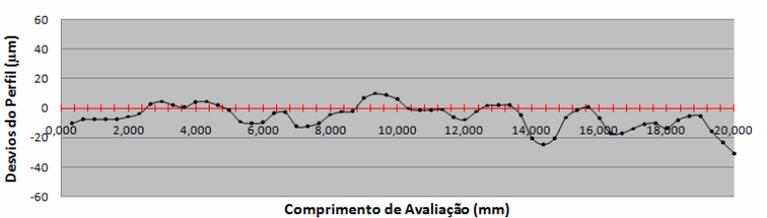
**Perfil da Rugosidade CP03 - Lixamento
Longitudinal**



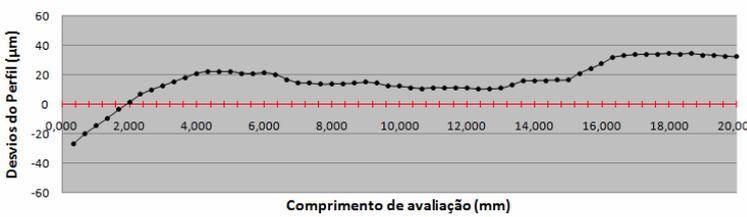
**Perfil da Rugosidade CP03 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - contra a grã**



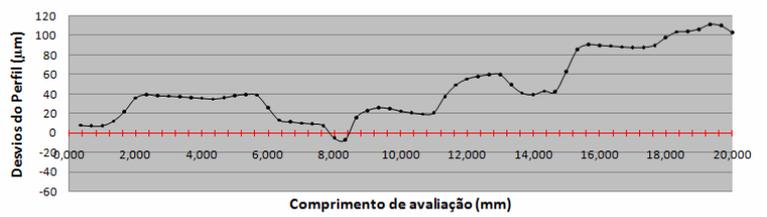
**Perfil da Rugosidade CP03 - Lixamento
Transversal**



**Perfil da Rugosidade CP04 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



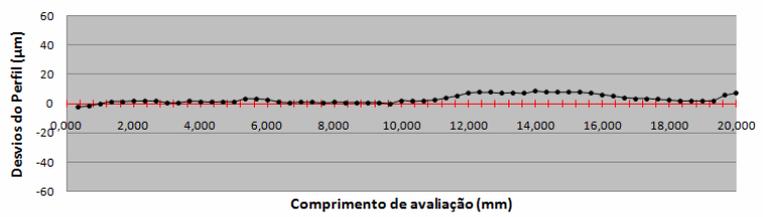
**Perfil da Rugosidade CP04 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - contra a grã**



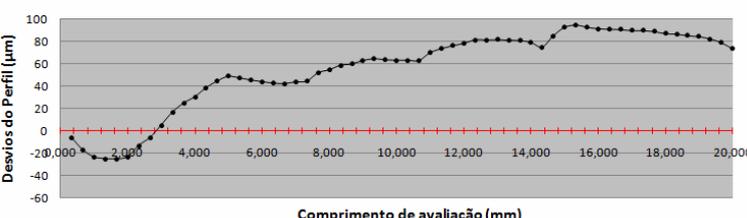
**Perfil da Rugosidade CP04 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - a favor da grã**



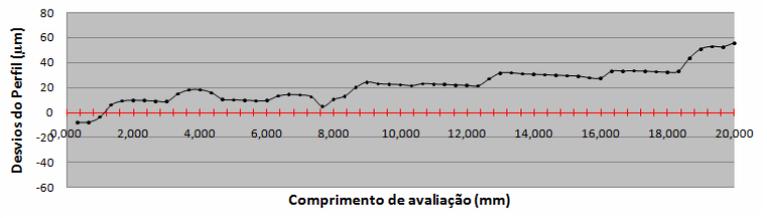
**Perfil de Rugosidade CP04 - Lixamento
Longitudinal**



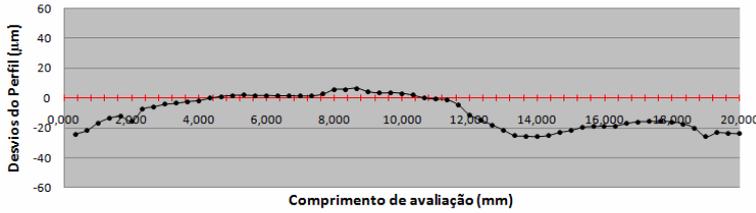
**Perfil da Rugosidade CP04 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - contra a grã**



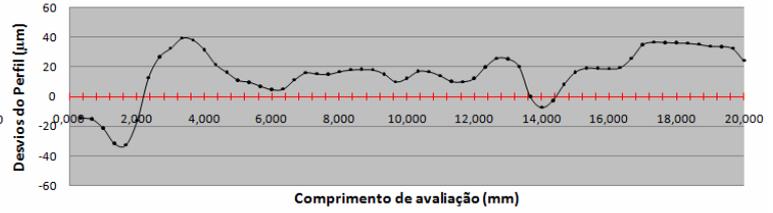
**Perfil da Rugosidade CP04 - Lixamento
Transversal**



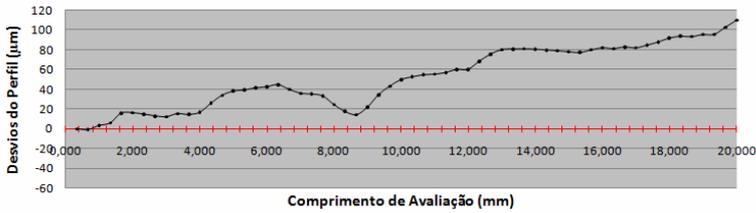
**Perfil da Rugosidade CP05 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



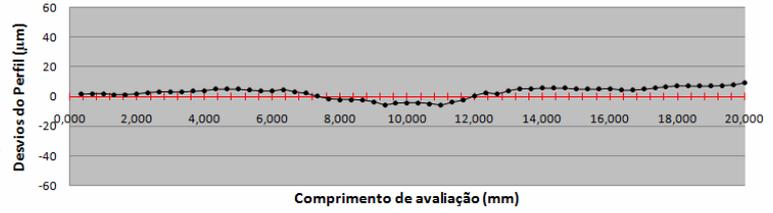
**Perfil da Rugosidade CP05 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - contra a grã**



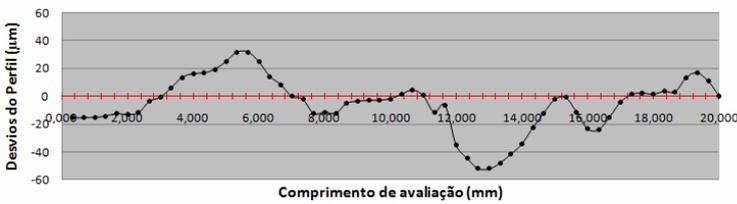
**Perfil da Rugosidade CP05 - Aplainamento
6 m/min - Transversal - a favor da grã**



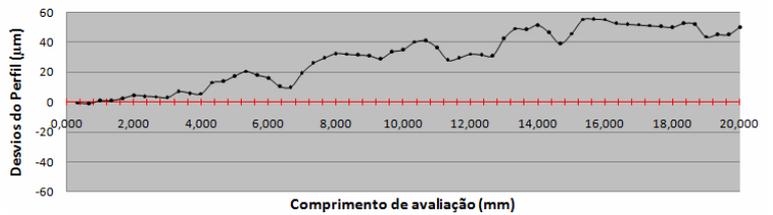
**Perfil da Rugosidade CP05 - Lixamento
Longitudinal**



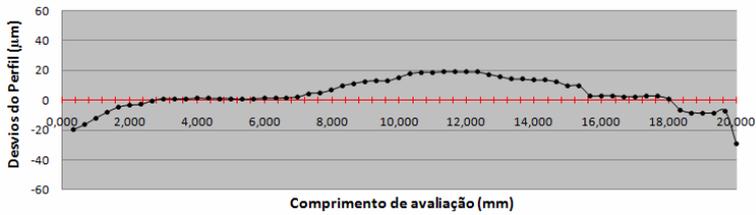
**Perfil da Rugosidade CP05 - Aplainamento
6 m/min - Longitudinal - contra a grã**



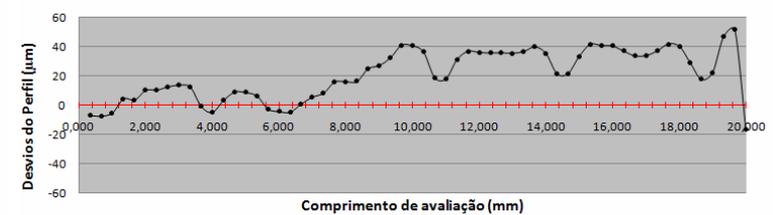
**Perfil da Rugosidade CP05 - Lixamento
Transversal**



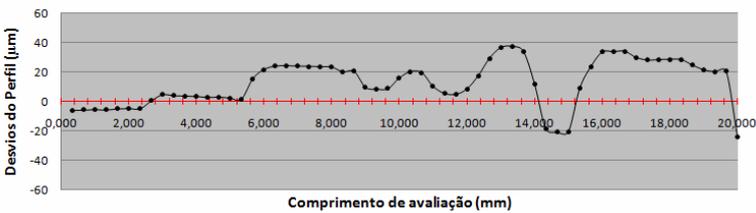
**Perfil da Rugosidade CP06 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



**Perfil da Rugosidade CP06 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - contra a grã**



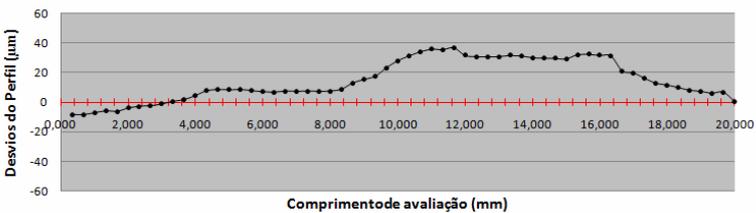
**Perfil da Rugosidade CP06 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - a favor da grã**



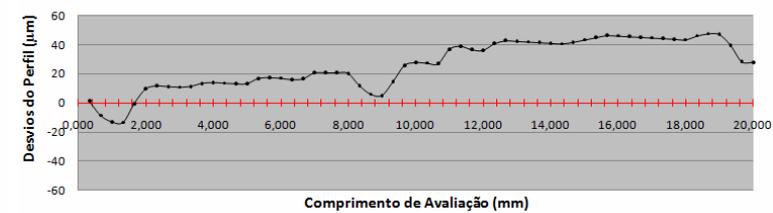
**Perfil da Rugosidade CP06 - Lixamento
Longitudinal**



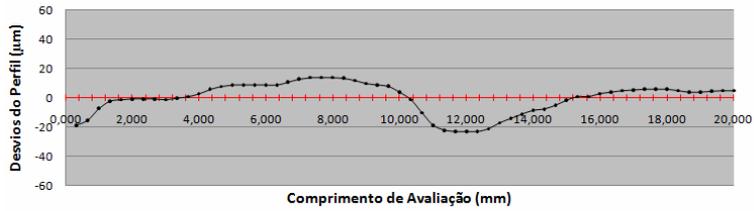
**Perfil da Rugosidade CP06 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - contra a grã**



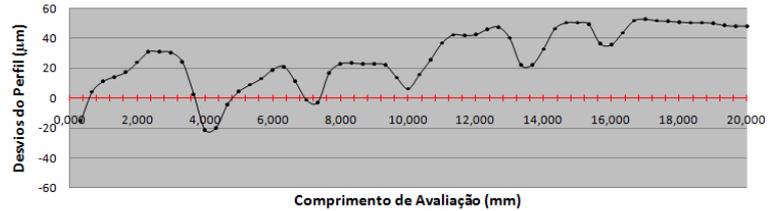
**Perfil da Rugosidade CP06 - Lixamento
Transversal**



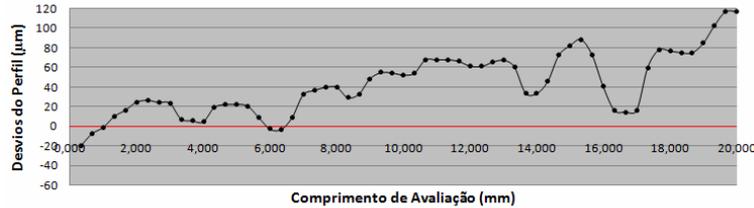
**Perfil da Rugosidade CP07 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



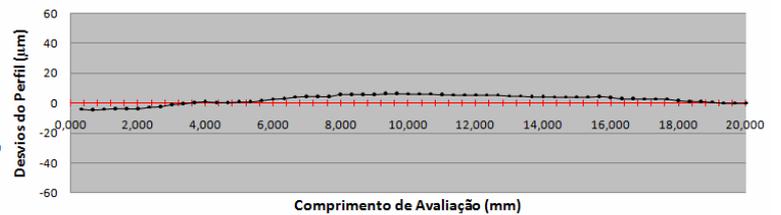
**Perfil da Rugosidade CP07 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - contra a grã**



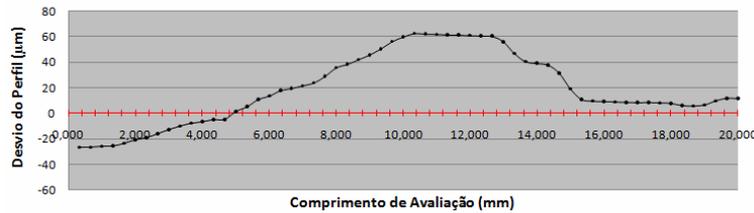
**Perfil da Rugosidade CP07 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - a favor da grã**



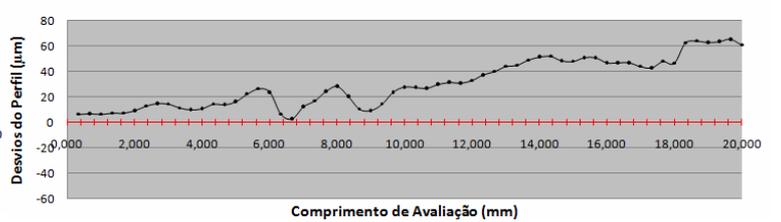
**Perfil da Rugosidade CP07 - Lixamento
Longitudinal**



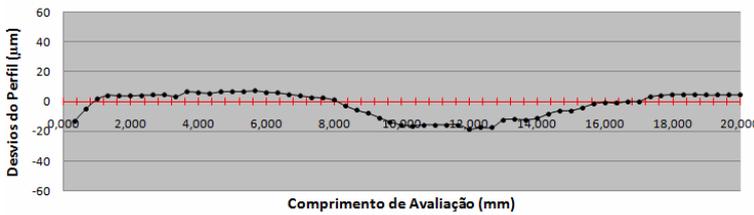
**Perfil da Rugosidade CP07 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - contra a grã**



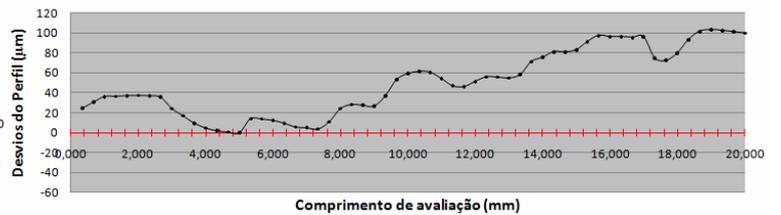
**Perfil da Rugosidade CP07 - Lixamento
Transversal**



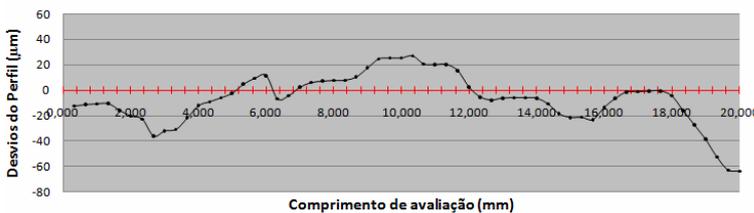
**Perfil da Rugosidade CP08 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



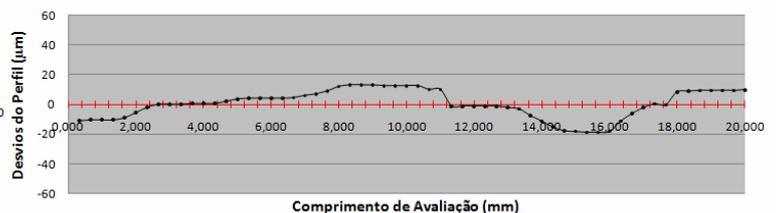
**Perfil da Rugosidade CP08 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - contra a grã**



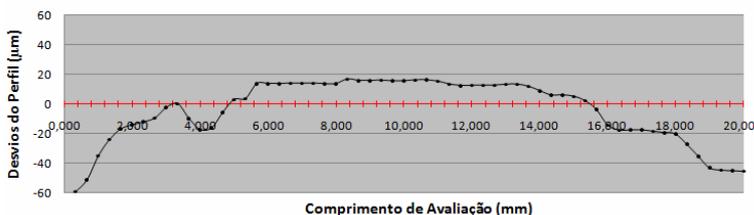
**Perfil da Rugosidade CP08 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - a favor da grã**



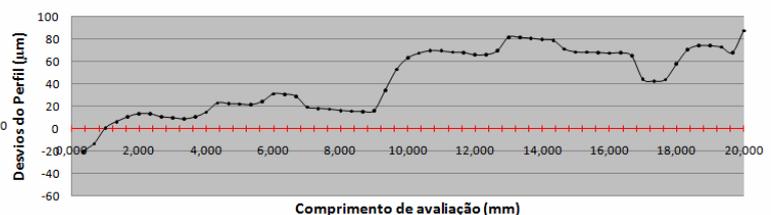
**Perfil da Rugosidade CP08 - Lixamento
Longitudinal**



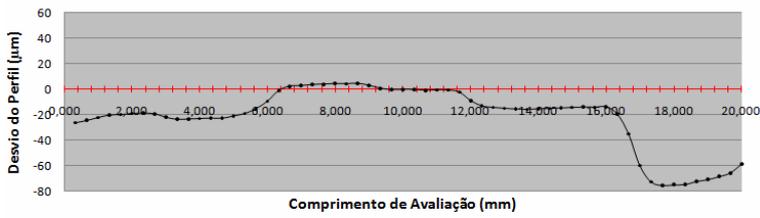
**Perfil da Rugosidade CP08 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - contra a grã**



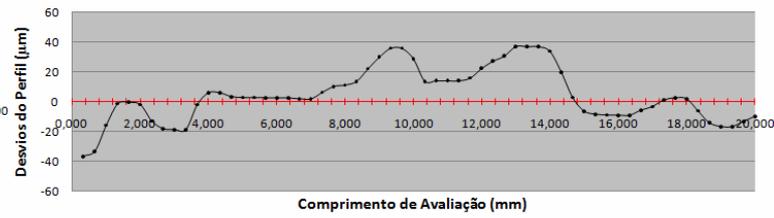
**Perfil da Rugosidade CP08 - Lixamento
Transversal**



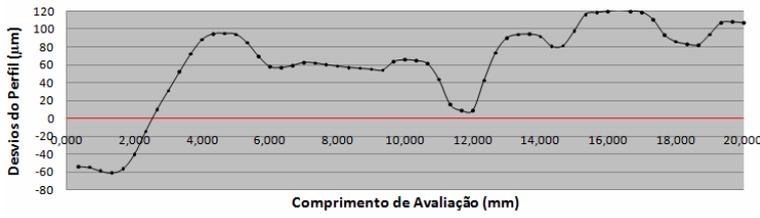
**Perfil da Rugosidade CP09 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



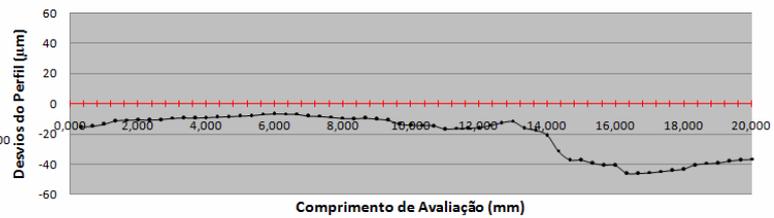
**Perfil da Rugosidade CP09 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - contra a grã**



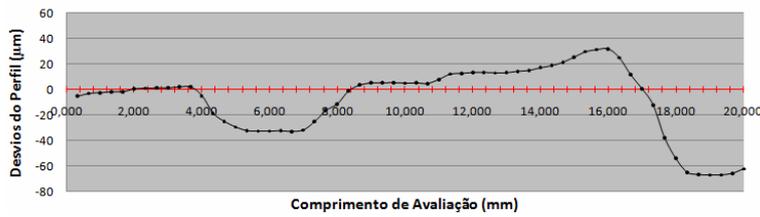
**Perfil da Rugosidade CP09 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - a favor da grã**



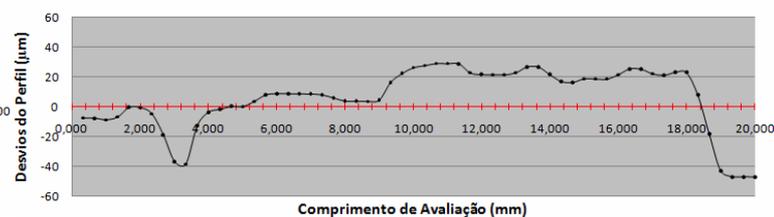
**Perfil da Rugosidade CP09 - Lixamento
Longitudinal**



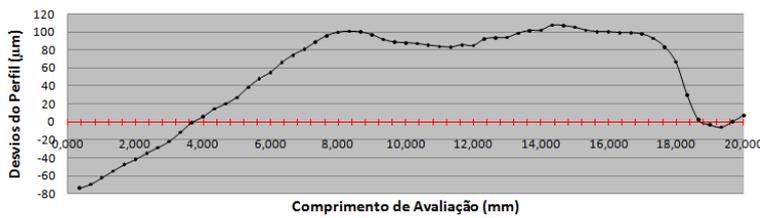
**Perfil da Rugosidade CP09 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - contra a grã**



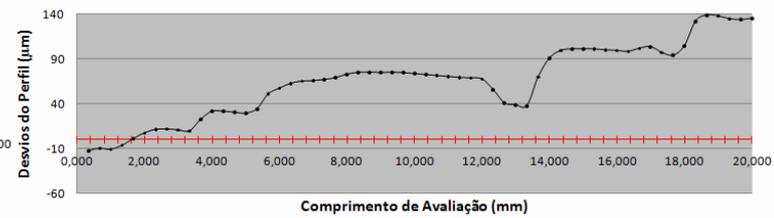
**Perfil da Rugosidade CP09 - Lixamento
Transversal**



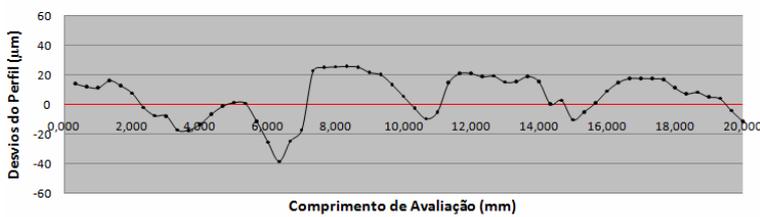
**Perfil da Rugosidade CP10 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



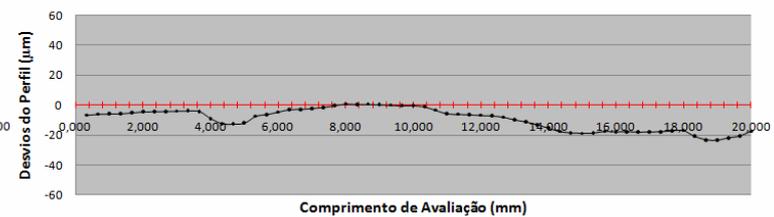
**Perfil da Rugosidade CP10 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - contra a grã**



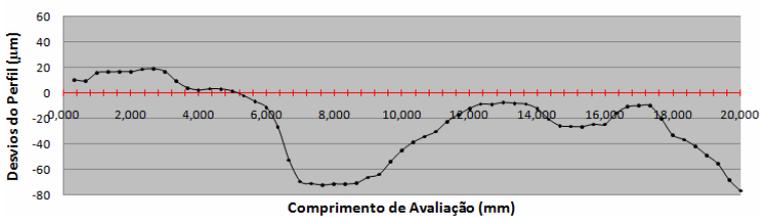
**Perfil da Rugosidade CP10 - Aplainamento
12,4 m/min - Transversal - a favor da grã**



**Perfil da Rugosidade CP10 - Lixamento
Longitudinal**



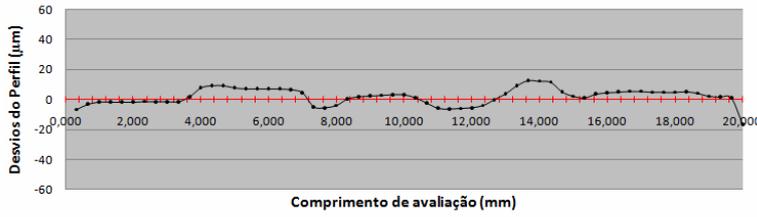
**Perfil da Rugosidade CP10 - Aplainamento
12,4 m/min - Longitudinal - contra a grã**



**Perfil da Rugosidade CP10 - Lixamento
Transversal**



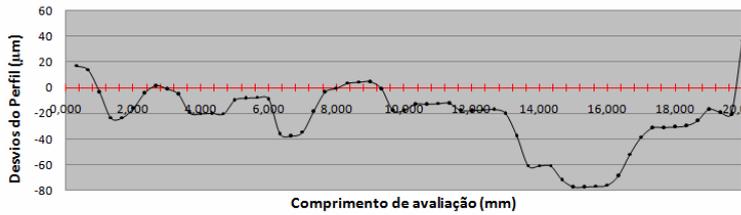
**Perfil da Rugosidade CP11 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



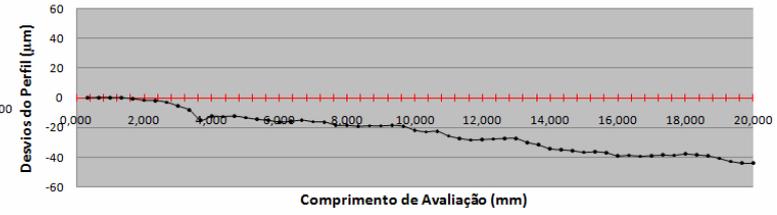
**Perfil da Rugosidade CP11 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - contra a grã**



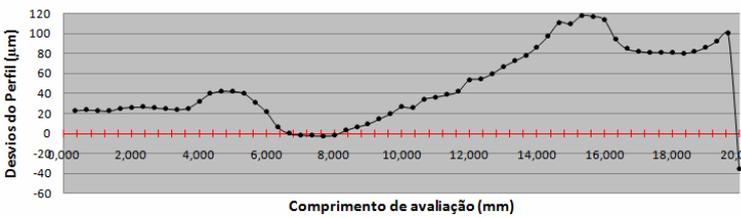
**Perfil da Rugosidade CP11 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - a favor da grã**



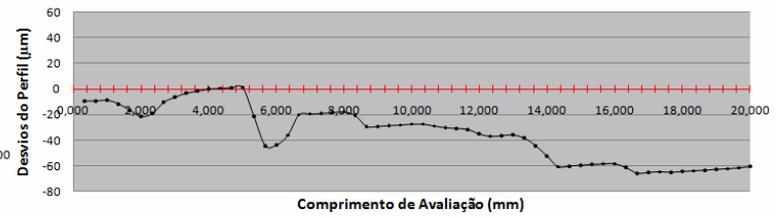
**Perfil da Rugosidade CP11 - Lixamento
Longitudinal**



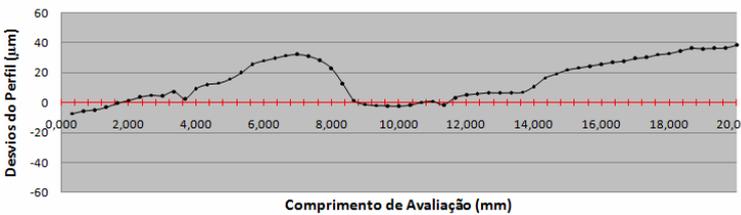
**Perfil da Rugosidade CP11 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - contra a grã**



**Perfil da Rugosidade CP11 - Lixamento
Transversal**



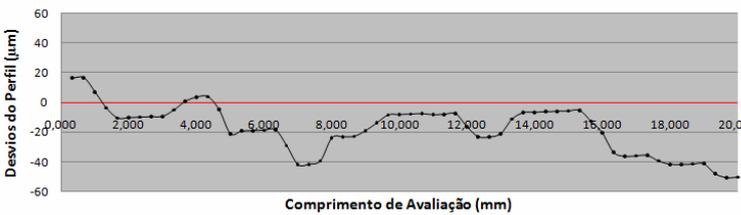
**Perfil da Rugosidade CP12 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



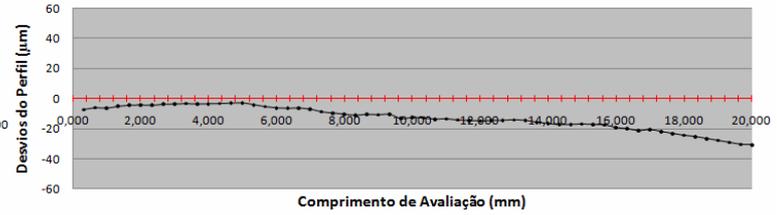
**Perfil da Rugosidade CP12 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - contra a grã**



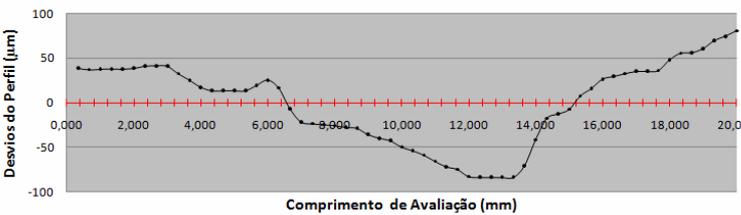
**Perfil da Rugosidade CP12 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - a favor da grã**



**Perfil da Rugosidade CP12 - Lixamento
Longitudinal**



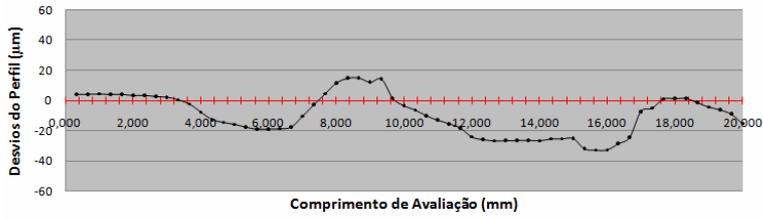
**Perfil da Rugosidade CP12 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - contra a grã**



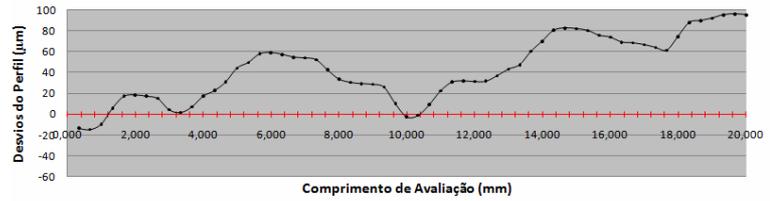
**Perfil da Rugosidade CP12 - Lixamento
Transversal**



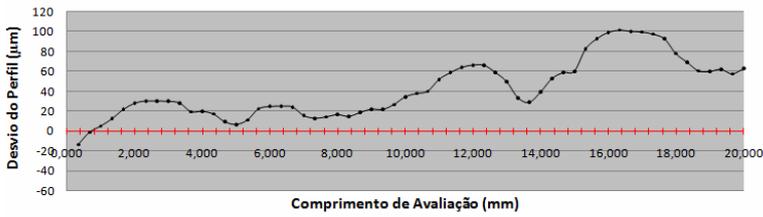
**Perfil da Rugosidade CP13 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



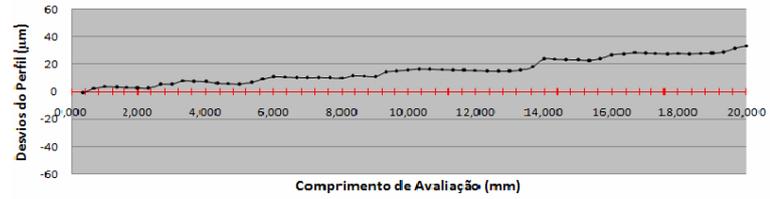
**Perfil da Rugosidade CP13 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - contra a grã**



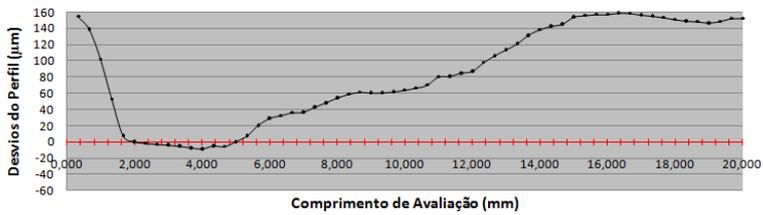
**Perfil da Rugosidade CP13 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - a favor da grã**



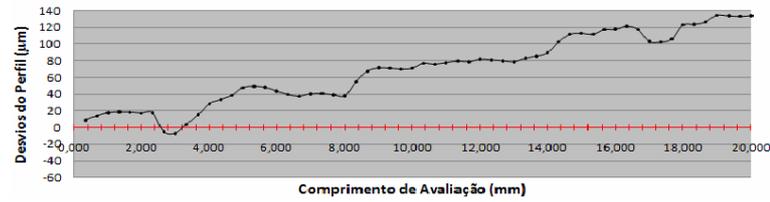
**Perfil da Rugosidade CP13 - Lixamento
Longitudinal**



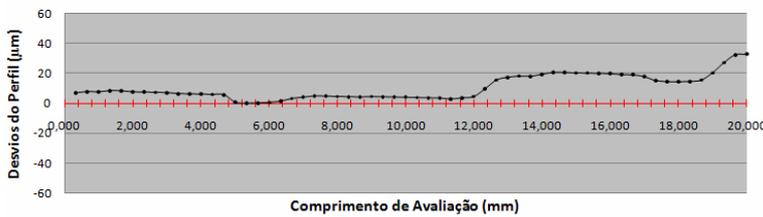
**Perfil da Rugosidade CP13 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - contra a grã**



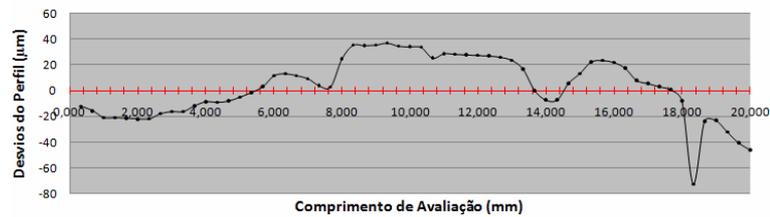
**Perfil da Rugosidade CP13 - Lixamento
Transversal**



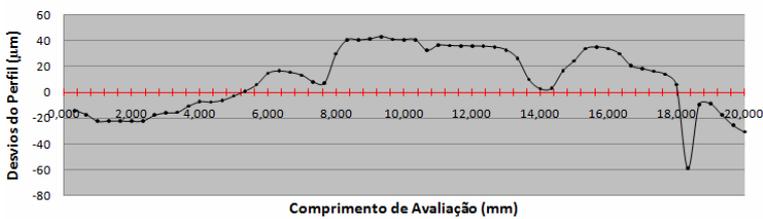
**Perfil da Rugosidade CP14 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



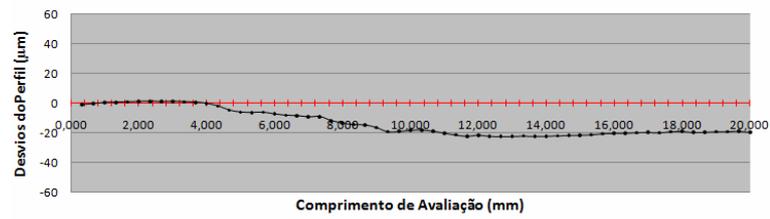
**Perfil da Rugosidade CP14 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - contra a grã**



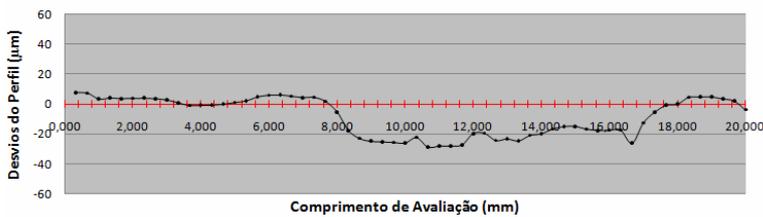
**Perfil da Rugosidade CP14 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - a favor da grã**



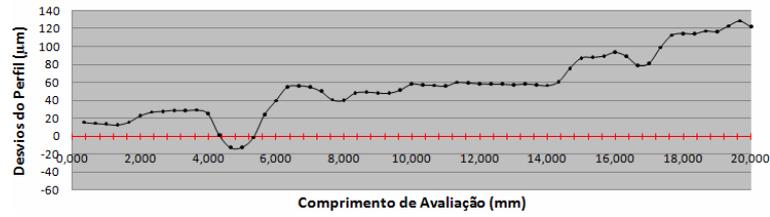
**Perfil da Rugosidade CP14 - Lixamento
Longitudinal**



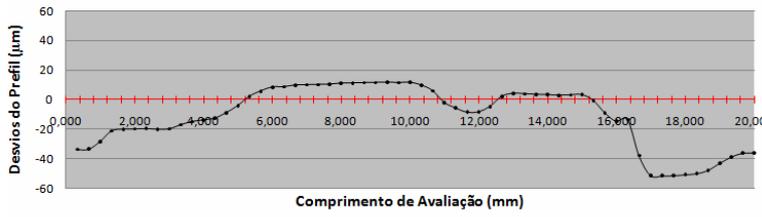
**Perfil da Rugosidade CP14 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - contra a grã**



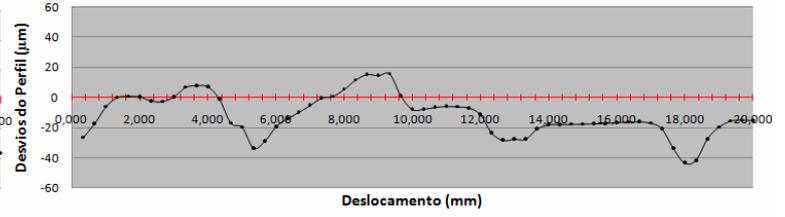
**Perfil da Rugosidade CP14 - Lixamento
Transversal**



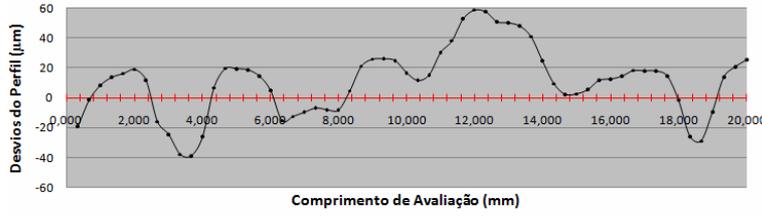
**Perfil da Rugosidade CP15 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - a favor da grã**



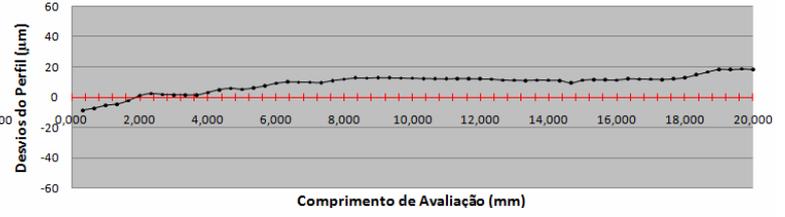
**Perfil da Rugosidade CP15 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - contra a grã**



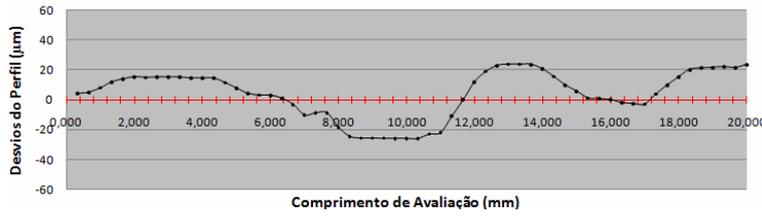
**Perfil da Rugosidade CP15 - Aplainamento
24 m/min - Transversal - a favor da grã**



**Perfil da Rugosidade CP15 - Lixamento
Longitudinal**



**Perfil da Rugosidade CP15 - Aplainamento
24 m/min - Longitudinal - contra a grã**



**Perfil da Rugosidade CP15 - Lixamento
Transversal**

