



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

**ANA CECÍLIA PANCOTTI BRUM DE AVELLAR**

**COMPORTAMENTO DA MADEIRA DE *Pterocarpus rohrii* Vahl APÓS OS PROCESSOS DE  
USINAGEM, CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E ANÁLISE DE  
RUGOSIDADE**

Prof. Dr. ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO– 2017



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

**ANA CECÍLIA PANCOTTI BRUM DE AVELLAR**

**COMPORTAMENTO DA MADEIRA DE *Pterocarpus rohrii* Vahl APÓS OS PROCESSOS DE  
USINAGEM, CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E ANÁLISE DE  
RUGOSIDADE**

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

Prof. Dr. ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2017

**COMPORTAMENTO DA MADEIRA DE *Pterocarpus rohrii* Vahl APÓS OS  
PROCESSOS DE USINAGEM, CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS  
E ANÁLISE DE RUGOSIDADE**

**ANA CECÍLIA PANCOTTI BRUM DE AVELLAR**

Monografia aprovada em 28 de novembro de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho – UFRRJ  
Orientador

---

Eng. MSc. Carlos Eduardo Silveira da Silva-UFRRJ  
Membro

---

Eng<sup>a</sup>. Norma da Silva Rocha Maciel– UFRRJ  
Membro

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a minha família, ao meu amor e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por toda força que Ele deu a mim e a minha família durante esses cinco anos de graduação.

A minha mãe Rosilene, minha irmã Isabela e meu sobrinho Henrique pelo amor imensurável e confiança ao longo da vida e a toda família Pancotti Brum pelo apoio, carinho, amor e confiança ao longo desses anos.

Ao Prof. Dr. Alexandre Monteiro por confiar e ter me recebido tão bem no laboratório, dando apoio durante o processo deste trabalho.

Aos membros do Laboratório de Processamento da Madeira- LPM da UFRRJ.

A Claudia Reis por ter concebido a matéria prima para execução desta monografia juntamente com a Reserva Natural do Vale. Foi fundamental para a realização da mesma.

Ao companheiro de curso Paulo César por toda ajuda, apoio e motivação.

As meninas da República, Ana Couto, Adriana Rosa e Carolina Leite por todos os momentos especiais e engraçados vividos.

As amigas Nathalia Macedo, Thais Guedes, Camila Paixão e Thayane Bilhão por me aceitarem como membro da casa e me acolherem como família durante esses anos de graduação.

Aos meus amigos e amigas do Jogra Rural por estarem sempre comigo.

Ao amigo e companheiro Rafael Tocantins, pelas inúmeras risadas e conselhos.

A todos os amigos que a Engenharia Florestal e a Rural me proporcionaram.

Aos membros e antigos membros da Flora Jr. por todo conhecimento compartilhado e amizade.

E por fim, mas não menos importante, ao meu amor Rodrigo Taborda e toda sua família pela estrutura, apoio, motivação, companheirismo e por se tornarem a minha família também.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a trabalhabilidade da madeira de Pau Sangue, proveniente de uma área experimental na Reserva Natural Vale (RNV), após processos de usinagem, caracterização das propriedades físicas e rugosidade usando a espécie *Pinus elliotti* como comparação. Para elaboração dos corpos de provas foi usado material de três árvores distintas de Pau Sangue de aproximadamente 30 anos de idade. Para os testes de usinagem foram confeccionados 18 corpos de provas, 6 de cada árvore. Para caracterização das propriedades físicas, 18 corpos de provas, 6 de cada árvore de Pau Sangue. Os testes de usinagem realizados foram: teste da plaina, teste da lixa, teste de furação para cavilha e dobradiça, teste do rasgo e fendilhamento por pregos, avaliados de acordo com a norma ASTM D-1666-87, que trata da trabalhabilidade da madeira, adaptada por IBAMA (1997). Após o teste da lixa as amostras foram utilizadas para avaliar a rugosidade da madeira usando “cut off” de 2,5 mm, filtro RC e os valores da rugosidade média para sua determinação. As propriedades físicas determinadas foram: densidade básica e coeficiente de anisotropia, conforme a norma NBR 7190 (ABNT, 1997), Projetos de estrutura de madeira - Anexo B”. Nos testes de usinagem, a madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl apresentou baixa qualidade em acabamentos superficiais e furações, quando comparada ao *Pinus elliotti* visualmente. Tecnicamente foi possível observar a que a espécie avaliada necessita de cuidados maiores na adequação de máquinas e variáveis em seu processamento, não sendo indicada para utilizações nobres como movelaria ou outra que exija grande qualidade superficial, porém usos como caixotaria, mercado de embalagens, preenchimento de esquadrias para isolamento, a madeira pode ser considerada como matéria prima. A madeira apresentou densidade de 0,409g/cm<sup>3</sup> sendo considerada leve e variabilidade dentro a espécie, sendo considerada como pouco estável e rugosa.

Palavras-chaves: Pau Sangue, densidade básica, coeficiente de anisotropia.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the quality of the Pau Sangue wood from an experimental area in the Vale do Rio Doce Natural Reserve (RNVRD), after machining processes, characterization of the physical properties and roughness, using *Pinus elliotti* as a comparison. For the preparation of test specimens, material from three distinct Pau Sangue trees of approximately 30 years old planted in a homogeneous field was used. For the machining test, 18 test bodies were made, 6 of each tree. For characterization of the physical properties, 18 test bodies, 6 of each Tree of Pau Sangue. The machining tests were: planer test, sandpaper test, nail and hinge drilling test, tear test and nail splitting, evaluated according to ASTM D-1666-87, adapted by IBAMA (1997). After the sanding test the samples were used to evaluate the roughness of the wood using 2.5 mm cut off, RC filter and the mean roughness values for its determination. The physical properties determined were: basic density and anisotropy coefficient, according to NBR 7190 (ABNT, 1997), Design of wood structure - Annex B ". During the machining tests, the wood of *Pterocarpus rohrii* Vahl presented low quality before surface finishes and drills, when compared to *Pinus elliotti* visually. Technically it is possible to observe the inadequacy use for wood purposes with high aggregative value. The analyzed wood 0,409 g/cm<sup>3</sup> presented light density and variability among the species, being considered as little stable and rough.

Key words: Pau Sangue, basic density, anisotropy coefficient.

## Sumário

LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo geral .....	2
2.2 Objetivos específicos .....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1 Pterocarpus rohrii Vahl.....	2
3.2 Usinagem da madeira .....	3
3.3 Propriedades físicas da madeira.....	4
3.4.1 Densidade Básica.....	4
3.4.2 Coeficiente de Anisotropia .....	5
3.4 Rugosidade.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4.1 Local de coleta do material.....	6
4.2 Corpos de prova .....	8
4.3 Propriedades Físicas .....	9
4.3.1 Densidade Básica.....	10
4.3.2 Coeficiente de Anisotropia .....	11
4.4 Testes de Usinagem .....	12
4.4.1 Aplainamento - Teste da Plaina.....	12
4.4.2 Lixamento - Teste da Lixa .....	13
4.4.3 Teste de Furação .....	14
4.4.4 Teste do Rasgo.....	16
4.4.5 Fendilhamento por Pregos .....	17
4.5 Rugosidade.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5.1 Usinagem da Madeira .....	17
5.1.1 Teste da Plaina.....	18
5.1.2 Teste da Lixa.....	19
5.1.3 Teste de Furação .....	20
5.1.4 Teste do Rasgo.....	21
5.1.5 Fendilhamento por Pregos .....	22

5.2 Propriedades Físicas da Madeira .....	23
5.2.1 Densidade Básica .....	23
5.2.2 Coeficiente de Anisotropia .....	25
5.3 Rugosidade.....	26
6. CONCLUSÕES .....	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
8. ANEXOS .....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tora da árvore de Pau Sangue recém abatida na Reserva Natural Vale .....	3
Figura 2: Localização da Reserva Natural Vale .....	7
Figura 3: Árvore de Pau Sangue recém abatida na Reserva Natural do Vale .....	7
Figura 4: Corpos de prova para testes de usinagem mostrando a numeração para separação das três árvores e tábuas usadas.....	8
Figura 5: Corpos de Prova para a caracterização das propriedades físicas da madeira sendo feitos por serra de fita .....	9
Figura 6: Amostras para teste das propriedades físicas sendo pesadas em balança digital .....	10
Figura 7: Paquímetro digital utilizado para medições dos corpos de prova de Pau Sangue e Pinus consecutivamente.....	10
Figura 8: Demonstração de corte da madeira pela plaina mostrando a posição em oposição e concordância a grã .....	12
Figura 9: Corpos de provas do Pau Sangue sendo passados na plaina.....	13
Figura 10: Lixadeira de esteira com aproximadamente 2,7 m de comprimento usada para realização do teste da lixa.....	14
Figura 11: Amostras de Pau Sangue sendo passadas na lixadeira de esteira por aproximadamente 20 segundos cada .....	14
Figura 12: Furadeira vertical de coluna com avanço manual usada para os testes de Furação .....	15
Figura 13: Furação do tipo dobradiça passante .....	15
Figura 14: Furadeira tipo horizontal utilizada para o teste do rasgo e detalhe do corpo de prova em operação.....	16
Figura 15: Corpo de prova após teste de fendilhamento por pregos .....	17
Figura 16: Defeitos de riscamento e grãos felpudas com maior ocorrência nos corpos de prova após passarem pelo Teste da Lixa .....	19
Figura 17: Defeitos com maior ocorrência no teste de furação feita por furadeira vertical de coluna equipada com broca chata em furos não passantes e passantes .....	21
Figura 18: Diferentes intensidade de levantamento das fibras apresentadas nos corpos de prova após do Teste do Rasgo .....	22
Figura 19: Corpos de prova com presença de rachaduras e trincas após teste de Fendilhamento por pregos .....	23
Figura 20: Variação da densidade básica das três árvores de Pau Sangue .....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação de acordo com os diferentes tipos de defeitos apresentados após o teste da plaina, em que “C” representa a direção em concordância das fibras e “D” apresentando o sentido oposto das fibras: .....	18
Tabela 2: Avaliação da superfície da madeira de <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl após o teste de lixamento: .....	19
Tabela 3: Avaliação do teste de furação realizado com furadeira vertical de coluna equipada com broca chata na madeira de <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl .....	20
Tabela 4: Avaliação do teste de furação realizado com furadeira vertical de coluna equipada com broca do tipo cavilha na madeira de <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.....	21
Tabela 5: Resultados da avaliação do teste de rasgo realizado pela furadeira horizontal: .....	22
Tabela 6: Densidade básica obtida nas amostras de Pau Sangue separadas de acordo com a classificação inicial: .....	24
Tabela 7: Informações de Agrupamento usando método de Tukey e confiança de 95%. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes: .....	25
Tabela 8: Valores do coeficiente de anisotropia de pau sangue: .....	25
Tabela 9: Valores médios Ra, Rt e Rz obtidos após análise de rugosidade na madeira de <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl: .....	26
Tabela 10: Médias obtidas após análise de variância para o teste de rugosidade .....	27

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o segundo país com maior extensão em cobertura vegetal, possuindo 61% dos 886 milhões de hectares contidos no continente latino americano. Seus principais ecossistemas são: Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal e os Campos Sulinos (BNDS, 2002). De todos esses ecossistemas, o mais afetado é a Mata Atlântica, que segundo estudos feitos pela Fundação SOS Mata Atlântica (2015), nos últimos 28 anos o bioma perdeu aproximadamente 1.850.896ha, restando apenas 8,5% de remanescente florestais acima de 100ha. Existem fragmentos menores que 3ha e que somados representam 12,5% dos 1,3 km<sup>2</sup> originais.

Esse déficit de Mata Atlântica ocorreu devido à alta ocupação populacional e crescimento econômico das regiões Nordeste, Sul e Sudeste, onde concentra-se 85% da população brasileira. A vegetação nativa remanescente dessas regiões está protegida e sua exploração sendo restrita aos reflorestamentos ocorridos em Unidades de Conservação (BNDS, 1999).

A Reserva Natural Vale (RNV) localizada na região Sudeste no estado do Espírito Santo, abrange uma área aproximada de 22 mil hectares e é um dos últimos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, conhecida também Floresta Tabuleiro pertencente ao bioma Mata Atlântica (Jesus, 2001). Com intuito de preservar e conservar os fragmentos remanescentes existentes no interior e entorno da RNV, projetos de reflorestamento ocorrem em áreas experimentais a fim de obter conhecimento a fundo sobre as espécies pertencentes ao local.

Talhões experimentais foram alocados na Reserva, e dentre as espécies em estudo tem-se a *Pterocarpus rohrii* Vahl, pertencente à família Fabaceae, cujo o qual foi submetida a plantios homogêneos e tratos silviculturais durante 30 anos para avaliar seu comportamento diante de fins madeireiros.

A Abimci (2009) afirma que a maior produção de madeira serrada do país ainda é fruto da exploração de florestas nativas, porém, esse cenário vem sendo invertido devido a retirada ilegal de matéria prima, difícil produção de nativas por conta do tempo ideal para corte e devido ao plantio de espécies oriundas de reflorestamento, que se tornou expressiva em relação a produção total brasileira.

Segundo dados fornecidos em 2002 pelo IBAMA, as indústrias madeireiras brasileiras produziram um total de 166.310 milhões de m<sup>3</sup> de madeira de reflorestamento no ano 2000. A necessidade de matéria prima vem sendo cada vez maior devido ao alto crescimento econômico e valor agregado que produtos oriundos de madeira podem trazer.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a trabalhabilidade da madeira da espécie *Pterocarpus rohrii* Vahl submetida aos processos de usinagem e caracterizar suas propriedades físicas e rugosidade, utilizando o *Pinus elliottii* como testemunha para comparação.

### 2.2 Objetivos específicos

- (i) Verificar a existência de variabilidade em três árvores de uma mesma espécie diante dos testes realizados;
- (ii) Avaliar o comportamento das amostras em ensaios de aplainamento, lixamento, furações, rasgo lateral e inserção de pregos indicando adequações aos processos de usinagem com a espécie estudada;
- (iii) Comparar os resultados de uma espécie de potencial madeireiro obtida em plantio homogêneo com dados da literatura de espécies disponíveis no mercado madeireiro.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 *Pterocarpus rohrii* Vahl

Nativa da Mata Atlântica e com ocorrência em quase todos os biomas brasileiros, a espécie é conhecida popularmente como pau sangue, sangueiro ou aldrago, cujo o nome científico é *Pterocarpus rohrii* Vahl (LORENZI.H, 1998).

Pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), sendo essa a terceira maior família de angiospermas que compreendendo cerca de 727 gêneros e 19.325 espécies, aproximadamente incluindo o gênero *Pterocarpus* representante da espécie de estudo (LEWIS, 2005).

A família Fabaceae é subdividida em três subfamílias de acordo com as características morfológicas apresentadas. A subfamília Papilionoideae (Faboidae), representando a espécie em estudo, contém 476 gêneros e 14.000 espécies sendo a que abrange maior quantidade de indivíduos (Lewis, 2005). Já em Caesalpinioideae ocorre certa de 170 gêneros e 3.000 espécies aproximadas (Doyle et. al., 2000). E a subfamília Mimosoideae possui cerca 77 gêneros e 3.000 espécies (APG II, 2003; LUCKOW, 2003).

Podendo chegar até 30 metros de altura, o Pau Sangue, tem características marcantes. Na Figura 1 é possível observar os detalhes do látex avermelhado saindo de sua casca. Como o látex vermelho exsudado do tronco quando sofre injúria, responsável pelo nome popular dado a espécie, ou a floração vistosa de coloração amarelada na parte externa e rosada na parte interna, tendo beleza exuberante (CARVALHO, 2008).

Classificada também como uma das espécies do gênero *Pterocarpus* a ser conhecida popularmente como “mututi”, ou seja, produtora de madeira. Estudos feitos por Da Silva et al, (2013) tendo o objetivo de fazer o levantamento morfológico e literário de 19 espécies do gênero citado, em que apenas 13 tiveram seu nome científico aceito

para tal fim. O pau sangue foi uma das classificações que teve aceitação, porém, segundo Ducke (1949) a madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl produzida no Brasil possui coloração esbranquiçada e macia, não sendo considerada boa para produção madeireira.



**Figura 1:** Tora da árvore de Pau Sangue recém abatida na Reserva Natural do Vale  
Fonte: Arquivo interno LPM, 2017.

Por pertencer a família Fabaceae, o *Pterocarpus rohrii* Vahl possui características típicas que despertam grande interesse para o uso na recuperação de áreas degradadas e restauração florestal. Além de serem adaptáveis a diversos biomas brasileiros, a espécie, é capaz de fornecer nitrogênio ao solo através da fixação de nitrogênio atmosférico conjuntamente com bactérias denominada de rizóbios. Esse processo é conhecido por fixação biológica de nitrogênio e é de extrema importância quando o assunto é economia em fertilizantes nitrogenados (COLETTA, 2010).

Com caráter ornamental, o Pau Sangue vem ganhando espaço pelos municípios do Brasil através da arborização urbana. Destaca-se pelo látex vermelho presentes em seu tronco e beleza de sua copa e floração. Seus frutos não são atrativos pela flora e possui dispersão anemocórica, porém a polinização é feita por abelhas que costumam gostar no néctar oferecido pelas flores.

De acordo com Lorenzi (1998), apresenta boa produção celulósica, sendo usada para fins de produção madeireira, como confecção de compensados, revestimentos decorativos, caixotarias, revestimentos internos na construção civil, entre outros artefatos.

Segundo Costa (1999) um dos fatores que vem afetando o uso de madeira nativa para fins de produção e sua desvalorização é falta de pesquisas e inadequação em tratamentos preventivos e curativos contra o ataque de organismos deterioradores da madeira, que comprometem diretamente suas propriedades físicas e estética do produto. Com ênfase nos fungos manchadores, que afetam diretamente a colocação da madeira de tonalidade clara, sendo o caso da espécie nativa em estudo neste trabalho, é necessário proceder estudos específicos contra organismos danificadores para uso comercial da madeira.

### 3.2 Usinagem da madeira

A usinagem da madeira é composta por um conjunto de operações que tem como finalidade avaliar a qualidade desta matéria prima perante o uso de maquinários específicos, indicando sua trabalhabilidade em diferentes maquinários. Os procedimentos necessários para a operação são realizados de acordo com as orientações da norma da ASTM D-1666-87, adaptada por IBAMA (1997).

Fazem parte deste conjunto de processos o aplainamento, lixamento, furação por cavilhas, fendilhamento por pregos, teste do rasgo, desengrosso e desempenho. Após a realização dos testes, é possível perceber visualmente se a espécie aceita ou não determinado uso. A presença de grãos levantadas, grãos arrancadas, grãos felpudas ou rachaduras são pontos essenciais para diagnosticar a boa ou má aceitação da espécie.

Cada espécie reage de forma distinta de acordo com a composição química, física e anatômica da madeira. Perante as propriedades existentes, pode-se observar uma alteração na qualidade do produto final e rendimento operacional, podendo gerar maiores quantidades de resíduos e ineficiência na otimização do tempo de produção.

Além de componentes químicos, físicos e anatômicos, existem outros fatores que podem afetar nos testes de usinagem. A madeira tem que estar devidamente seca para a realização das operações, o operador precisa ser qualificado para o serviço e obter entendimento sobre o modo correto de se usinar a madeira. Esse fator é de extrema importância, pois pode acarretar em falsos resultados caso não ocorra o manuseio correto dos equipamentos e corpos de prova. Um bom profissional aumenta o rendimento operacional e agrega valor ao acabamento superficial da madeira (CARVALHO et al.; 2010).

Segundo Silva (2002) é vantajoso que se otimize os processos de usinagem da madeira, como a diminuição do valor de energia demandada pelas máquinas operantes, prolongamento da vida útil das ferramentas utilizadas, diminuição dos resíduos gerados, aumento da produtividade operacional, menores custos, e valoração do produto final.

A qualidade do teste de usinagem é subdividida em dois grupos de pesquisa, em que um direciona a qualidade da madeira através dos valores normativos da usinagem, usando como base os cálculos do avanço por dente (fz) e o da profundidade do arco cicloide (t). Já o segundo grupo além de considerar os parâmetros mencionados anteriormente, leva em conta também a presença de falhas na superfície da madeira por suas distintas composições físicas, químicas e taxonômicas dando dimensões e orientações a madeira (SILVA, 2002).

### **3.3 Propriedades físicas da madeira**

A avaliação das propriedades físicas da madeira foi feita segundo a norma ABNT NBR 7190:1997 “Projetos de estrutura de madeira - Anexo B”.

#### **3.3.1 Densidade Básica**

De acordo com a NBR 7190:1997 define-se como “densidade básica” da madeira como sendo a massa específica convencional pelo quociente da massa seco pelo volume saturado (ABNT,1997, p.14).

A determinação da densidade básica de uma espécie é uma das propriedades físicas mais estudadas, por ser de fácil determinação e apresentar boas relações com as propriedades mecânicas da madeira (PANSIN, et al, 1970).

Melo et al, (1990) separou a densidade da madeira em três classificações: madeiras de baixa densidade aquelas que apresentavam valores abaixo de 0,550 g cm<sup>3</sup>, média densidade madeiras com valores entre 0,550 e 0,720 g/cm<sup>3</sup> e madeiras de alta

densidade quando os valores fossem maiores a  $0,720 \text{ g cm}^3$ . De acordo com essa classificação é possível encontrar em literatura a densidade básica da madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl sendo considerada de densidade baixa apresentando valor de  $0,481 \text{ g cm}^3$  (NOGUEIRA, 2005).

### 3.3.2 Coeficiente de Anisotropia

O coeficiente de anisotropia é usado para avaliar a estabilidade dimensional da madeira, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (T/R). De acordo com Durlo (1992) quando os valores desta relação são iguais a 1,0 é considerado como uma situação ideal, ou seja, não provocaria formações de tensões internas. Madeiras que se comportam com alto desvio perante as variações dimensionais no sentido anatômico tangencial e radial, tem por consequência fatores de anisotropia maiores, ou seja, pior será seu comportamento perante a estabilidade da madeira referente ao teor de umidade (MORESCHI, 2014).

A metodologia usada foi a de Durlo e Marchiori (1992), que estabeleceram padrões de notas para classificar os resultados obtidos diante dos coeficientes de anisotropia em geral, em que valores de 1,2 a 1,5 são considerados como excelentes, de 1,5 a 2,0 são considerados como normais e valores acima de 2,0 são considerados como ruins, com menor estabilidade da madeira.

É possível encontrar outras classificações diante dos valores anisotrópicos, em que 1,2 a 1,5 as madeiras são consideradas como excelentes e indicadas para usos cuja exigências não permitam defeitos relacionados a instabilidade. De 1,6 a 1,9 madeiras consideradas normais e resultados maiores que 2 são consideradas de baixa qualidade, ou seja, baixa estabilidade (MORESCHI, 2014).

### 3.4 Rugosidade

De acordo com a Norma NBR ISO 4287/2002 rugosidade é definida pelo “conjunto de desvios microgeométricos, caracterizado pelas pequenas saliências e reentrâncias presentes em uma superfície”.

Após os testes de usinagem, a qualidade da madeira pode ser avaliada por meio da medição da rugosidade. Como empecilho, temos as irregularidades superficiais que podem apresentar, ou seja, a rugosidade pode ser influenciada pela estrutura anatômica da madeira (Taylor et al., 1999) ou o tipo de teste empregado e manuseio realizado durante o processamento, o operador interfere diretamente nesse quesito (KILIC et al., 2006).

O perfil da rugosidade é obtido através da separação do desvio de forma e da textura secundária do perfil efetivo por meio do uso de filtros. Sua avaliação é feita pela medição por amostragem do comprimento de onda, cut off, que minimiza o efeito do desvio de forma na avaliação da rugosidade pela utilização de filtros (AGOSTINHO, et al; 1995).

Esses filtros podem ser mecânicos, como o caso da “sapata” ou matemáticos, que consiste em uma equação ajustada aos resultados da medição para corrigir o desvio de forma e ondulações secundárias. As normas NBR ISO 4287/2002 e NBR 8404/1988, no Brasil, indicam o uso do sistema M, considerado um filtro matemático.

Em função de uma linha de referência disposta na direção do perfil, determina-se a rugosidade. Os parâmetros de amplitudes mais utilizados são a Rugosidade média ( $R_a$ ), Altura total do Perfil ( $R_t$ ) e Profundidade média ( $R_z$ ).

Rugosidade média ou  $R_a$  corresponde matematicamente a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento ( $y_i$ ), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição ( $l_m$ ). Para cálculo da área, usa-se a altura de um retângulo e soma-se as áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição ( $l_m$ ) (ARENIBIA, 2009).

Em 2009, Arenibia definiu altura total do perfil ou  $R_t$  sendo a altura máxima de um pico a um vale no percurso de medição ( $l_m$ ), sendo então a amplitude máxima entre o pico mais alto e o vale mais profundo apresentados durante o processo de rugosidade.

A profundidade média ou  $R_z$  é definido pela distância vertical entre o pico mais alto e o mais profundo vale dentro do comprimento de amostragem. Sendo a média aritmética dos valores de  $R_z$  em amostragens consecutivas. É então a soma dos valores das ordenadas dos pontos de maiores afastamentos da linha média existentes no comprimento de amostragem (ARENIBIA, 2009).

## MATERIAL E MÉTODOS

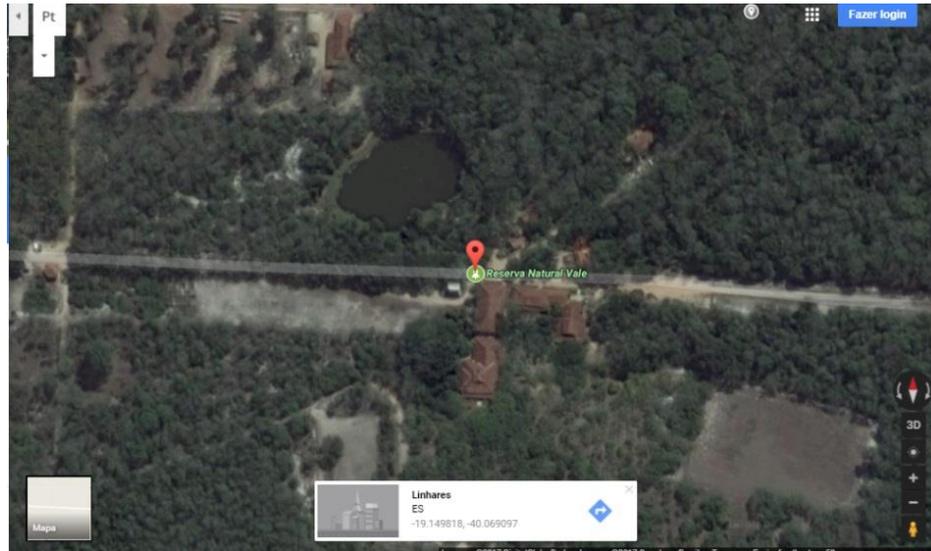
### 4.1 Local de coleta do material.

O material concebido para o presente estudo tem origem de uma área experimental instalada na Reserva Natural Vale (RNV), pertencente a Companhia Vale, localizada no estado do Espírito Santo (ES), Brasil, entre os municípios de Linhares e Jaguaré, com acesso pela BR 101, altura do km 122, sentido norte (Jesus, 2001). Com extensão de aproximadamente 22 mil hectares, segundo o IBGE (1992) a vegetação é classificada com Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas, comumente conhecida como Floresta de Tabuleiro.

Estudos de Jesus (2005) apontam que a RNV sofre fragmentação de seu entorno, sendo predominado por pastagens, cultivos agrícolas e eucaliptais. Seu interior possui uma das maiores áreas protegidas de Mata Atlântica, consistindo em dos últimos remanescentes da Floresta Tabuleiro.

Foi realizado plantios para fins madeireiros utilizando espécies nativas da Mata Atlântica com influência de técnicas silviculturais diferentes espaçamentos, a fim de avaliar seu crescimento perante esses tratamentos.

Com foco em avaliar o comportamento de espécies nativas da Mata Atlântica, o experimento referente a estudo foi feito através de talhões homogêneos, com espaçamentos uniformes com fins madeireiros, envolvendo técnicas silviculturais e acompanhamento durante 30 anos, idade em que ocorreu o abate das árvores. Deste talhão de *Pterocarpus rohrii* Vahl, retiraram-se 3 árvores para serem realizados trabalhos científicos.



**Figura 2:** Localização da Reserva Natural Vale

Fonte: Google Earth ,2017.

A retirada da espécie foi feita pelos membros do Laboratório de Processamento Mecânico da UFRRJ, pertencente ao Departamento de Produtos Florestais (DPF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) obedecendo precedentes legais (DOF). Transferidas em formas de toras para o Pátio de Secagem-UFRRJ e em seguida desmembrada em tábuas utilizando serra de fita e empilhadas com o auxílio de tabiques, para a melhor secagem. Foram utilizadas toras de 3 árvores distintas e separadas com a seguinte numeração: árvore 1, 2 e 3.



**Figura 3:** Árvore de Pau Sangue recém abatida na Reserva Natural Vale

Fonte: Arquivo interno LPM ,2017.

## 4.2 Corpos de prova

Com a secagem adequada, as tábuas foram levadas para o laboratório de Processamento da Madeira que posteriormente ocorreu a confecção das amostras para o ensaio das propriedades físicas e os testes de usinagem de acordo com os padrões das normas exigidas.

Com as 3 tábuas de pau sangue foram obtidos um total de 18 amostras para o teste de usinagem, cada tábua totalizando em 6 amostras. Os corpos de provas tiveram como referências as dimensões de 30cm x 12 cm x 2,3 cm de acordo com a norma ASTM D-1666-87, adaptada por IBAMA (1997) (Figuras 4).



**Figura 4:** Corpos de prova para testes de usinagem mostrando a numeração para separação das três árvores e tábuas que foram usadas.

Para a caracterização das propriedades físicas da madeira foram confeccionadas 18 amostras usando serra de fita com dimensões aproximadas de 3cm X 2cm X 5cm da espécie de pau sangue, totalizando também em 6 amostras por tábua de acordo com os procedimentos exigidos pela NBR 7190:1997 (Figura 5).



**Figura 5:** Corpos de Prova para a caracterização das propriedades físicas da madeira sendo feitos por serra de fita.

### **4.3 Propriedades Físicas**

Com as amostras confeccionadas de acordo com os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 7190:1997, foram realizadas as pesagens em balança digital (Figura 6) e as medições com o auxílio de paquímetro eletrônico (Figura 7) tirando as dimensões dos corpos de prova nos sentidos radial, tangencial e longitudinal. Essa medição foi realizada duas vezes em cada sentido obtendo sua média para melhor precisão. Através do valor do peso e dimensões mensuradas das amostras foi possível determinar as propriedades físicas.



**Figura 6:** Amostras para teste das propriedades físicas sendo pesadas em balança digital.



**Figura 7:** Paquímetro digital utilizado para medições dos corpos de prova de pau sangue.

#### 4.3.1 Densidade Básica

Para cálculo da densidade básica as amostras de pau sangue foram separadas de acordo com a classificação recebida em campo (espécie, árvore, tora e tábua), sendo identificadas também por letras de A a F e por placa de alumínio contendo essas informações mencionadas. Em seguida foram imersas em água para que ocorresse a saturação total da madeira, ou seja, para que todos os seus poros fossem preenchidos por água.

Após a saturação foram medidas as dimensões tangenciais, radiais longitudinais de acordo com os anéis de crescimento e o peso para obter o volume saturado da madeira. Em seguida as amostras foram levadas a estufa em temperatura de  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  podendo

assim obter a massa seca da espécie. De acordo com a ABNT NBR 7190:1997 as medições das amostras em estufa eram feitas a cada 6 horas ou até que a diferença entre as medições fosse menor que 0,5%.

Para determinação da densidade básica foram necessários os valores finais do volume saturado e massa seca das amostras para que os mesmos fossem usados na equação:

$$\rho_{bas} = \frac{m_{seca}}{v_{sat}} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Onde:

$\rho_{bas}$  = densidade básica, em g/cm<sup>3</sup>;

$m_{seca}$  = massa seca do corpo de prova, em gramas; e

$v_{sat}$  = volume do corpo de prova saturado, em cm<sup>3</sup>.

#### 4.3.2 Coeficiente de Anisotropia

Através da relação entre a contração tangencial e radial (T/R) é possível calcular o coeficiente de anisotropia. Para se achar a deformação específica da retração tangencial foi preciso medir as dimensões tangenciais dos corpos de provas selecionados que estavam bem orientados de acordo com os anéis de crescimento. Foram medidas dos corpos de provas saturados e em seguida dos secos em estufa. Com os dados obtidos foi possível utilizar a equação:

$$\varepsilon_t = \left( \frac{L_{sat} - L_{seca}}{L_{seca}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$\varepsilon_t$  = deformação específica de retração tangencial;

$L_{sat}$  = dimensão radial do corpo de prova saturado, em cm; e

$L_{seca}$  = dimensão radial do corpo de prova seco; em cm.

Para deformação específica da retração radial foi feito o mesmo procedimento anterior e usado a seguinte equação:

$$\varepsilon_r = \left( \frac{L_{sat} - L_{seca}}{L_{seca}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$\varepsilon_r$  = deformação específica de retração radial;

$L_{sat}$  = dimensão tangencial do corpo de prova saturado, em cm; e

$L_{seca}$  = dimensão tangencial do corpo de prova seco; em cm.

Para calcular o coeficiente de anisotropia é preciso achar a relação T/R usando da equação:

$$CA = \varepsilon_t / \varepsilon_r \quad (4)$$

Onde:

CA = coeficiente de anisotropia;

$\varepsilon_t$  = deformação específica de retração tangencial; e

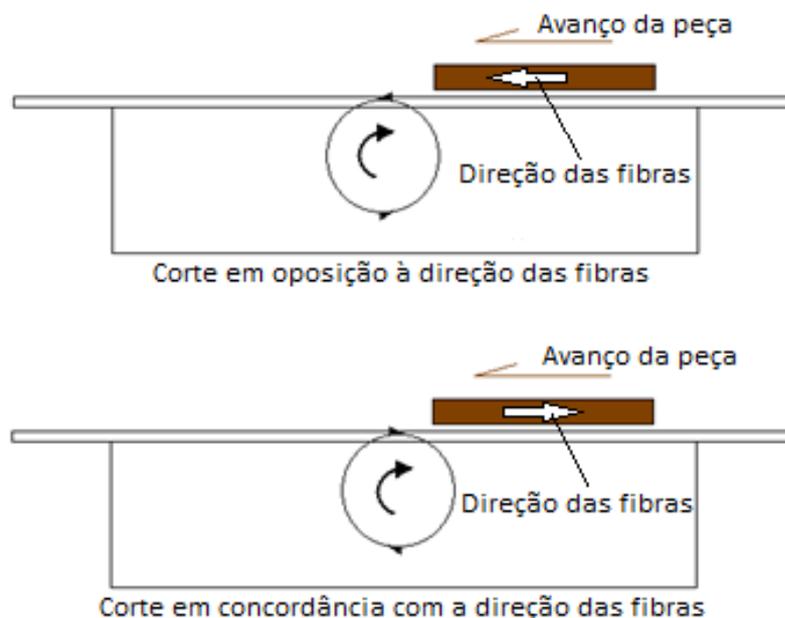
$\varepsilon_r$  = deformação específica de retração radial.

#### 4.4 Testes de Usinagem

Com os corpos de provas já confeccionados, foram realizados os testes de: aplainamento, lixamento, furação, rasgo e fendilhamento por pregos. Esses testes permitem avaliar a qualidade da superfície usinada da madeira.

##### 4.4.1 Aplainamento - Teste da Plaina

Neste teste são realizados dois movimentos para operação de desempenho de acordo com a posição da grã da madeira. Uma em que o corpo de prova está em oposição a grã e outro em que ele está em concordância com a grã, ou seja, a disposição das fibras (Figura 8).



**Figura 8:** Demonstração de corte da madeira pela plaina mostrando a posição em oposição e concordância a grã.

Fonte: Carvalho ,2017.

As amostras foram levadas a plaina desempenadeira contendo duas facas com frequência de rotação do eixo de 2600 min<sup>-1</sup> e altura de corte com 1,6mm

aproximadamente. Cada tipo de operação foi realizado na metade do corpo de prova, sendo que o eixo e a faca foram iguais para os dois lados (Figura 9).



**Figura 9:** Corpos de provas do Pau Sangue sendo passados na plaina.

A avaliação do teste da plaina é feita a partir de 1 (considerado como excelente) a 5 (considerada muito ruim) a qualidade da superfície aplainada, observando se possui a presença de defeitos como levantamento de grã, grã arrancada, presença de grã felpuda e marcas de cavaco.

Classificação para avaliação do teste da plaina:

- Nota 1 – excelente: superfície isenta de quaisquer defeitos;
- Nota 2 – boa: presença de defeitos leves em até metade da peça;
- Nota 3 – regular: presença de defeitos médios, ou leves na maior parte da peça;
- Nota 4 – ruim: presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes;
- Nota 5 – muito ruim: presença de defeitos forte na maior parte da peça.

#### **4.4.2 Lixamento - Teste da Lixa**

Como maquinário para este teste usou-se lixadeira de esteira com aproximadamente 2,70m de comprimento, contendo roda motriz e roda guia, e com lixa de grão 100 (Figuras 10 e 11).

O teste da lixamento é feito do lado oposto ao teste de aplainamento e avaliar o comportamento superficial da madeira após passar a amostra por cerca de 20 segundos seguidos em lixa de esteira, automatizada e com velocidade constante de operação. Sua classificação é feita por notas de 1 a 5, podendo considerar a espécie como excelente até muito ruim de acordo com a quantidade e dispersão de defeitos apresentados nas amostras.

Classificação para avaliação do teste da lixa:

- Nota 1 - excelente: superfície isenta de quaisquer defeitos;
- Nota 2 - boa: superfície com grã felpuda ou riscamento em apenas uma parte pequena da peça;
- Nota 3 - regular: presença de grã felpuda ou riscamento em metade da superfície da peça;
- Nota 4 - ruim: presença de grã felpuda ou riscamento em maior parte da peça;

- Nota 5 - muito ruim: presença de grã felpuda ou riscamento em quase que totalidade da peça.



**Figura 10:** Lixadeira de esteira com aproximadamente 2,7 m de comprimento usada para realização do teste da lixa.



**Figura 11:** Amostras de Pau Sangue sendo passadas na lixadeira de esteira por aproximadamente 20 segundos cada.

#### 4.4.3 Teste de Furação

No teste de Furação usou-se furadeira vertical de coluna com velocidade de avanço manual e frequência de rotação do motor de aproximadamente  $3100.\text{min}^{-1}$  (Figuras 12 e 13).

Após a operação é possível avaliar a presença de grã felpuda, grã arrancada e queima da madeira. Para isso são feitos dois tipos de furação:

- Tipo cavilha, onde o equipamento é equipado por brocas do tipo helicoidal de aço com larguras de 6,8 e 12mm, sendo realizados dois furos para cada broca, ou seja, 6 furos no total.
- Tipo dobradiça, onde usa-se no equipamento broca chata de 25mm. São feitos dois tipos de furos: um sendo passante na madeira e o outro furo perfurando apenas na metade da madeira.

Ambos os furos precisam ter uma distância mínima de 25mm entre eles e também nas bordas.



**Figura 12:** Furadeira vertical de coluna com avanço manual usada para os testes de furação.



**Figura 13:** Furação do tipo dobradiça passante.

Classificação para avaliação do teste de furação:

- Nota 1 - excelente: ausência de defeito em qualquer um dos furos;
- Nota 2 - boa: superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos;
- Nota 3 - regular: presença de defeito leve, em metade dos furos, ou presença de defeito médio;
- Nota 4 - ruim: presença de defeitos severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos;
- Nota 5 - muito ruim: presença de defeito severo em mais de um furo.

#### 4.4.4 Teste do Rasgo

O Teste do rasgo foi feito a partir de uma furadeira horizontal com broca helicoidal de aproximadamente 10mm. Ele é realizado na parte lateral direita do corpo de prova do lado inferior e oposto em que são feitos os testes de furação. Tem como finalidade avaliar a presença de fibras levantadas nas quatro superfícies do rasgo dando notas de 1 até 5 para as amostras testadas (Figura 14).

Classificação para avaliação do teste do rasgo:

- 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 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.

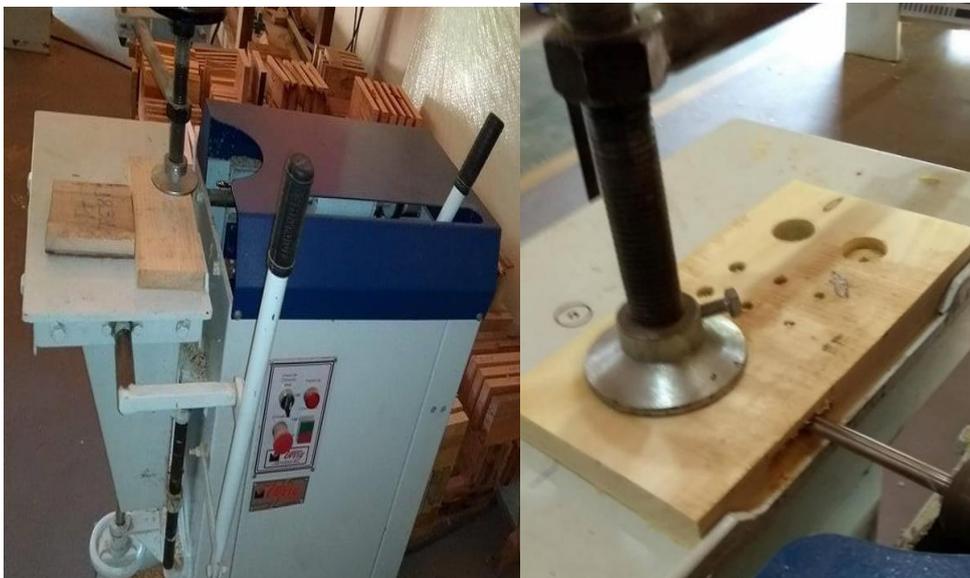


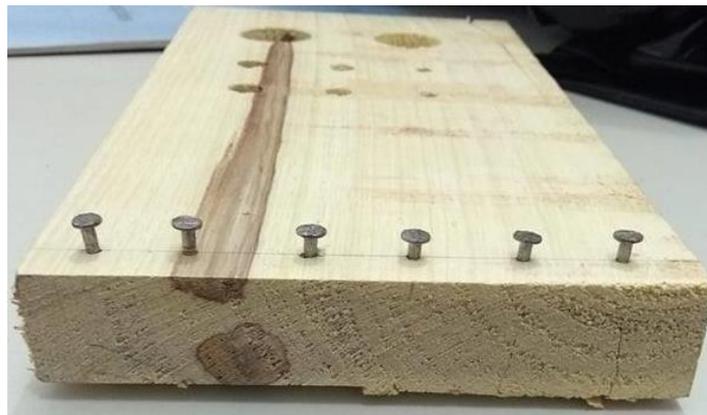
Figura 14: Furadeira tipo horizontal utilizada para o teste do rasgo e detalhe do corpo de prova em operação.

#### 4.4.5 Fendilhamento por Pregos

Com teste de fendilhamento por pregos é possível avaliar se a madeira aceita ou não aceita pregos de acordo com a presença de rachas ou trincas que podem aparecer após o procedimento (Figura 15).

São usados pregos de 15 x 15mm com 30mm de comprimento de 2,4 mm de diâmetro. Como instrumento de auxílio usou-se martelo de 250g.

É colocado total de seis pregos na parte superior da amostra, face aonde ocorreu o teste da lixa, com espaçamento de 20mm entre si e 10mm das bordas das peças, os pregos são inseridos com o martelo até que chegasse a face oposta.



**Figura 15:** Corpo de prova após teste de fendilhamento por pregos.

#### 4.5 Rugosidade

Os 18 corpos de prova de pau sangue foram submetidos a análises quantitativas feitas na face das amostras que receberam lixamento, na direção longitudinal às fibras e nos locais em que não havia defeitos. Como auxílio, utilizou-se Rugosímetro Portátil Digital TR200 e foram feitas 3 medições para cada amostra.

O Cut Off foi de 2,5 mm e filtro RC. Para parâmetro da rugosidade foi determinado o uso do Ra, definido como a média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil da linha média. As análises estatísticas foram realizadas usando os valores de Ra, com o uso do programa estatístico Minitab 18 e os resultados foram analisados através da ANOVA e teste de Tukey, a 95% de confiança.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Usinagem da Madeira

A avaliação das três árvores de *Pterocarpus rohrii* Vahl apresentou resultados que indicam necessidade de cuidados maiores em seu processamento na usinagem. Visualmente foi possível perceber a inferioridade da qualidade da madeira quando comparado com espécie testemunha, *Pinus elliotti*, que apresenta resultados considerados excelentes para usos de fins madeireiros diante de todos os testes de usinagem.

De acordo com o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, madeiras que apresentam características semelhantes a espécie em estudo vêm sendo muito utilizadas para produção de embalagens do ramo alimentício, sendo assim, um possível destino para a madeira de Pau Sangue (CEAGESP, 2002).

### 5.1.1 Teste da Plaina

Com resultados satisfatórios, o teste da Plaina obteve melhores notas diante dos processos de usinagem realizados. A madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl foi classificada como de boa qualidade no sentido concordante (“C”) das fibras, apresentando média das notas 2,5 e defeitos leves até metade da peça. No sentido discordante (“D”) das fibras a espécie foi classificada como regular a ruim, obtendo média final de 3,72 e presença de defeitos médios ou fortes na metade da peça.

Em “C” nota-se que o defeito mais ocorrido foi o de grã felpuda, totalizando seu aparecimento em 66,67% das 18 amostras, em seguida de grã arrancada com 27,77% e com 22,22% dos corpos de provas apresentaram presença de grãos levantadas e riscamento. Nenhuma amostra recebeu nota 1, ou seja, sem a presença de defeitos, sendo assim todos os corpos de provas apresentaram defeitos leves até metade da peça.

No sentido “D” os defeitos de grã felpuda e grã arrancada apareceram em mais de 80% das amostras, em seguida de 72,22% com presença de grã levantada e apenas 38,39% das 18 amostras tiveram riscamento. Todos os corpos de provas apresentaram algum tipo de defeito do tipo médio a forte em metade ou na maior parte da peça. Apenas um corpo de prova obteve nota 2, sendo então desconsiderado perante os outros resultados (Tabela 1).

**Tabela 1:** Avaliação de acordo com os diferentes tipos de defeitos apresentados após o teste da plaina, em que “C” representa a direção em concordância das fibras e “D” apresentando o sentido oposto das fibras:

Árvore	Nota		Grã Felpuda		Grã Arrancada		Grã Levantada		Riscamento	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
1	2,33	3,67	66,67%	100%	33,33%	83,33%	0%	50%	0%	0%
2	2,67	3,67	83,33%	66,67%	33,33%	83,33%	16,66%	83,33%	33,33%	50%
3	2,5	3,83	50%	100%	16,66%	83,33%	50%	83,33%	33,33%	66,66%
<b>MÉDIA</b>										
<b>TOTAL</b>	<b>2,5</b>	<b>3,7</b>	<b>66,67%</b>	<b>88,88%</b>	<b>27,77%</b>	<b>83,33%</b>	<b>22,22%</b>	<b>72,22%</b>	<b>22,22%</b>	<b>38,39%</b>

Nota 1 – superfície isenta de quaisquer defeitos; Nota 2 – presença de defeitos de leve em até metade da peça; Nota 3 – presença de defeitos médios, ou leves na maior parte da peça; Nota 4 – presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes; Nota 5 – presença de defeitos fortes na maior parte da peça.

Fazendo a comparação dos resultados com a espécie testemunha (classificada com nota 1, ou seja, considerada com excelente qualidade e isenta de quaisquer defeitos) é possível observar visualmente que o Pau Sangue tem qualidade inferior para o teste da plaina. Mesmo recebendo média 2,5 para o lado concordante as fibras, a média final para os dois lados foi de 3,11, o que acarreta uma nota considerada como qualidade regular.

### 5.1.2 Teste da Lixa

Após a realização do teste de lixamento, os 18 corpos de provas apresentaram resultados semelhantes com média final das notas sendo 3,72 em que todas as amostras receberam avaliações regulares ou ruins (Tabela 2).

As amostras apresentaram 94,44% de grã felpuda, 44,44% grã arrancada e 83,33% obtiveram riscamento. Todas as amostras demonstraram algum tipo de defeito em metade ou na maioria da peça (Figura 16).

Para as condições de avaliação teste da lixa a madeira da espécie foi considerada insatisfatória, necessitando a adaptação de outros tipos de lixa para eventual melhoria nos resultados.

**Tabela 2:** Avaliação da superfície da madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl após o teste de lixamento:

Árvore	Nota	Defeito		
		Grã Felpuda	Grã Arrancada	Riscamento
1	3,67	83,33%	33,33%	66,67%
2	3,83	100%	83,33%	83,33%
3	3,67	100%	16,67%	100%
<b>MÉDIA TOTAL</b>	<b>3,72</b>	<b>94%</b>	<b>44%</b>	<b>83%</b>

Nota 1 – superfície sem defeitos; Nota 2 – superfície com grã felpuda ou riscamento em apenas uma parte pequena da peça; Nota 3 – presença de grã felpuda ou riscamento em metade da superfície da peça; Nota 4 – presença de grã felpuda ou riscamento na maior parte da peça; Nota 5 – presença de grã felpuda ou riscamento em quase que a totalidade da peça.



**Figura 16:** Defeitos de riscamento e grãs felpudas com maior ocorrência nos corpos de prova após passarem pelo Teste da Lixa

Ao se comparar os resultados obtidos no teste da lixa com a espécie testemunha *Pinus elliotti*, que apresenta excelência de qualidade e isento de defeitos para esse procedimento, foi possível observar a inferioridade da madeira diante da média final das notas (3,72).

Para minimização de defeitos como grãos felpudas ou riscamentos, os corpos de provas poderiam ser passados em desgrossadeira quando a madeira ainda estivesse cortada em formato de tábuas. Essa técnica tem a finalidade de retirar a parte grossa da madeira e eliminar defeitos brutos, dando melhor acabamento para futuros testes.

### 5.1.3 Teste de Furação

Os resultados obtidos no teste de furação, tanto para broca chata quando para cavilha apresentaram classificações ruins ou muito ruins com a média das notas sendo 3,97, não sendo apropriada para essa finalidade (Figura 17).

Para broca chata, 100% das amostras apresentavam marcas de cavacos e grãos levantadas. E 50% dos corpos de prova tiveram a presença de grãos felpudas ou arrancadas para os furos passante ou não passante (Tabela 4).

Os piores defeitos apresentados para este teste foram as marcas de cavaco e levantamento de grãos, nos dois tipos de brocas, que estiveram presentes em quase 100% dos corpos de prova.

Foi possível observar também que no teste por cavilha a furação que obteve pior desempenho foram as de menor dimensão, com 6mm de largura. Das 18 amostras 94,44% apresentaram defeitos de grau médio a forte (Tabela 4).

**Tabela 3:** Avaliação do teste de furação realizado com furadeira vertical de coluna equipada com broca chata na madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl

7/8" Chata					
Árvores	Nota	Defeito			Marcas de Cavaco
		Grã Felpuda	Grã Arrancada	Grã Levantada	
1	4	33%	50%	100%	100%
2	4,17	50%	50%	100%	100%
3	4,17	67%	50%	100%	100%
<b>MÉDIA</b>					
<b>TOTAL</b>	<b>4,11</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Nota 1 – ausência de defeito em qualquer um dos furos; Nota 2 – superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos; Nota 3 – presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio; Nota 4 – presença de defeito severo em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos; Nota 5 – presença de defeito severo em mais de um furo.



**Figura 17:** Defeitos com maior ocorrência no teste de furação feita por furadeira vertical de coluna equipada com broca chata em furos não passantes e passantes.

**Tabela 4:** Avaliação do teste de furação realizado com furadeira vertical de coluna equipada com broca do tipo cavilha na madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl

Árvores	Nota	Cavilha			
		Grã Felpuda	Grã Arrancada	Grã Levantada	Marcas de Cavaco
1	3,5	50%	33,33%	33%	83,33%
2	4	33,33%	33,33%	50%	100%
3	4	33,33%	16,67%	50%	100%
<b>MÉDIA</b>					
<b>TOTAL</b>	<b>3,83</b>	<b>38,88%</b>	<b>27,78%</b>	<b>44%</b>	<b>100%</b>

Nota 1 – ausência de defeito em qualquer um dos furos; Nota 2 – superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos; Nota 3 – presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio; Nota 4 – presença de defeito severo em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos; Nota 5 – presença de defeito severo em mais de um furo.

Comparando os resultados obtidos no teste da furação com a espécie testemunha, é visualmente e tecnicamente possível observar a inferioridade da qualidade da madeira perante a média das notas, 3,83, sendo considerada regular a ruim com presença de defeitos severos em pelo menos 1 furo, enquanto o *Pinus* apresenta resultados com nota 1, ou seja, ausente de defeito em qualquer um dos furos.

#### 5.1.4 Teste do Rasgo

Com o melhor resultado, o teste do rasgo recebeu média das notas igual a 2,44 sendo considerado com bom desempenho em relação ao levantamento de fibras. Uma amostra apresentou classificação excelente, ou seja, sem presença de defeitos nas 4 faces do rasgo.

Apesar de 94,44% das amostras terem apresentados presença de grãos levantadas a maioria foi em apenas uma de suas faces, o que indica a afinidade desta espécie para utilização de fresas de corte lateral, específico neste caso para o teste do rasgo (Tabela 5).

Tabela 5: Resultados da avaliação do teste de rasgo realizado pela furadeira horizontal:

Árvores	Nota	Defeito Levantamento das Fibras
1	2,33	83%
2	2,83	100%
3	2,17	100%
<b>MÉDIA TOTAL</b>	<b>2,44</b>	<b>94,44%</b>

Nota 1 – ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo; nota 2 – presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer; nota 3 – presença de levantamento forte em uma e leve em outra; nota 4 – presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento; nota 5 – presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo.

O teste do rasgo foi o que mais se aproximou dos resultados da espécie testemunha. Com média final das notas 2,44, foi classificada com boa qualidade para esse processo apresentando e em maioria defeitos leves nos corpos de prova. Uma madeira considerada nota 1 é aquela que não apresenta levantamento de fibras em quaisquer faces ou fundo da peça, classificação recebida pela testemunha (Figura 18).



**Figura 18:** Diferentes intensidade de levantamento das fibras apresentadas nos corpos de prova após do Teste do Rasgo.

### 5.1.5 Fendilhamento por Pregos

Após análise visual, foi possível observar que os 18 corpos de prova apresentaram rachaduras ou trincas, indicando que o material não aceita a utilização de pregos. 100% das peças tiveram rachaduras ou trincas na face inferior da peça e apenas 27,28% na face superior.

Os corpos de provas tiveram defeitos classificados com grau médio a alto, e apenas 2 peças apresentaram defeitos de grau leve. Quando comparadas ao Pinus, é possível observar visualmente que a madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl não é indicada para utilização de pregos. Uma madeira com aceitação é aquela isenta de qualquer defeito, classificação recebida pela testemunha (Figura 19).



**Figura 19:** Corpos de prova com presença de rachaduras e trincas após teste de Fendilhamento por pregos

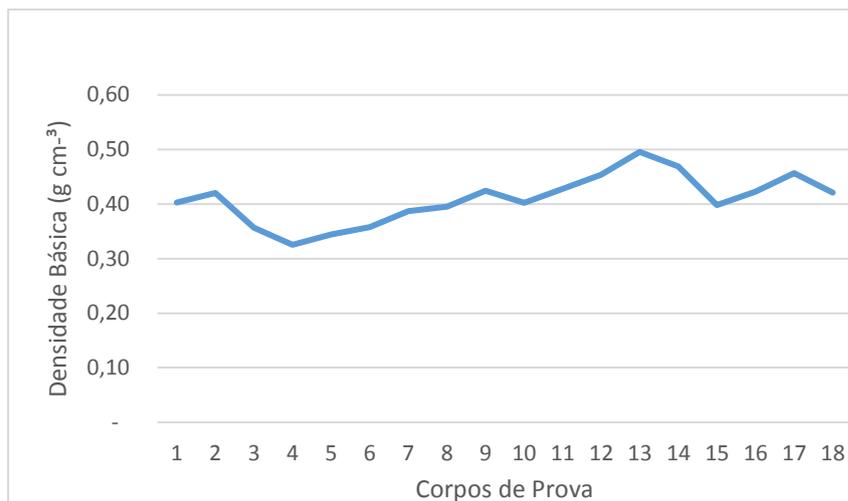
## 5.2 Propriedades Físicas da Madeira

### 5.2.1 Densidade Básica

Na tabela 6 foram inseridos os resultados de densidade básica das três árvores de *Pterocarpus rohrii* Vahl. De acordo com os dados, é possível classificar a densidade básica como baixa por apresentar média geral  $0,409 \text{ g/cm}^3$ , de acordo com a classificação de Melo et al, (1990) que considera madeira de baixa densidade quando apresentam valores menores que  $0,550 \text{ g/cm}^3$ .

O valor encontrado (Figura 20) foi inferior ao obtido em literatura, segundo estudos de Nogueira (2005) a densidade básica da madeira de Pau Sangué é  $0,481 \text{ g/cm}^3$ . Esse acontecimento pode ser justificado pelo fato da madeira em estudo ter sido retirada de plantios experimentais de talhões homogêneos, submetidos a espaçamentos uniformes e tratamentos silviculturais, com idade de abate de 30 anos. (Tabela 6).

O ambiente e tipo do plantio pode afetar diretamente as características da madeira e conseqüentemente sua qualidade. Dentro de uma mesma espécie pode ocorrer a variabilidade dessas propriedades, devido a madeira ser um material heterogêneo e seu comportamento diante ser diferente diante das condições ambientais oferecidas (SHIMOYAMA, 1990).



**Figura 20:** Variação da densidade básica das três árvores de Pau Sangue.

**Tabela 6:** Densidade básica obtida nas amostras de Pau Sangue separadas de acordo com a classificação inicial:

Amostras	Árvore 1 (g/cm <sup>3</sup> )	Árvore 2 (g/cm <sup>3</sup> )	Árvore 3(g/cm <sup>3</sup> )
A	0,403	0,387	0,496
B	0,420	0,395	0,469
C	0,357	0,424	0,398
D	0,325	0,402	0,423
E	0,344	0,428	0,456
F	0,358	0,454	0,421
<b>MÉDIA</b>	<b>0,368</b>	<b>0,415</b>	<b>0,444</b>
<b>DESVPAD</b>	<b>0,036</b>	<b>0,025</b>	<b>0,036</b>
<b>CV%</b>	<b>9,78%</b>	<b>6,02%</b>	<b>8,11%</b>

DESVPAD- desvio padrão, CV%- coeficiente de variação em %

De acordo com os valores das médias apresentados, nota-se que a árvore 1 foi considerada com a menor densidade básica dentre a espécie, porém, seu desvio padrão e CV% foram mais elevados indicando maior heterogeneidade de suas amostras. Esse fator pode ter ocorrido devido a 100% de seus corpos de prova conterem madeira de alburno, o que acarreta uma menor densidade.

Nota-se que a segunda árvore apresentou maior homogeneidade perante seus corpos de prova devido aos seus baixos valores de desvio padrão e CV%, e pôr fim a árvore 3 com maiores valores de média. Em relação a densidade, desvio padrão e CV% foi considerada com maior densidade perante as outras árvores, a heterogeneidade dos dados pode ser justificada pela presença de madeira de cerne em seus corpos de prova, acarretando um maior valor de densidade.

A diferença das densidades devido a presença de madeira de cerne ou alburno nos corpos de provas podem ser justificadas através das diferenças anatômicas, químicas e físicas que ocorrem entre eles. Dentre essas diferenças podemos citar que o cerne apresenta maior peso molecular que o alburno, que em coníferas contém mais extrativos

e menos lignina e celulose, é menos permeável, possuindo tecido compacto e geralmente por isso apresenta maiores densidades que o alburno (BURGER & RICHTER, 1991).

Nas três árvores avaliadas nota-se homogeneidade entre seus dados apresentados, devido aos valores do desvio padrão serem baixos e do coeficiente de variação serem menores que 12%.

Após realização da ANOVA foi possível perceber que o valor p obteve resultado inferiores a 0,05 rejeitando  $H_0$  e indicando que existe diferença das densidades básicas dentre as árvores de Pau Sangue. Devido a este fato foi feito o teste de Tukey para avaliar quais médias são diferentes entre si (Tabela 7).

Com base no teste de Tukey observou-se que a árvore 2 e 3 não existe diferenças significativas entre si em termos de densidade básica e apresentaram as maiores médias e a árvore 1 foi diferente da árvore 3 e a mesma foi igual em termos de média com a 2.

**Tabela 7:** Informações de Agrupamento usando método de Tukey e confiança de 95%. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes:

Fator	N	Média	Agrupamento
Árvore 2931 T8 (g/cm <sup>3</sup> )	6	0,4438	A
Árvore 2921 T4 (g/cm <sup>3</sup> )	6	0,4150	A B
Árvore 2911 T6 (g/cm <sup>3</sup> )	6	0,3678	B

### 5.2.2 Coeficiente de Anisotropia

Na Tabela 9 foi possível verificar os valores dos coeficientes de anisotropia dos corpos de provas que estavam bem marcados de acordo com a disposição dos anéis de crescimento. Não sendo viável fazer a avaliação separadamente das três árvores de Pau Sangue devido á posição dos anéis presentes nas amostras, apenas 8 dos 18 corpos de prova apresentaram condições para que fosse possível a realização do teste.

**Tabela 8:** Valores do coeficiente de anisotropia de Pau Sangue:

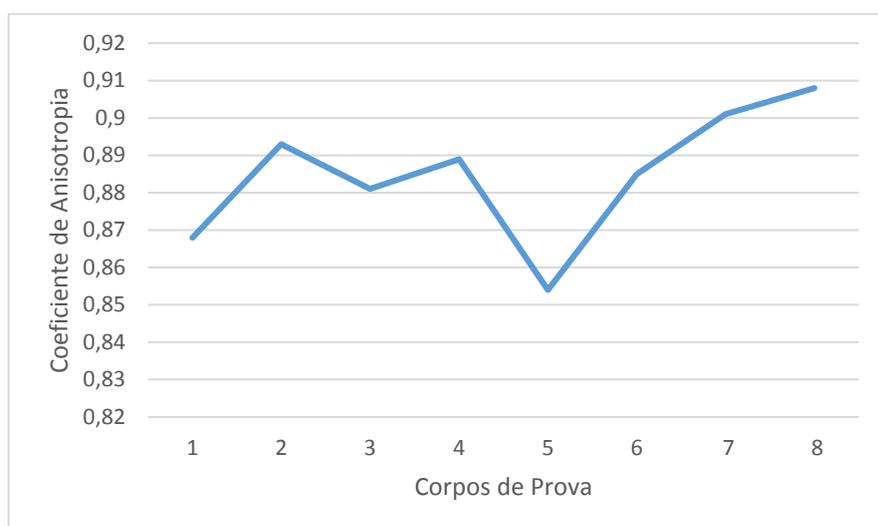
Amostras	Pau Sangue
1	0,868
2	0,893
3	0,881
4	0,889
5	0,854
6	0,885
7	0,901
8	0,908
<b>MÉDIA</b>	<b>0,885</b>
<b>DESVPAD</b>	<b>0,016</b>
<b>CV%</b>	<b>1,834</b>

DESVPAD- desvio padrão, CV%- coeficiente de variação em %

A madeira de Pau Sangue obteve coeficiente de anisotropia equivalente a Figura 21, que de acordo com Rocha (2000) revela que valores de contrações muito baixas, originários de contração tangencial e radial elevadas, acarretam uma madeira com alta instabilidade dimensional. Porém, Durlo (1992) classifica madeira com baixa estabilidade quando apresentam valores anisotrópicos maiores que 2.

Devido a esses fatores pode-se classificar a madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl sendo pouco estável. A média apresentada teve valor próximo a 1, o que acarreta que a madeira não possui alta instabilidade.

Como não foi possível fazer a comparação dentre espécie, não necessitou realizar ANOVA para verificar se havia diferença significativa entre as árvores. Os valores de desvio padrão e CV% foram suficientes para verificar a homogeneidade existente entre os corpos de prova devido aos seus valores baixos.



**Figura 21:** Variação do Coeficiente de Anisotropia dos corpos de provas de Pau Sangue.

### 5.3 Rugosidade

A Tabela 9 apresenta os resultados da rugosidade média (Ra), altura total do perfil (Rt) e profundidade média (Rz) obtidos após avaliação das 18 amostras de *Pterocarpus rohrii* Vahl separadas de acordo com a classificação das 3 árvores em estudo.

**Tabela 9:** Valores médios Ra, Rt e Rz obtidos após análise de rugosidade na madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl:

Árvore	RA(μm)	RT(μm)	RZ(μm)
1	2,181	15,621	10,645
2	2,144	16,567	11,365
3	2,332	17,238	11,775

RA-rugosidade média; RT- altura total do perfil; RZ- profundidade média

Os testes estatísticos foram determinados a partir dos valores de Ra e após a realização da ANOVA notou-se que o valor p foi superior a 0,05 aceitando Ho e indicando que não existe diferença significativa dentre as três árvores em estudo. Não foi necessário então a comparação pelo teste de Tukey.

Analisando os dados obtidos, é possível observar que a árvore 2 apresentou melhores resultados em relação a rugosidade, devido ao valor da média dos dados, baixo desvio padrão e CV% abaixo de 12% concluiu-se a maior homogeneidade entre os corpos de provas e apresentando menor rugosidade diante aos outros fatores (Tabela 10).

A árvore 1 apresentou menor valor de média, o que implicaria uma melhor rugosidade, porém seu valor de desvio padrão foi significativamente mais alto que a segunda e CV% superior a 12%, indicando então uma heterogeneidade entre seus corpos de prova. E por fim a árvore 3 que apresentou maior rugosidade em sua madeira, isso foi verificado através de seu alto valor de média diante das outras árvores, desvio padrão elevado e CV% superior a 12%.

A média final da espécie *Pterocarpus rohrii* Vahl foi de 2,181  $\mu\text{m}$  (Tabela 10) e segundo estudos de Taylor Hobson (2010) quanto maior os valores médios obtidos através das variáveis de rugosidade média (Ra) e a profundidade média (Rz) mais rugosa será a superfície da madeira, significando que a madeira foi considerada rugosa.

**Tabela 10:** Médias obtidas após análise de variância para o teste de rugosidade

Fator	N	Média ( $\mu\text{m}$ )	DesvPad	CV%
1	6	2,181	0,299	14,458
2	6	2,144	0,234	10,925
3	6	2,332	0,313	13,422

DesvPad- desvio padrão; CV%- coeficiente de variação

## 6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, concluiu-se que a madeira de *Pterocarpus rohrii* Vahl não teve comportamento satisfatório para os processos de usinagem realizados, considerada de baixa aptidão para utilizações que demandem boa qualidade superficial.

Devem ser estudados maquinários com adequações específicas para processamento de madeiras leves que resultem em melhor qualidade do acabamento da madeira da espécie estudada.

A densidade básica média da espécie foi considerada baixa apresentando valores de 0,409  $\text{g}/\text{cm}^3$  e indicada para uso de produção de embalagens e concluiu-se que ocorreu variabilidade dentre a espécie de Pau Sangue.

A madeira foi considerada pouco estável diante do coeficiente anisotrópico e segundo o teste de rugosidade apresentou parâmetros que definiu-a como rugosa. No geral, não apresentaram variabilidade entre as árvores estudadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 4287, **Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: método do perfil** – Termos, definições e parâmetros de rugosidade. ABNT, 2002.

ABIMCI – **Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente**. Estudo setorial 2009 - ano base 2008. Curitiba: ABIMCI, 2009.

AGOSTINHO, O.L., RODRIGUES, A.C.L. E LIRANI, J. **Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões**. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1995.

ARENCIBIA, F. V. Aula: **“Tolerâncias Geométricas”**, Primeiro Seminário de Metrologia, Universidade Federal de Uberlândia, Mar, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7190:1997, **Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Projeto de Estruturas de Madeira**. NBR-7190:1997. Rio de Janeiro: ABNT, 107p. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 4288: **especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Regras e procedimentos para avaliação de rugosidade**. Rio de Janeiro, Nov. 2008.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12179: **especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Calibração de instrumentos de medição por contato (com sapata de apalpação)**. Rio de Janeiro, Ago. 2002.

ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL - **ARESB**. Disponível em: Acesso em: 21 nov, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília: 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2009**. Curitiba: 2009.

APG II ( Angiosperm Phylogeny Group). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal Of the Linnean Society**. v. 141. p. 399-436, 2003.

**BNDES/MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima.** Rio de Janeiro, 1999.

**BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002

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

**CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras**, vol. 3. Brasília, DF; Colombo, PR; Embrapa Florestas 2008.

**CEAGESP. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura: Classificação de tomates.** 2002

**COLETTA-FILHO HD, TAKITA MA, TARGON MLPN & MACHADO MA (2005) Analysis of 16S rDNA sequences from citrus huanglongbing bacteria reveal a diferente “Ca. Liberibacter” strain associated with citrus disease in São Paulo. Plant Disease 89(8).**

**COSTA, A. F. Utilização de interações entre produtos químicos preservantes no desenvolvimento de formulações para a prevenção de fungos manchadores e emboloradores na madeira.** 1999. 103 f. Tese Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

**DUCKE, A. As Leguminosas do Estado do Pará. Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. IV, p. 211-346, 1925.

**DUCKE, A. As Leguminosas da Amazônia Brasileira. Notas Sobre a Flora Neotropica – II**, Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Norte, Belém, 2º ed., n. 18, 248p, 1949.

**JESUS, R.M.; ROLIM, S.G. Fitossociologia da Mata Atlântica de Tabuleiro.** Boletim Técnico. SIF, Viçosa, v. 19, p. 1- 149, 2005.

**JESUS, R. M. Manejo florestal: impactos da exploração na estrutura da floresta e sua sustentabilidade econômica.** Campinas: – Universidade de Campinas, 2001. 244 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Campinas, 2001.

**LEWIS GP. Legumes of the World. Royal Botanic Gardens, Kew, 577p, 2005.**

**LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998.

**LUCIANA DELLA COLETTA. Estudo da fixação biológica do nitrogênio em leguminosas (família Fabaceae) arbóreas tropicais através do enriquecimento isotópico do 15N.**Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo (USP). Centro de Energia Nuclear na Agricultura Piracicaba, 2010.

**LUCKOW L., A phylogenetic analysis of the Mimosoideae (Leguminosae) based on chloroplast DNA sequence data. In: Klitgaard BB, Bruneau A (eds) Advances in Legume Systematics 10, High Level Systematics. Royal Botanic Gardens, UK, pp 197-220, 2003.**

MELO, J. E.; CORADIN, V. R.; MENDES, J. C. **Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão, 1990.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira.** Curitiba, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. 4. Ed. novembro, 2012.

NOGUEIRA, E.M., NELSON, B.W., FEARNSIDE, P.M. **Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil.** *Forest Ecology and Management*, 2005.

PANSHIN, A. J. & ZEEUW, C. - **Textbook of wood technology.** 3.a ed. New York, McGraw-Hill, 1970.

SHIMOYAMA, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus sp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

SOS Mata Atlântic. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**, 2014.

TAYLOR HOBSON. **Surtronic 3+ operating instructions.** Disponível em: <<http://www.taylorhobson.com.br/detalhes.asp?linha=1&categ=1>>. Acesso em: 20 de nov.2017.

ZENID, G. J. (Coord.). **Madeira: uso sustentável na construção.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas/SVMA. Publicação IPT n. 3.010, 2009.

KILIC M, HIZIROGLU S, BURDURLU E. **Effect of machining on surface roughness of wood.** *Building and Environment* 2006.

ZHONG, Z.W. HIZIROGLU, S., CHAN, C.T.M. **Measurement of the surface roughness of wood based materials used in furniture manufacture.** *Measurement*, 2013.

## 8. ANEXOS

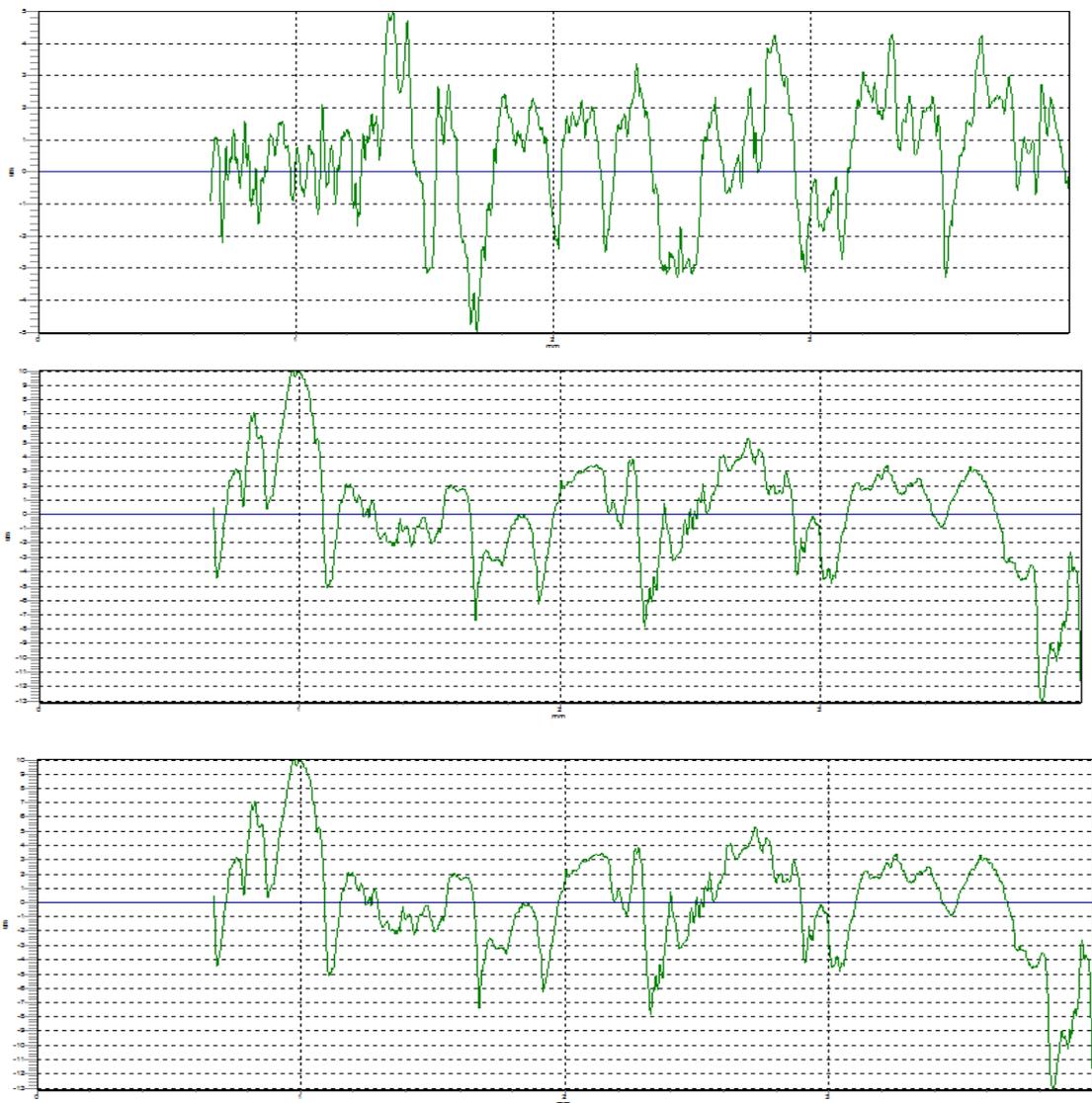
Quadro da ANOVA realizada para o teste de densidade básica.

### Análise de Variância

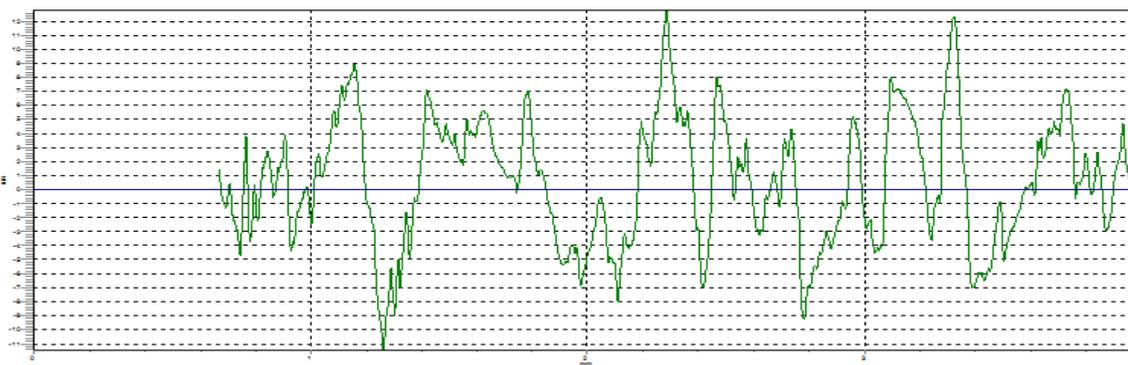
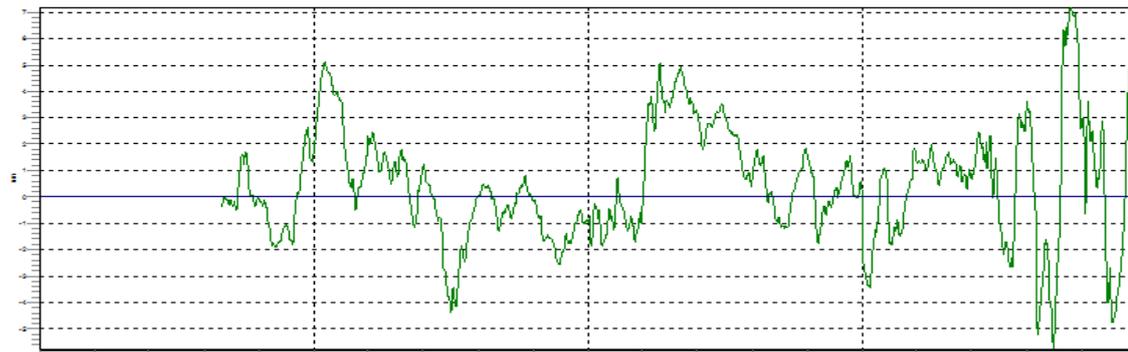
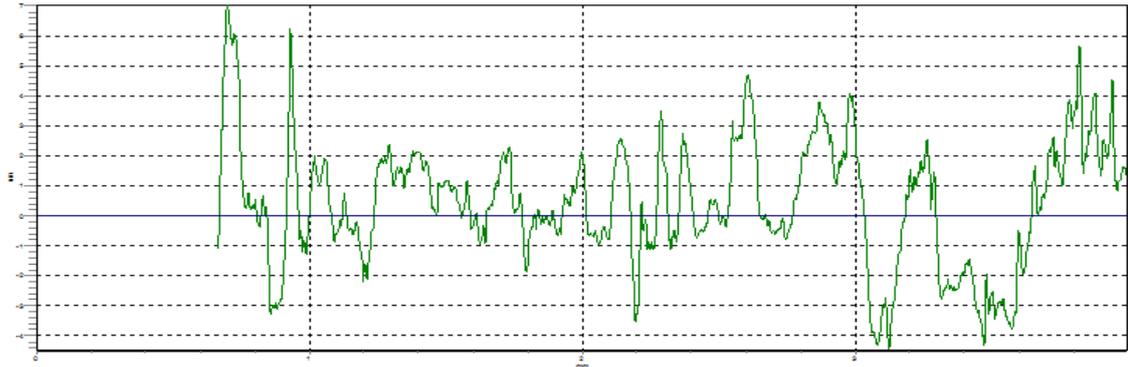
Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	0,13246	0,044153	50,41	0,000
Erro	20	0,01752	0,000876		
Total	23	0,14998			

Gráficos gerados a partir da análise de rugosidade das três árvores de Pau Sangue utilizando o Rugosímetro Portátil Digital TR200.

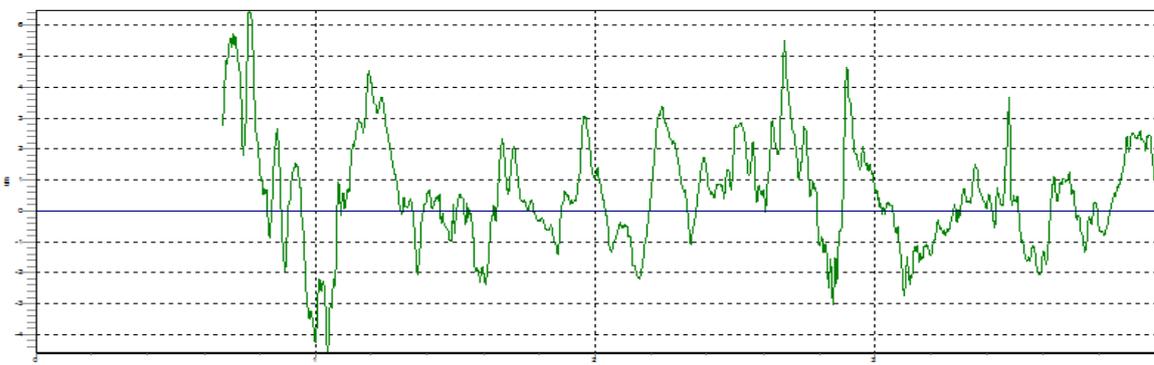
- Árvore 2911 T6  
Amostra 1

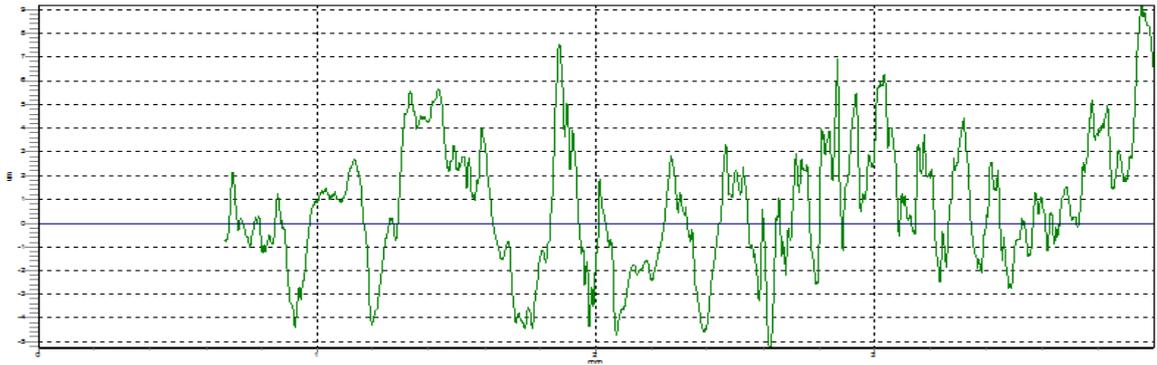


Amostra 2

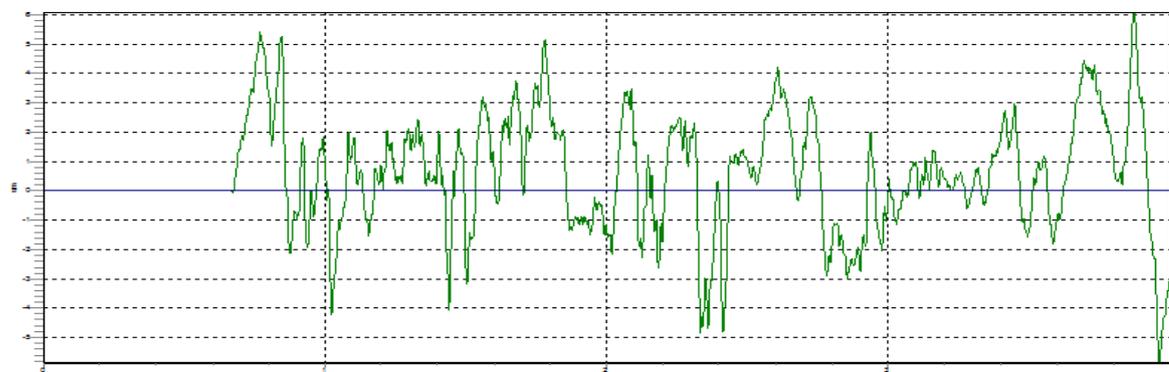


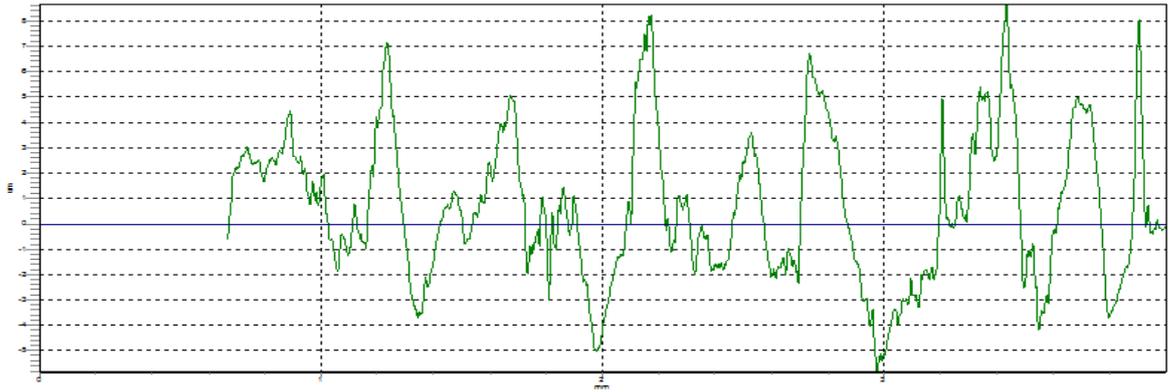
Amostra 3



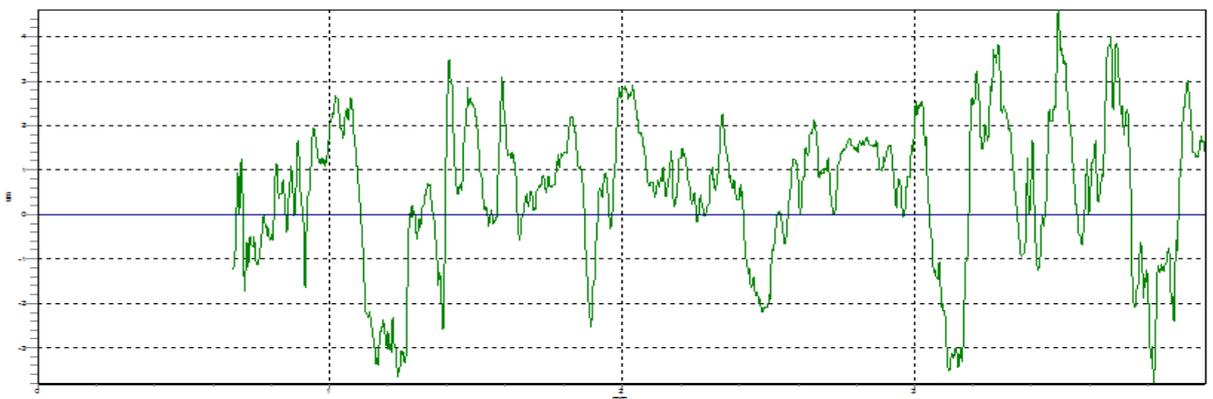
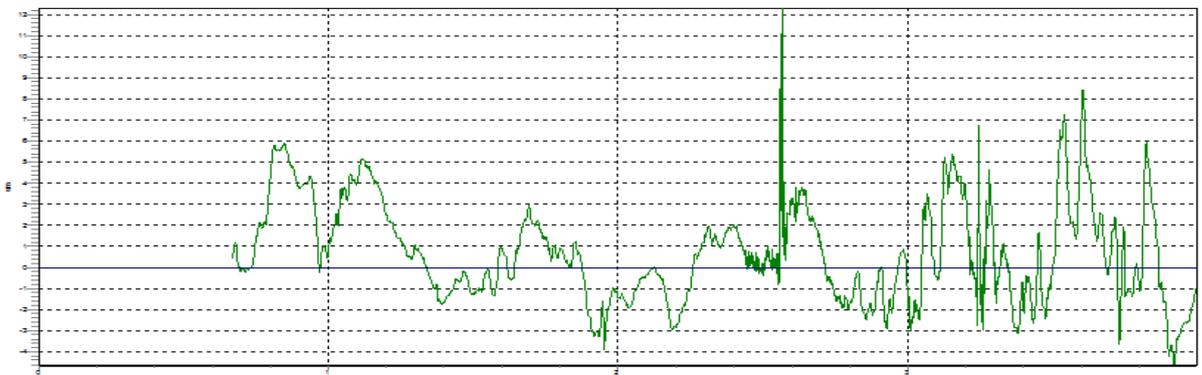
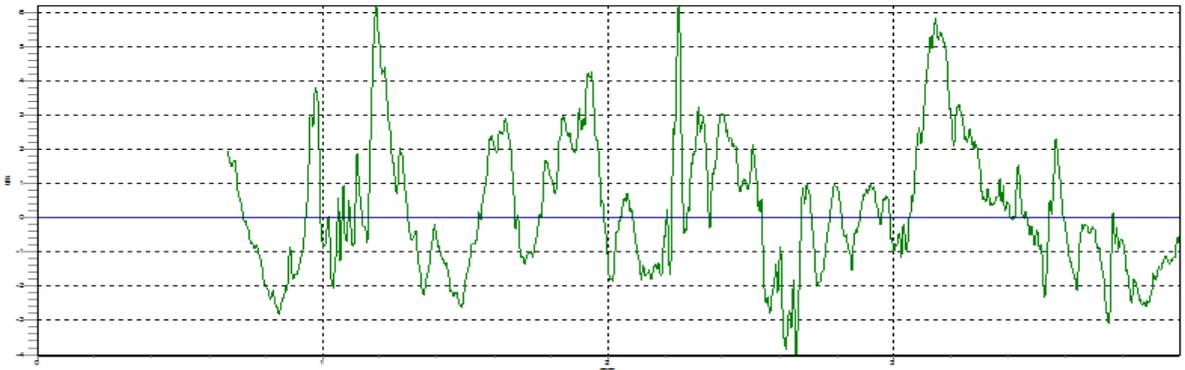


Amostra 4

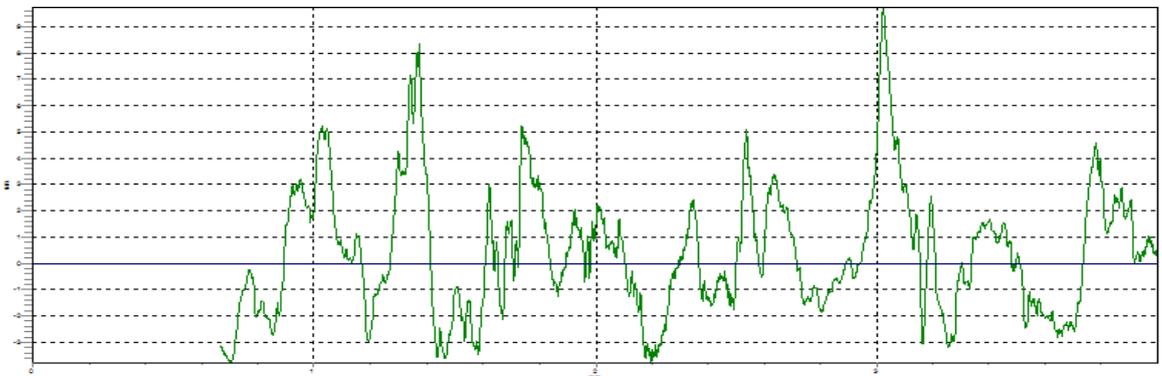
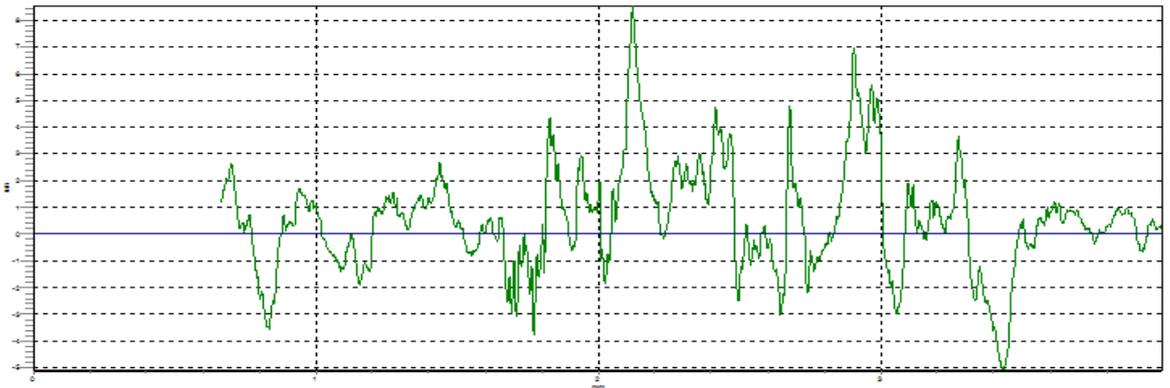
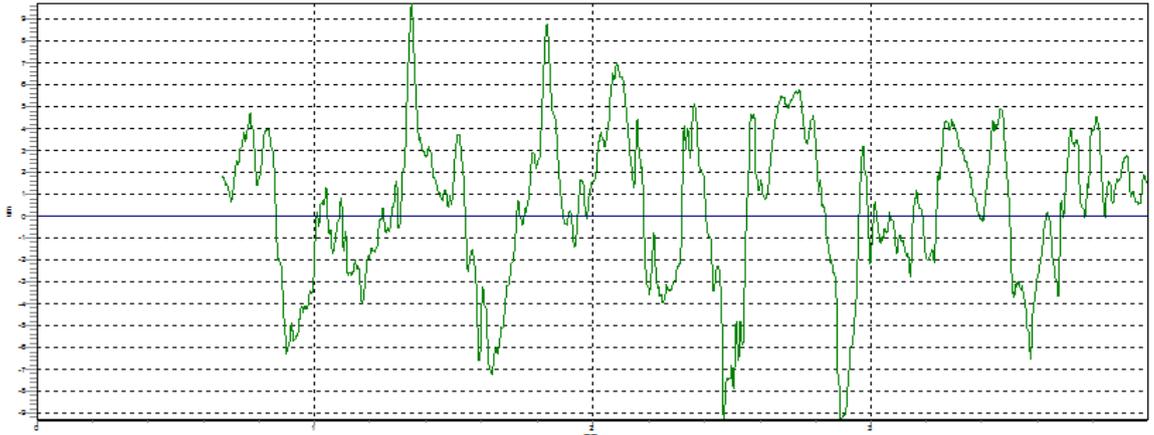




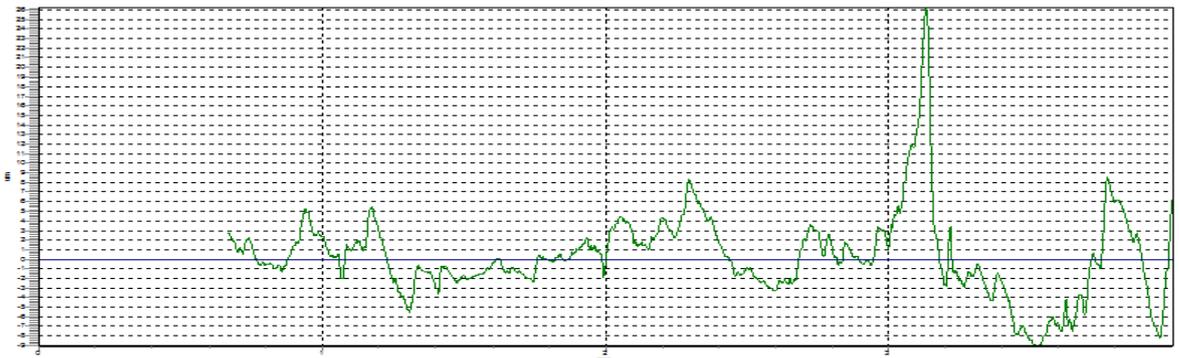
Amostra 5

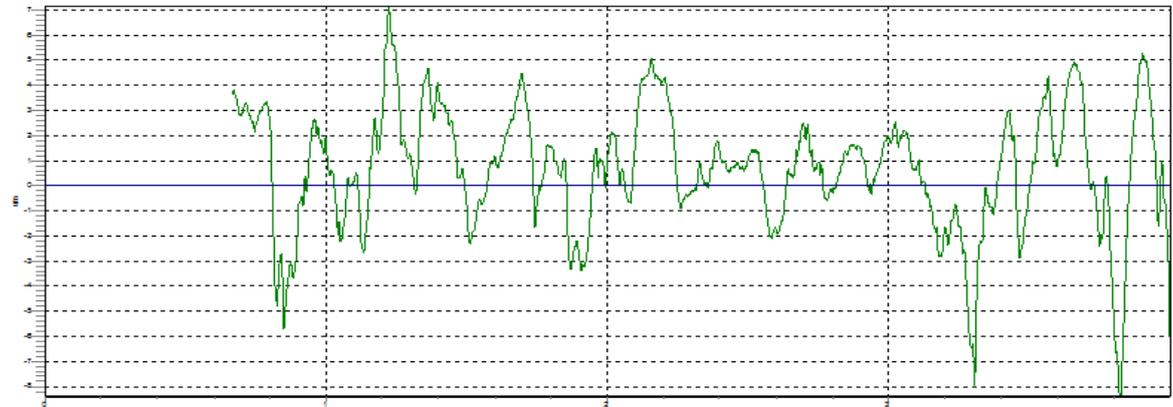
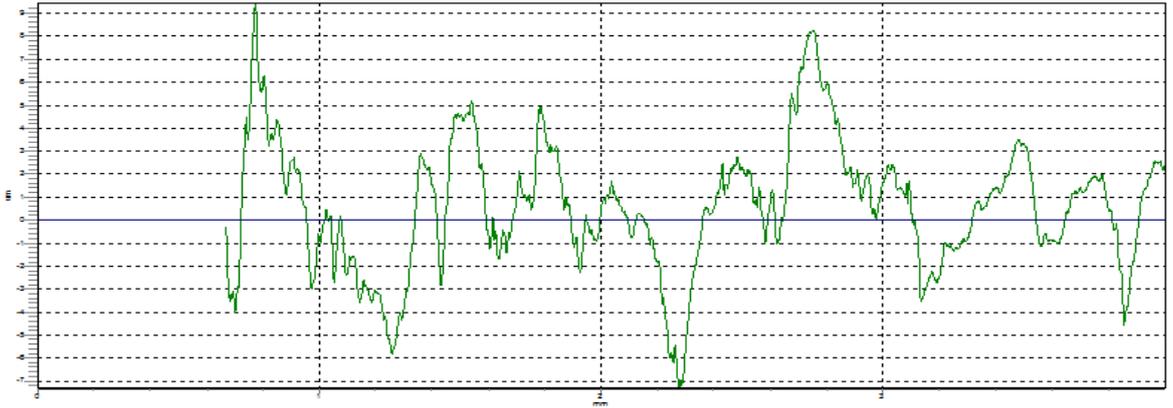


Amostra 6

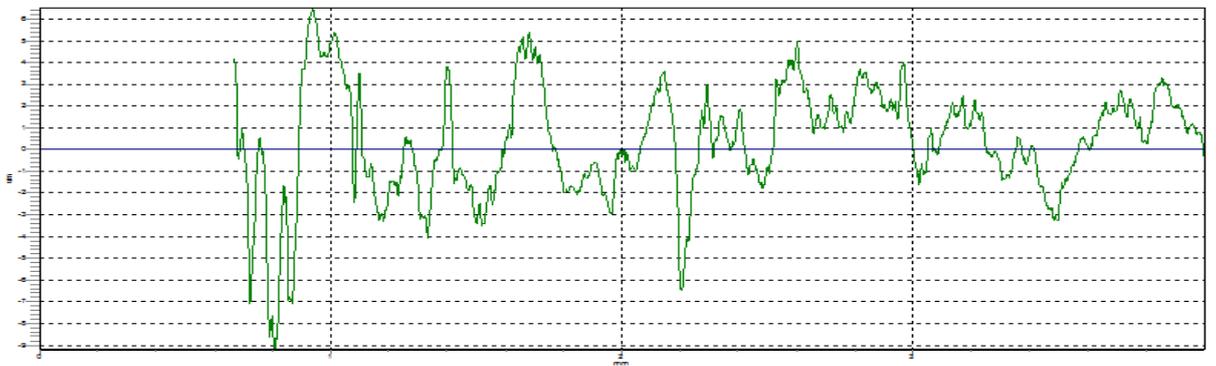
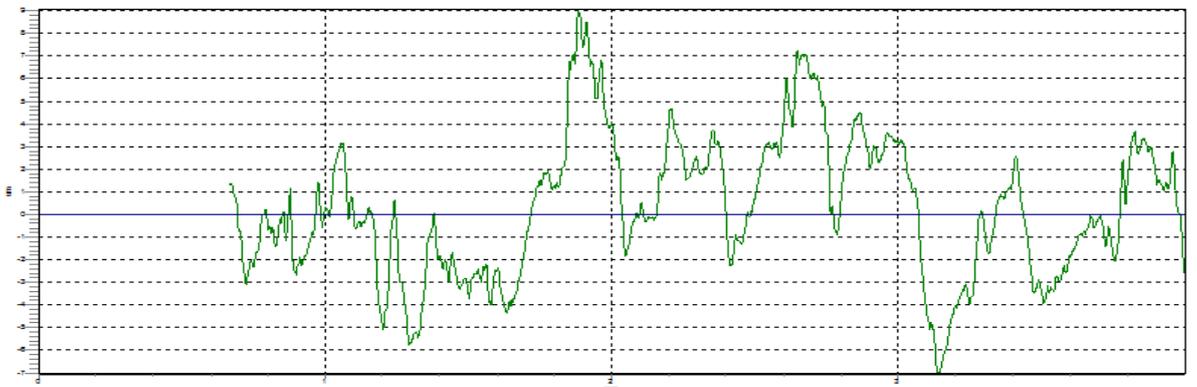


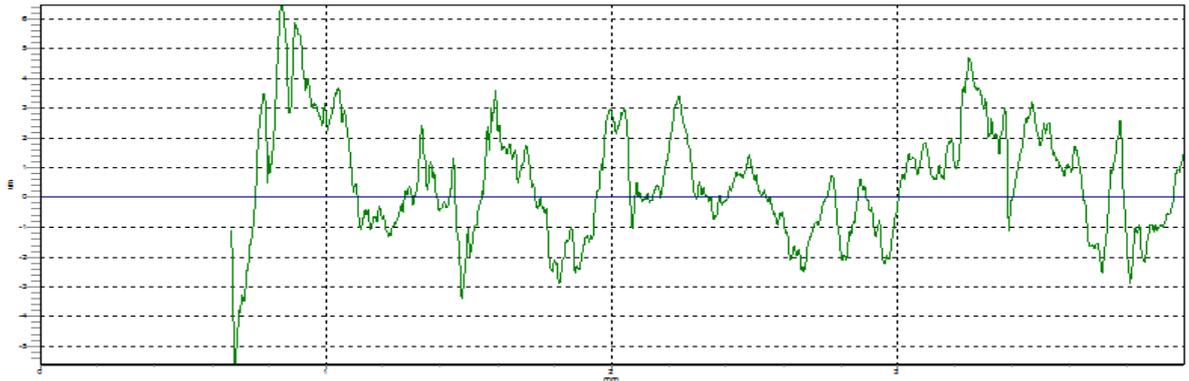
- Árvore 2921 T4  
Amostra 1



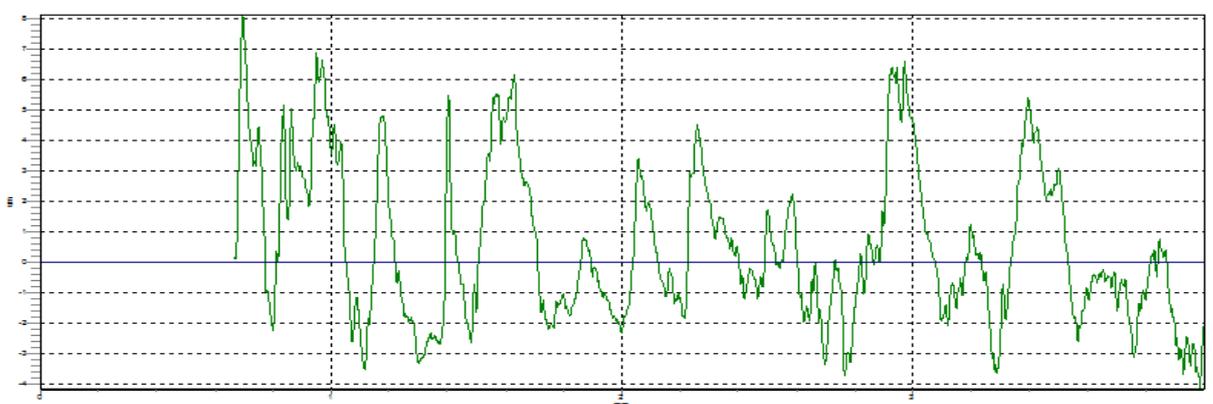
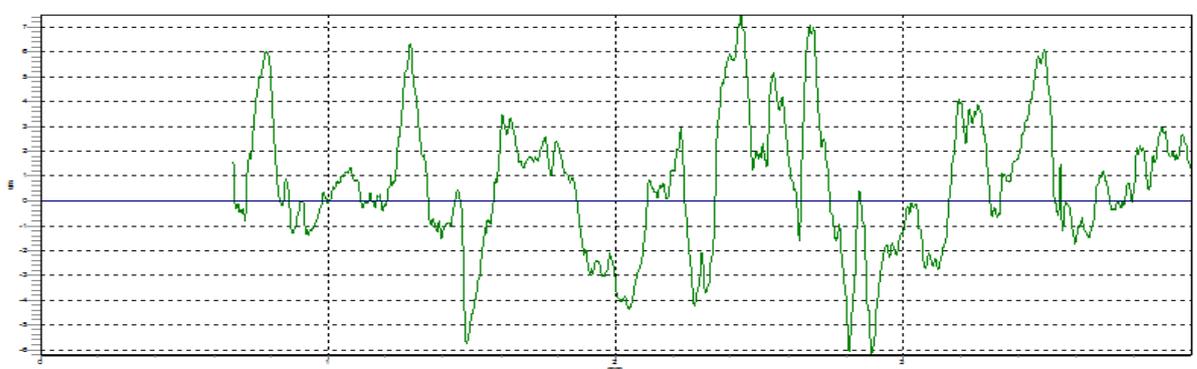
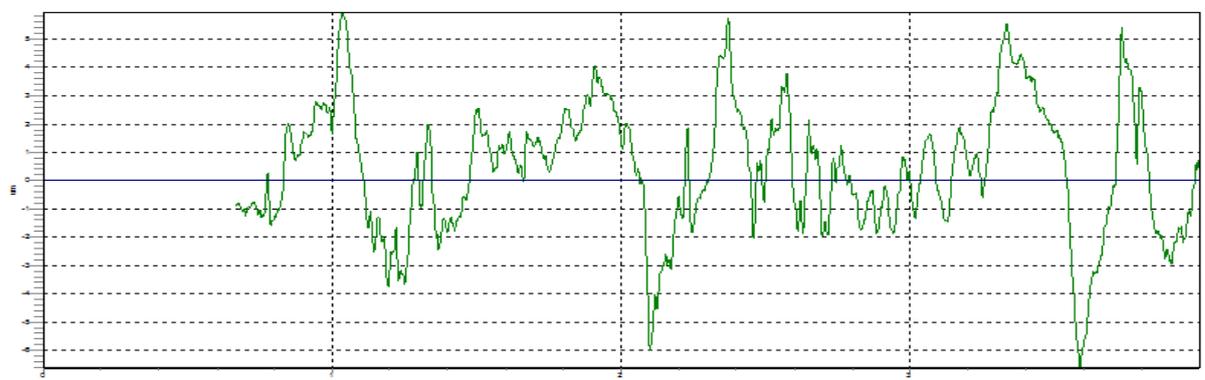


Amostra 2

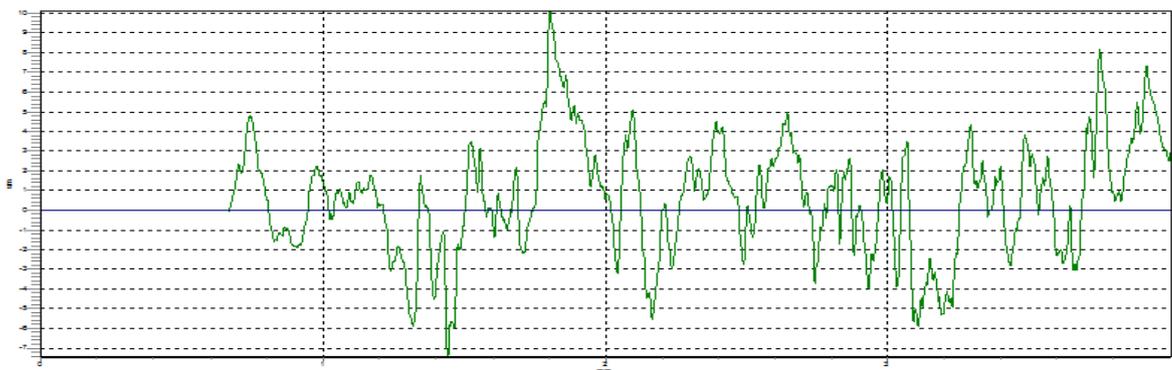
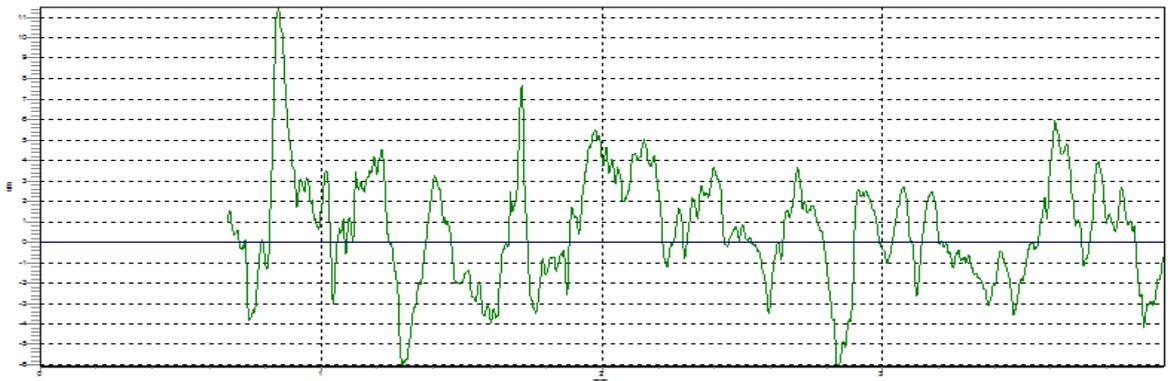




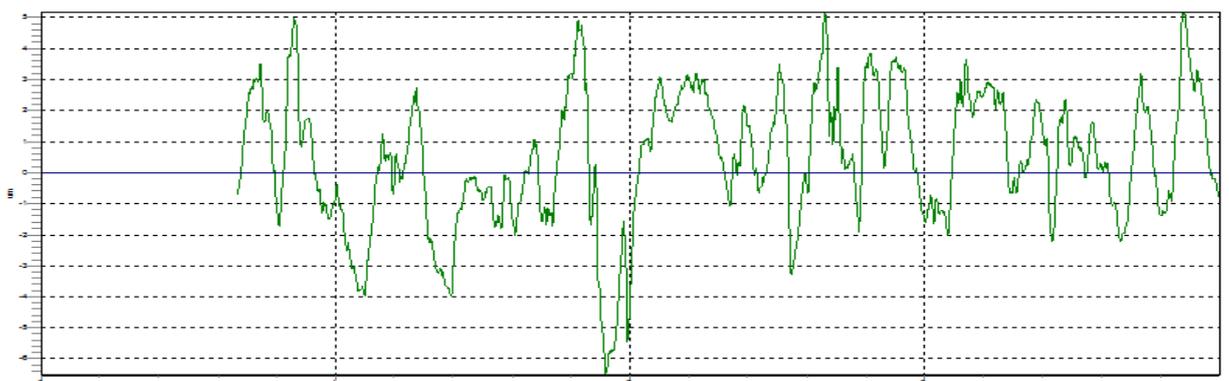
Amostra 3

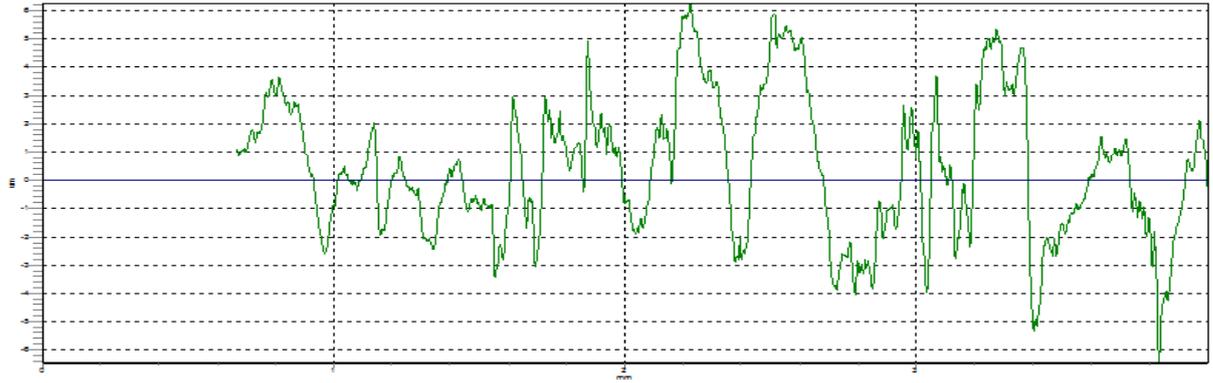


Amostra 4

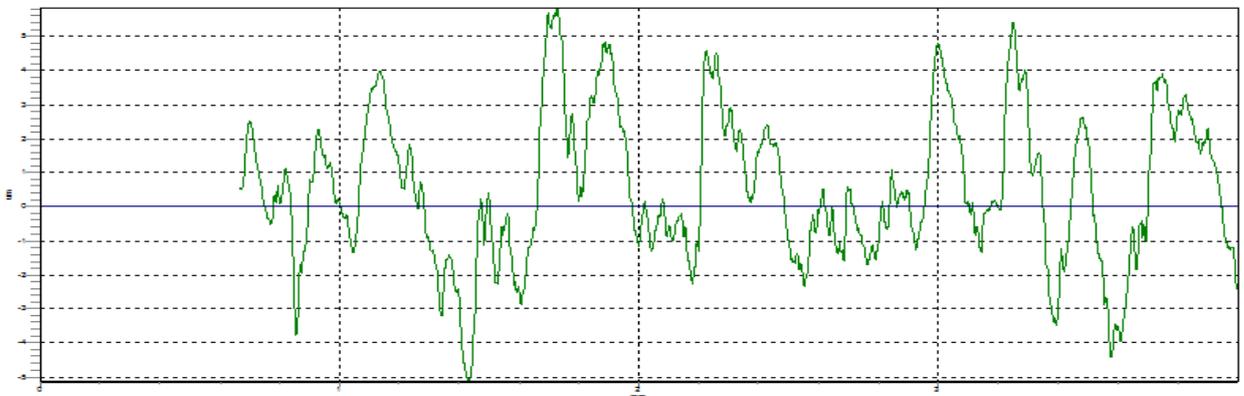
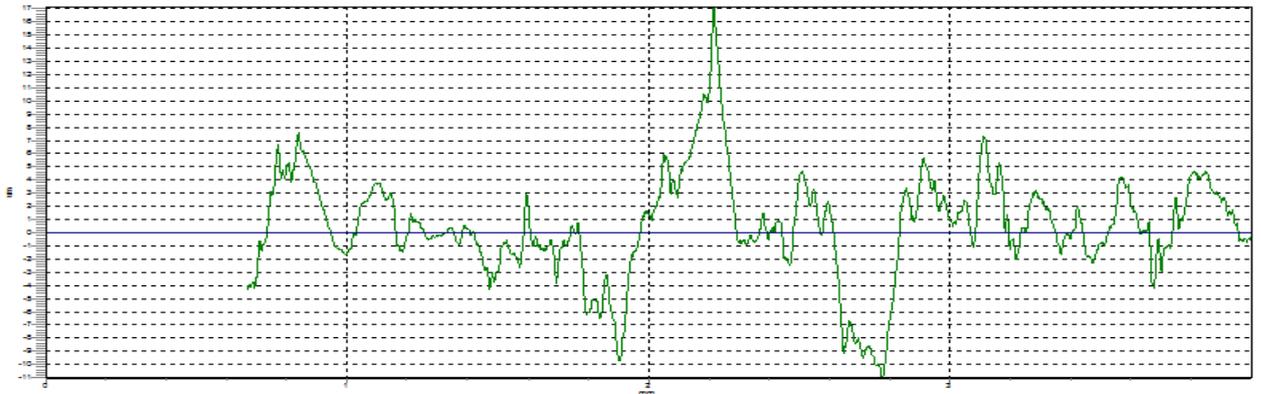


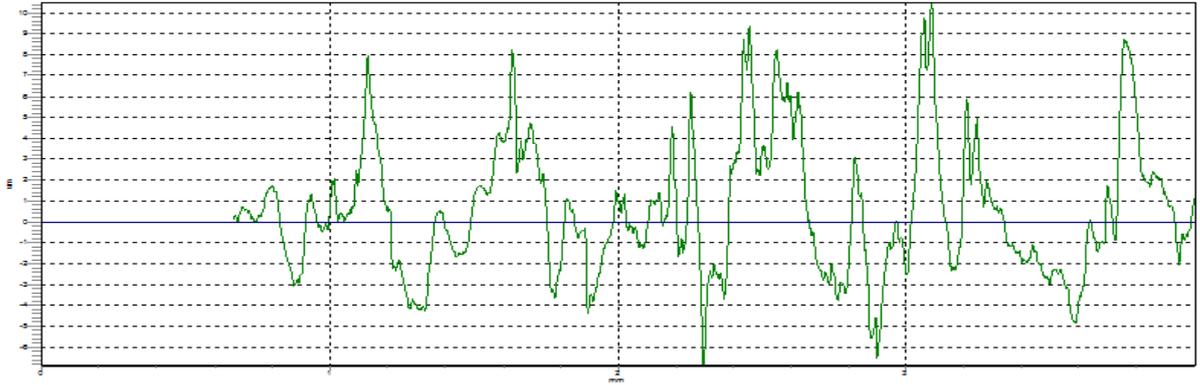
Amostra 5





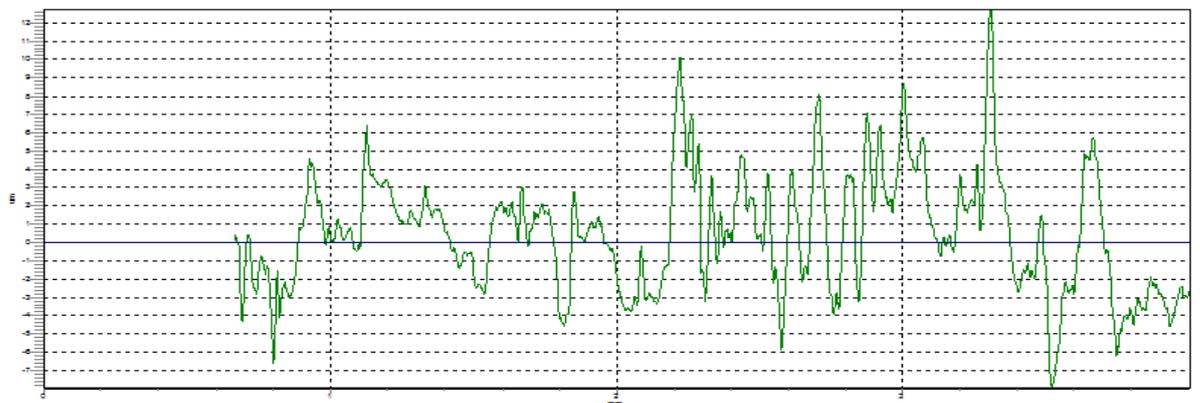
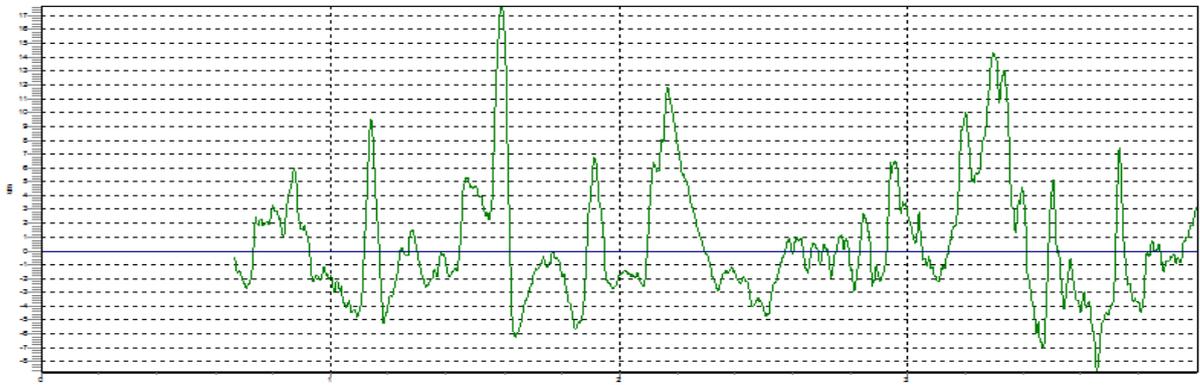
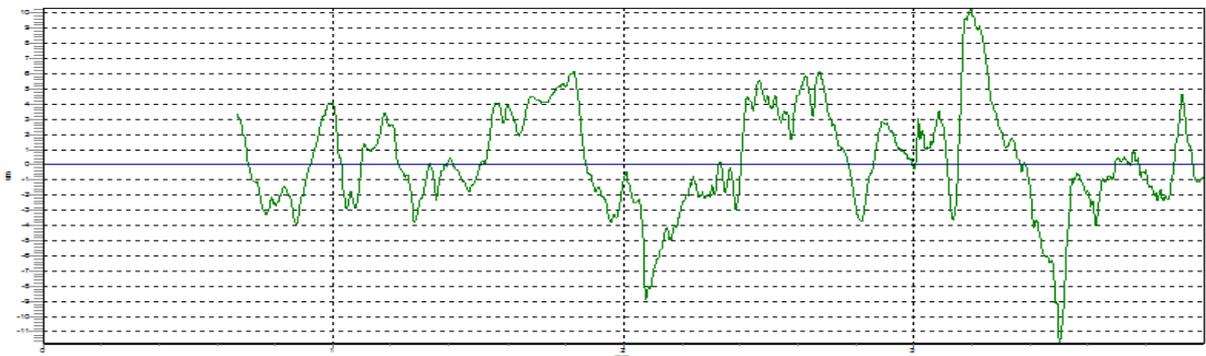
Amostra 6



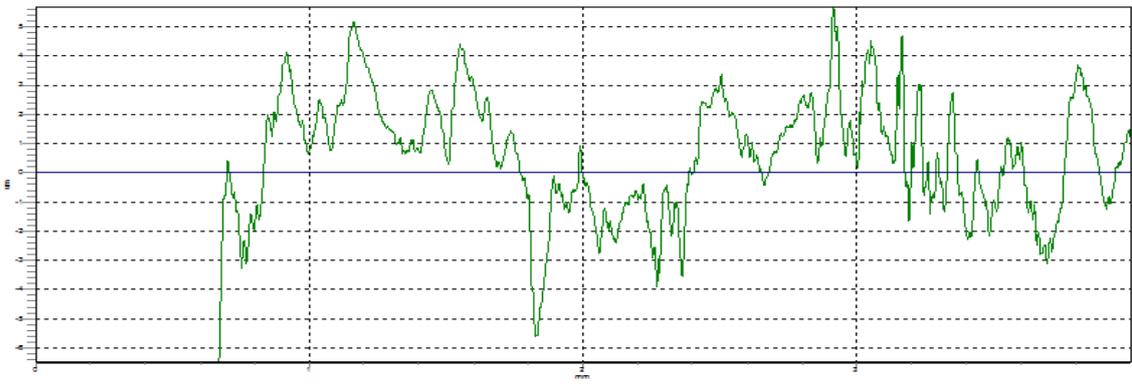
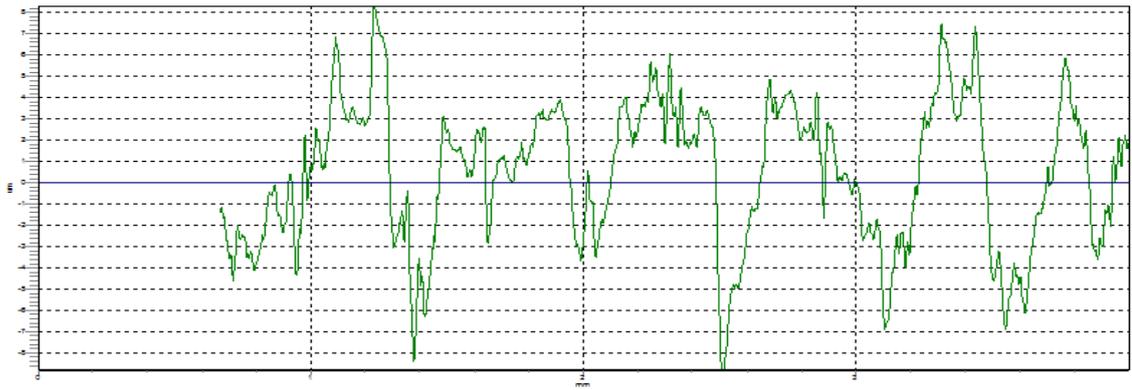


• Árvore 2931 T8

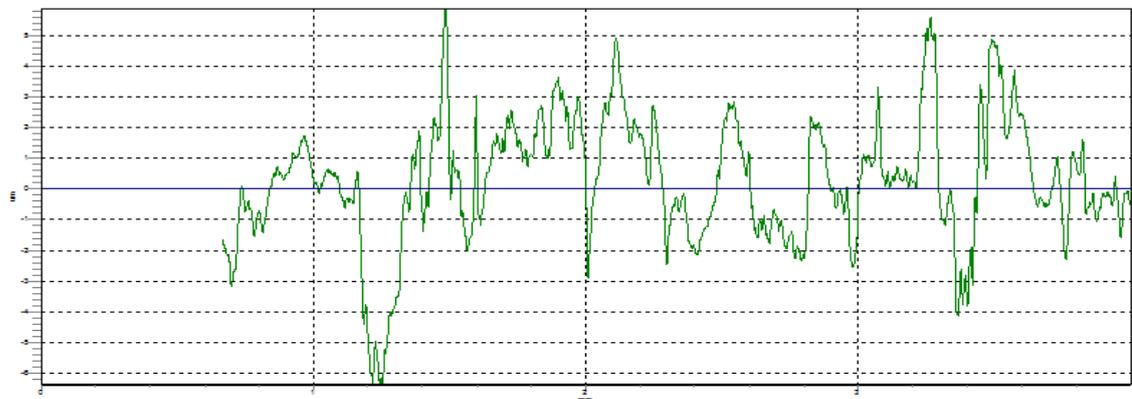
Amostra 1

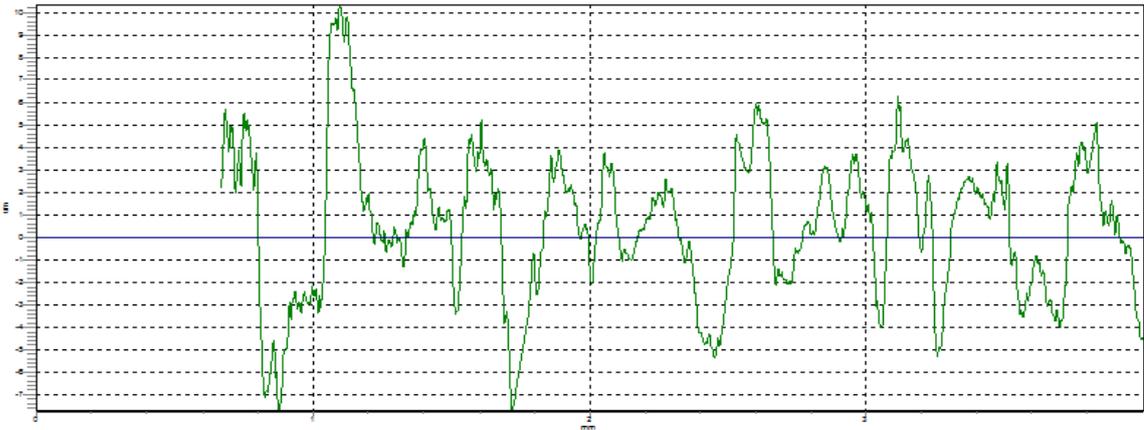
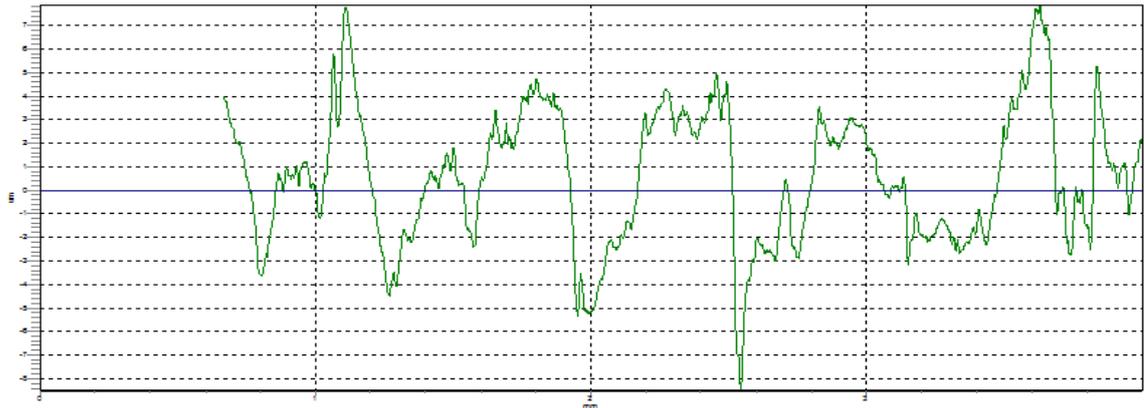


Amostra 2

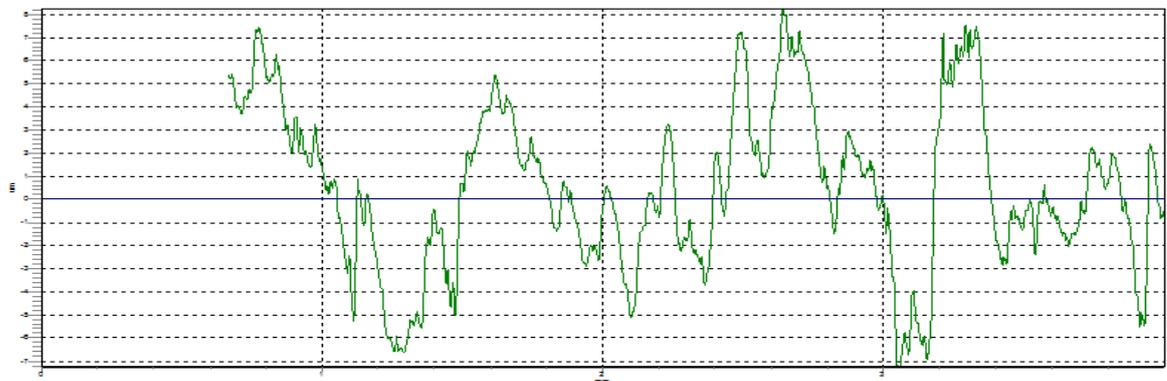


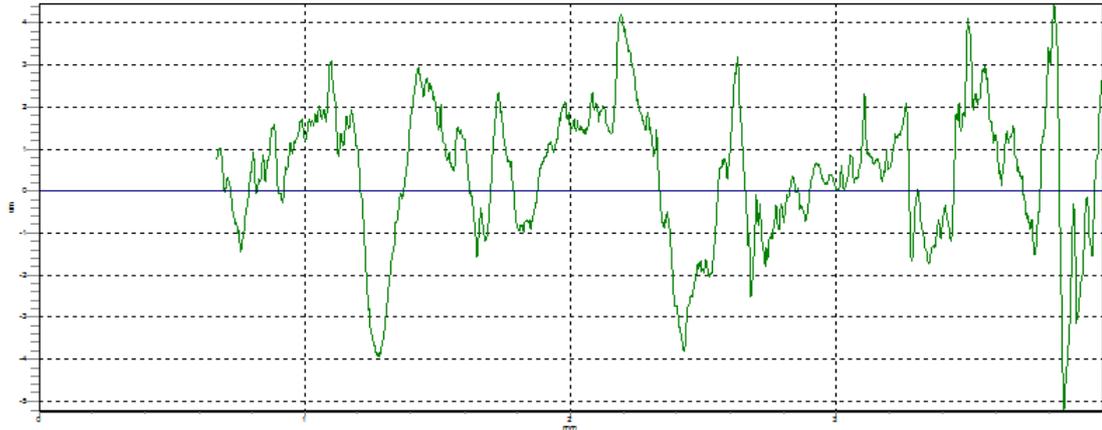
Amostra 3



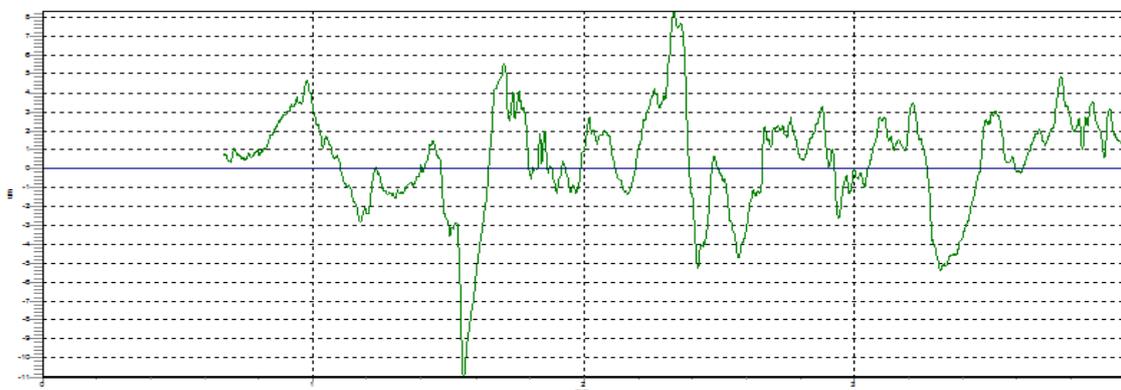
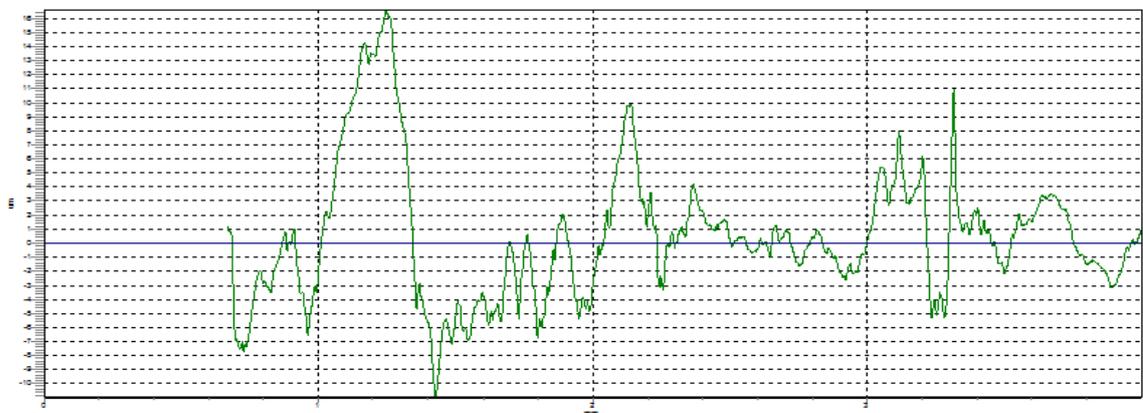
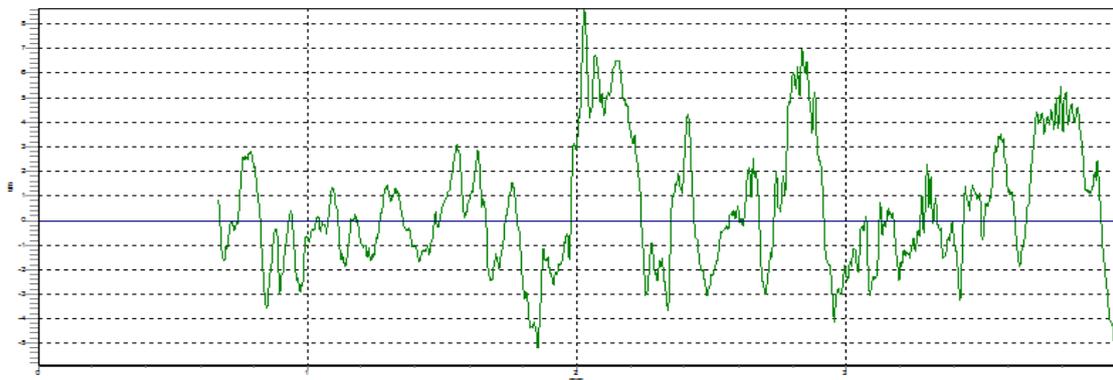


Amostra 4





Amostra 5



# Amostra 6

