



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

**LUCAS AVELLAR ARANTES VIEIRA**

**MOLHABILIDADE E COR**  
**DA MADEIRA DE *Khaya ivorensis* TERMORRETIFICADA**

Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL DO NASCIMENTO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2014



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

**LUCAS AVELLAR ARANTES VIEIRA**

**MOLHABILIDADE E COR**

**DA MADEIRA DE *Khaya ivorensis* TERMORRETIFICADA**

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 MIGUEL DO NASCIMENTO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2014

**MOLHABILIDADE E COR**  
**DA MADEIRA DE *Khaya ivorensis* TERMORRETIFICADA**

**LUCAS AVELLAR ARANTES VIEIRA**

Aprovada em 13 de novembro de 2014

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre Miguel do Nascimento – UFRRJ  
Orientador

---

Prof. Dra. Rosilei A. Garcia – UFRRJ  
Membro

---

Prof. Msc. Natália Dias de Souza – UFRRJ  
Membro

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha melhor amiga e mãe, Ivonete Avellar Arantes Vieira, que me incentivou e incentiva, que dedicou e dedica sua vida em prol das minhas vitórias.

## **AGRADECIMENTOS**

“Não há vitória sem luta”, agradeço a Deus pelos desafios a mim confiados, eles me amadureceram. Apesar das dificuldades, nunca lutei sozinho e agradeço a Deus pela vida compartilhada com grandes pessoas das quais não me esquecerei e sem as quais eu não teria chegado a concluir este curso.

Agradeço a minha família por viabilizar meus estudos, a turma 2009-II pelos momentos sensacionais, e aos amigos que mesmo longe, nunca deixaram de se preocupar, me apoiar e torcer.

Agradeço ao Prof. Dr. Alexandre Miguel e a Prof. Dra. Rosilei Garcia, pela paciência, oportunidade, confiança, conhecimentos compartilhados e principalmente por serem profissionais éticos e dedicados que me inspiraram a realizar o presente trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo, analisar a molhabilidade da superfície da madeira de *Khaya ivorensis* com amostras que variam no sentido medula-casca, e correlaciona-los com a cor em diferentes tratamentos de termorretificação. Para isso mediu-se a cor de todas as amostras com o auxílio de um espectofotometro portátil CM 2600d da Konica Minolta que forneceu as variáveis de cor L\*, a\* e b\*, possibilitando o calculo de saturação (C) e ângulo de tinta (H). A termorretificação das amostras foi realizada em um forno mufla elétrico laboratorial, da marca Linn Elektro Therm a 130°C e 190°C. As propriedades da gota foram mensuradas com o auxílio de um goniômetro DSA100, pelo método da gota séssil, As amostras apresentaram diferenças significativas das propriedades das gotas, ângulo de contato e diâmetro da base da gota, quando comparadas as faces tangencial e radial, o equilíbrio entre a gota e a superfície da amostra ocorre mais rápido nas amostras termorretificadas a 190°C, o ângulo de contato diminui da amostra 1 a 6 e aumenta ate a posição 8, as variáveis de cor apresentam valores menores com o aumento da temperatura e valores maiores de ângulo de contato quando nas mesmas circunstancias.

**Palavras-chave:** ângulo de contato, goniômetro, *Khaya ivorensis*, molhabilidade.

## ABSTRACT

The present study aimed to analyze the behavior of the water drop properties with the surface of the wood of *Khaya ivorensis* and correlates it with the color of the wood in different “thermo-rectification”. For this procedure was measured the color of all samples with the aid of a portable spectrophotometer CM 2600d from Konica Minolta that provided the color variables L\*, a\* and b\*, making it possible to calculate the saturation © and ink angle (H). the “thermo-rectification” of samples was performed in a laboratory muffle electric furnace, manufactured by Linn Elektro Therm to 130°C and 190°C. the properties of the drop were measures with the aid of goniometer DSA100 by the sessile drop method. The *Khaya ivorensis* showed signifivant differences of the properties of the droplets when compared to tangential and radial faces, the balance between the droplet and the surface of the sample occurred faster in “thermo-rectified” samples at 190°C. the angle decreased from the sample 1 to 6 and increased to 8, the color variables have smaller values with increasing “thermo-rectification” and larger angle values in the same circumstances.

**Keywords:** contact angle, goniometer, *Khaya ivorensis*, wetting

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	Ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	X
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 <i>Khaya ivorensis</i> .....	2
2.2 Cor .....	3
2.3 Ângulo de Contato.....	4
2.4 Termorreificação.....	6
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	7
3.1 Material.....	7
3.2 Termorreificação.....	7
3.3 Determinação das variáveis de cor.....	8
3.4 Determinação do ângulo de contato.....	8
3.5 Análise Estatística.....	8
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	10
4.1 Resultados de cor.....	10
4.2 Resultados de ângulo de contato da gota sessil.....	16
4.3 Resultado estatístico.....	18
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	21
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	22

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pag.</b>
<b>Tabela 1.</b> Resultados dos valores de luminosidade (L*) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C	13
<b>Tabela 2.</b> Resultados da variável cromática (a*) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C.	14
<b>Tabela 3.</b> <b>Tabela3.</b> Resultados da variável cromática (b*) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C	14
<b>Tabela 4</b> Resultados dos valores de saturação da cor (C) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C.	15
<b>Tabela 5</b> Resultados do ângulo da tinta (H) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C	15
<b>Tabela 6</b> Teste de Kruskal-Wallis das propriedades da gota séssil nas amostras, não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C.	19
<b>Tabela 7</b> Resultado do teste de Mann-Whitney das propriedades da gota, na face Tangencial e Radial.	19
<b>Tabela 8</b> Correlação das propriedades da gota com as variáveis de cor, nas faces tangencial e radial, nas amostras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C	20

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 1: Cortes histológicos da madeira de <i>Khaya ivorensis</i> . (A) Seção transversal. (B) Seção longitudinal tangencial. (C) Seção longitudinal radial (Fonte: www.prota.org).	3
Figura 2: Exemplo teórico de molhabilidade	4
Figura 3: Modelo de YOUNG adaptado	5
Figura 4: Preparação dos corpos de prova de <i>Khaya ivorensis</i>	7
Figura 5: Comportamento das variáveis de cor $L^*(A)$ , $a^*(B)$ e $b^*(C)$ da madeira não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C nas 8 posições no sentido medula casca, nas diferentes faces.	10
Figura 6: Comportamento das variáveis $L^*(A)$ , $a^*(B)$ e $b^*(C)$ , da madeira, não tratadas e tratadas a 130°C e 190°C, independente da posição no lenho e faces. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Kruskal-Wallis aplicando-se o teste de média de Dunn ao nível de 5% de significância.	12
Figura 7: Comportamento do ângulo da face Radial e Tangencial, da madeira não tratadas e tratadas a 130°C e 190°C.	16
Figura 8: Comportamento do ângulo nas amostras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C durante 90 segundos ( A). Comportamento do ângulo na face Radial e Tangencial, independente do tratamento e posição (B). Comportamento do ângulo durante 90 segundos de medição, independente do tratamento, face ou posição(C).	17
Figura 9: Comportamento do ângulo na face Radial e Tangencial, nas amostras não tratadas, tratadas a 130°C e tratadas a 190°C nas posições de 1 a 8.	18

## 1. INTRODUÇÃO

O alto consumo dos produtos florestais madeireiros, de maneira não sustentada, gerou uma forte pressão sobre as florestas nativas, em busca de material de qualidade que apresente boas propriedades físicas e mecânicas e deste modo, algumas espécies nativas tiveram sua exploração em grande escala, o que levou a proibição de seu corte ( ex.: mogno, jacarandá da bahia) afim de protegê-las da extinção.

De maneira a suprir a demanda por madeira de rápido crescimento, plantios de espécies exóticas se consolidaram no Brasil. Como principal exemplo temos o introduzido, no ano de 1904 por Edmundo Navaro de Andrade, o gênero *Eucalyptus*, dando inicio a plantios experimentais com fim de obter matéria prima destinada a produção de lenha e dormentes para a companhia paulista de estradas de ferro, que após cem anos, pode ser plantado em todos os estados de nosso país e é utilizado para numerosos fins, graças aos estudos que aprimoraram os conhecimentos sobre sua tecnologia e manejo, (MARTINI, 2004).

Assim como o eucalipto, outras espécies exóticas têm sido, nos últimos anos, plantadas de forma comercial no Brasil objetivando a produção por madeiras de qualidade, madeiras estas, a principio, com maior valor comercial, tais como o mogno africano, teca, cedro australiano entre outros.

O mogno brasileiro, considerado de uso nobre, pertencente a família Meliaceae, de grande porte, atingindo ate 70 metros de altura, com troco de ate 3,5m de diâmetro, o fuste é retilíneo e cilíndrico, sem ramificações. LORENZI, (1996). Devido sua exploração pretérita, esta entre as espécies que se encontram protegidas pelo Decreto No 4.722 de 05/06/2003, trazendo a necessidade de procurar espécies que substituam seu uso. Neste contexto, o mogno africano (*Khaya ivorensis*), por se assemelhar a madeira do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), quanto as propriedades de coloração, propriedades físicas e mecânicas, tem sido, nos últimos anos, destaque entre os silvicultores. Resistente à broca da ponteira (*Hypsypilla grandella* Zeiller), principal praga da *Swiethenia macrophylla*, Falesi; Bittencount (2011), vem sendo amplamente cultivada em alguns estados brasileiros como Goiás, Para, Mato Grosso e Minas Gerais em plantios comerciais.

A espécie foi introduzida pelo IPEAN, atual Embrapa Amazônia Oriental e é provável que a *Khaya ivorensis* se consolide como uma via para suprir a demanda por madeiras que tem equiparada beleza, propriedades tecnológicas favoráveis, elevada durabilidade, boa trabalhabilidade e secagem, estabilidade e durabilidade, além de seu aspecto, castanho-avermelhado brilhante, usada na produção de moveis de luxo, construção civil, instrumentos científicos de alta precisão, e outros. (MOURA, 2014).

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades de coloração e umedecimento nas faces radial e tangencial e variando a posição no lenho da medula para casca, assim como a correlação destas propriedades, sobre efeito de tratamento térmico na madeira.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Khaya ivorensis*

O gênero *Khaya* ocorre naturalmente na África e Madagascar. São de difícil taxonomia principalmente aqueles encontrados no leste da África e Congo, devido a grande similaridade entre as espécies TAYLOR(1971). Apenas 6 espécies são oficialmente reconhecidas, entre elas a *Khaya ivorensis*. A *Khaya ivorensis* é vulgarmente conhecida no Brasil por mogno africano, seu histórico de exploração remonta o início de século XX e devido a grande exploração de sua madeira, que diminui a ocorrência natural, seu plantio organizado foi motivado nos países de origem.

A madeira de mogno africano é altamente valorizada no mercado internacional por suas características tecnológicas e beleza, muito usada na indústria de móveis de luxo, construção naval, construções de interiores, apresenta fácil manuseio e secagem, estabilidade e durabilidade, aspecto castanho-avermelhado brilhante depois de polida. Segundo AUBREVILLE (1959) apud CONDE (2006), o principal consumidor é o mercado europeu. De acordo com FALESI e BAENA, (1999), a madeira de mogno africano é um produto de valor extraordinário, não existindo outro produto agrícola que o supere.

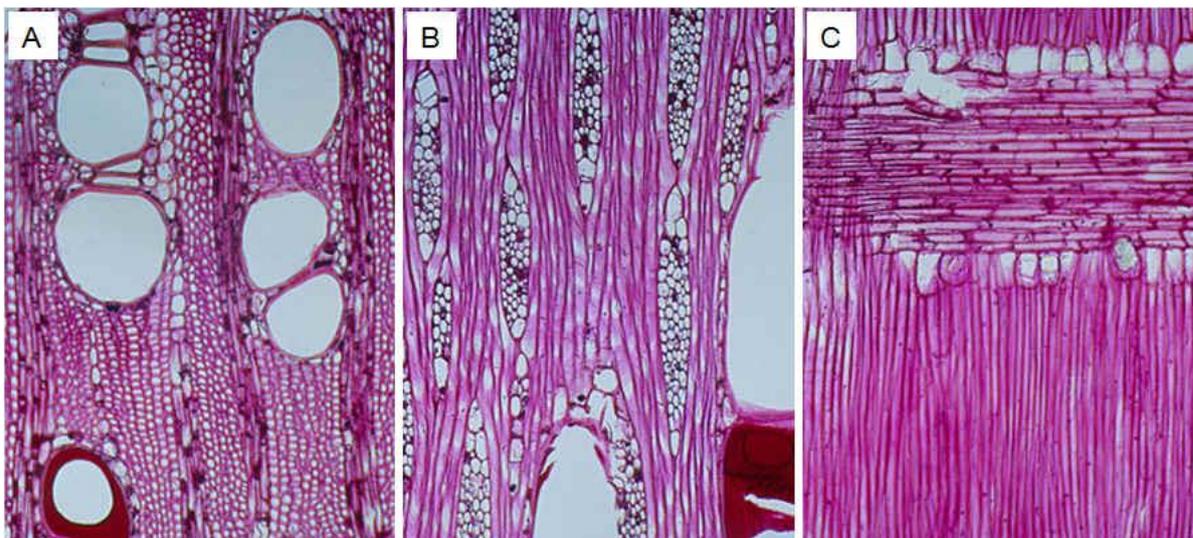
Segundo SILVA (2013) a madeira de mogno africano apresenta densidade aparente média de  $0,73\text{g.cm}^3$  e densidade básica média de  $0,63\text{ g/cm}^3$ , nos estudos realizados em uma árvore de 30 anos de idade, outros autores como REZENDE(2012) e CARVALHO(2013), citados por SILVA(2013), encontraram valores menores, estudando árvores de idade inferior, ou seja, provavelmente lenho juvenil. SILVA(2013), encontrou ainda, no mogno africano, valores de densidade e contração superiores os descritos na literatura do mogno brasileiro.

No estado do Pará, vem sendo utilizado em sistemas agroflorestais com o intuito de recuperar áreas degradadas e diminuir a pressão sofrida pelo mogno nativo em virtude da necessidade de madeira de semelhante qualidade.

Em Minas Gerais segundo GOMES (2010), no oitavo ano do plantio, 2 ha, com densidade de plantio de quatrocentas árvores por hectare, pode produzir  $372,40\text{ m}^3$  de madeira serrada, sendo o preço de venda internacional de mil e duzentos dólares o  $\text{m}^3$ , levando a espécie a ser muito promissora na região.

Apesar de apresentar crescimento rápido, fácil produção de mudas e propagação, além de outros fatores favoráveis a sua produção comercial, o mogno africano ainda não se encontra entre as espécies exóticas mais cultivadas no Brasil, como aponta o anuário da Associação Brasileira de Produtos de Florestas Plantadas.,(ABRAF, 2013). Grande parte de seus plantios ainda não alcançaram idade de corte e a expectativa de lucro ainda não foi efetivamente comprovada.

Um fator limitante ao uso da espécie é a ocorrência de grã reversa que pode dificultar o processamento e o uso de adesivos. Após o corte, os elementos anatômicos que ficarão expostos serão a superfície de contato, podendo apresentar diferenças nos resultados das análises graças a complexidade anatômica encontrada no grupo das folhosas o qual a *Khaya ivorensis* pertence. A complexidade anatômica que caracteriza a superfície exposta, pode ser notada na Figura 1, onde cortes histológicos deixam em evidência os elementos anatômicos diferenciados entre as seções. Transversal (A), longitudinal tangencial(B) e longitudinal radial (C).



**Figura 1.** Cortes histológicos da madeira de *Khaya ivorensis*. (A) Seção transversal. (B) Seção longitudinal tangencial. (C) Seção longitudinal radial (Fonte: [www.prota.org](http://www.prota.org)).

## 2.2 Cor

A cor aparece normalmente associada à beleza estética da madeira, visto que o mercado mundial prima por superfícies de coloração homogêneas e desenhos que garantam a satisfação dos clientes, sendo capaz de promover seu uso e seu valor de mercado. Em muitos casos a cor da madeira de um móvel ou objeto de decoração, pode ser um fator determinante na venda do produto, independente do preço ou qualidade. Entretanto a coloração da madeira vai além de sua aparência.

De acordo com MORI (2005), o padrão de coloração de uma madeira pode variar em tonalidades que vão desde bege claro até o marrom escuro, quase preto. Dentro dessa variação, existem madeiras amarelas, avermelhadas, roxas e alaranjadas. Esta propriedade organoléptica é muito útil na consolidação de madeiras novas no mercado e usadas para a identificação de algumas espécies.

Como já dito, a cor pode variar entre os indivíduos, mas ela também pode variar dentro do mesmo indivíduo, isto ocorre devido às características anatômicas que podem ser diferentes, por exemplo, entre o cerne e o albúrnio, sabendo-se que a diferenciação anatômica leva à diferenciação de propriedades físicas e mecânicas, conclui-se que a diferenciação de coloração, provavelmente indique diferenciação entre as propriedades. HITTLER(1972), afirmam que o alto teor de extrativos está relacionado com a luminosidade ou claridade ( $L^*$ ), ou seja, quanto mais escura for a madeira, maior será a quantidade de extrativos presentes no seu lenho.

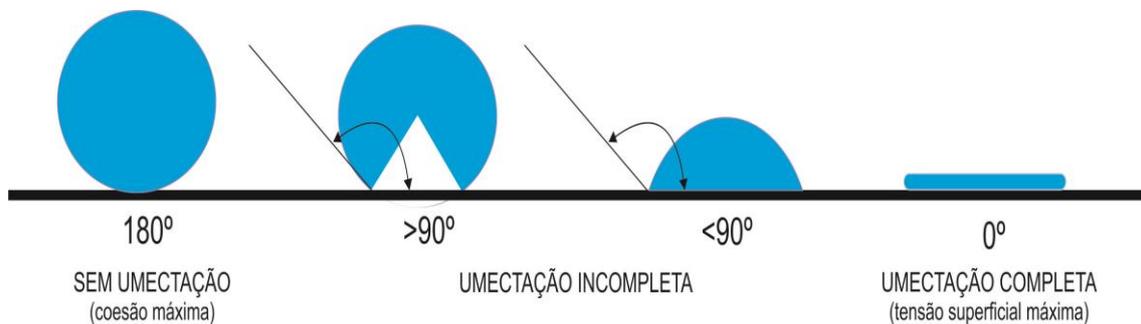
Existem outros fatores que conferem essa diversidade de cor entre indivíduos e nos indivíduos, ou ainda, que podem modificá-la no pós corte, tais como o manejo, a nutrição, os tratamentos silviculturais, a estrutura anatômica, a altura, a idade, o diâmetro, os fatores genéticos, os extrativos, o método de derrubada, as condições de crescimento, a oxidação, a termorretificação, tratamentos químicos.

A determinação da coloração ocorre por meio de aparelhos científicos, conhecidos como espectrofotômetros e colorímetros que permitem medir e analisar a composição da cor atribuindo-lhe valores numéricos que representam sua luminosidade ( $L^*$ ) e suas variáveis cromáticas ( $a^*$  e  $b^*$ ), através de um sistema internacional CIE- $L^*a^*b^*$ , o qual trabalha de acordo com a norma CIE 1976.

### 2.3. Ângulo de contato

O ângulo de contato representa uma medida quantitativa da molhabilidade e ocorre devido à tensão superficial do líquido e do sólido, A causa da tensão superficial é a resultante do sistema de forças de atração entre as moléculas que estão localizadas na interface sólido-líquido-vapor.

As gotas tendem a assumir uma posição e forma de equilíbrio na configuração de menor energia. A configuração de menor energia é a menor área para um determinado volume, uma gota. A molhabilidade é avaliada pelo ângulo de contato do líquido com a superfície sólida, quanto menor o ângulo de contato maior a molhabilidade, isto é, mais o líquido molha a superfície sólida e quanto maior o ângulo de contato, menor é a molhabilidade do sólido.



**Figura 2.** Exemplo teórico de molhabilidade

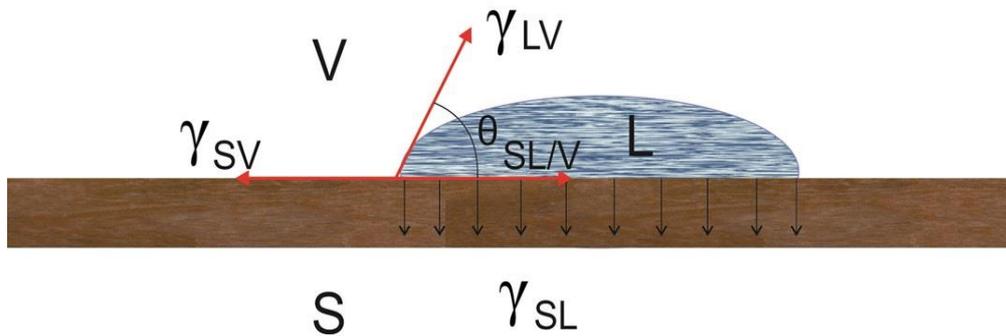
Quando o líquido molha completamente a superfície sólida ele se espalha numa fina camada. Quando o líquido não molha a superfície sólida ele se divide em porções praticamente esféricas e de menor base.

Molhabilidade é a tendência de um determinado fluido espalhar-se ou aderir-se sobre uma superfície sólida, caracterizada por parâmetros termodinâmicos como o ângulo de contato, energia livre de superfície e trabalho de adesão.

O ângulo de molhabilidade (ângulo de contato) entre um líquido com uma tensão e uma superfície sólida depende da relação entre as forças adesivas, que fariam a gota se espalhar sobre a superfície e as forças coesivas, do líquido, que geram uma gota esférica de superfície mínima. Ângulo de contato em equilíbrio pode ser dado pela equação de YOUNG:

$$\gamma_s = \gamma_{SL} + \cos\Theta \cdot \gamma_s$$

Equação (1)



**Figura 3.** Modelo de YOUNG adaptado

No estudo da madeira, deve ser lembrado que ela é um material heterogêneo e apresenta caráter poroso, portanto para mensurar o ângulo de contato, necessita de alguns cuidados, é possível que os extrativos ou a grã causem distorções nas medidas e que ocorra também, um fenômeno conhecido como histerese no ângulo de contato que pode ser identificado, quando ocorre a diferença entre valores altos e baixos de  $\theta$  ao decorrer da mesma medição.

O modelo de Young foi estabelecido para superfícies limpas e perfeitamente planas. Contudo, a superfície da madeira apresenta certa rugosidade, inerente à sua estrutura e anatomia, porosa e heterogênea.

Quando uma gota de líquido é depositada sobre uma superfície porosa, forma-se um ângulo de contato, mas ao mesmo tempo, ocorre penetração e espalhamento do líquido (CRUZ, 2006)

Com a equação de Young ou as outras relações derivadas desta equação, o ângulo de contato nos fornece uma visão termodinâmica sobre a natureza química da superfície, como o trabalho de adesão.

O trabalho de adesão define-se como o trabalho necessário para separar uma unidade de área da interface sólido - líquido e foi descrita pela equação de Dupré.

$$WSL = \gamma_S + \gamma_{LV} - \gamma_{SL} \quad \text{Equação(2)}$$

em que:

$WSL$  = Trabalho de adesão

$\gamma_S$  : energia livre de superfície do sólido;

$\gamma_{LV}$ : energia livre de superfície do líquido;

$\gamma_{SL}$ : energia livre interfacial sólido/líquido.

Combinando as equações, obtém-se a equação de Young-Dupré

$$WSL = \gamma_{LV} (1 + \cos\Theta) \quad \text{Equação(3)}$$

A energia livre de superfície de um sólido pode ser definida como a energia necessária para “clivar” reversivelmente uma unidade de superfície do sólido num plano paralelo à superfície considerada. Esta característica é importante, pois determina o nível potencial das

interações que o sólido será capaz de estabelecer, em particular com outros sólidos, permitindo assim a interpretação de fenômenos como a adesão, o atrito e a molhagem (SHULTZ, 1982)

Inicialmente, o ângulo de contacto diminui rapidamente (fase de espalhamento), mas à medida que o tempo passa, o ângulo de contacto diminui lentamente e finalmente atinge o equilíbrio (fase de difusão) (SHELDON., 2001).

## 2.4. Termorretificação

Alguns dos problemas na utilização da madeira são causados devido a seu caráter higroscópico, fenômeno passivo de ser resolvido com a aplicação da termorretificação. Outras características inerentes a madeira também podem ser alteradas com o uso desta técnica de aplicação de calor, que pode ser realizada de diferentes formas, seguindo variadas metodologias de acordo com o planejamento de uso.

a termorretificação é um processo que vem sendo utilizado também, a fim de transformar a cor da madeira de tons claros (*pinus, eucalypto*) em tons mais escuros, agregando valor ao produto, uma vez que as madeiras de clima tropical (tons mais escuros) são mais valorizadas no mercado. Em contrapartida, outras vantagens podem ser aproveitadas no processo, com o ganho no desempenho de propriedades físicas e mecânicas.

A instabilidade dimensional e durabilidade natural da madeira podem apresentar melhorias quando a madeira é tratada termicamente. Além disso, prevenção a ataque de xilófagos, perda de massa, alterações químicas, maior capacidade de isolamento térmico, com o benefício de não requerer a utilização de químicos, enriquecendo o material do ponto de vista ambiental. (KAMDEM, 2002 ; GARCIA, 2012).

Os métodos utilizados na termorretificação levam em consideração fatores como o teor de umidade inicial da madeira, a espécie em função de sua composição química, o tempo de aquecimento, utilização de oxigênio ou nitrogênio, processo a seco ou úmido, utilização de óleos, temperatura final, estrutura anatômica, espessura da peça tratada e etc. Geralmente os tratamentos são realizados até 280°C variando de 15 min a 24 horas, dependendo do processo. (KAMDEM, 2002)

Alguns trabalhos mostram que existem alterações em propriedades físicas e mecânicas, que podem ser positivas até determinadas temperaturas, depois disso, pode ocorrer prejuízo a essas propriedades, devido a degradação da madeira. XAVIER (2013), estudando *Eucalyptus urograndis*, encontrou melhores valores de compressão paralela nas amostras tratadas a 180°C em relação às amostras controle, porém a melhora não ocorreu com a mesma significância nas amostras tratadas a 200°C, mostrando uma influência negativa da temperatura em relação à propriedade mecânica.

O escurecimento causado pela temperatura a partir de 180°C, foi descrito por MOURA e BRITO, 2011 onde o matiz vermelho do *Eucalyptus grandis* foi gradualmente diminuindo com o aumento da temperatura.

Segundo Machinery Business Society (1997), a termorretificação modifica as propriedades da superfície da madeira melhorando sua compatibilidade com componentes orgânicos, como por exemplo resinas ou polímeros, facilitando as operações de impregnação, aderência e o uso de produtos para revestimento de superfície.

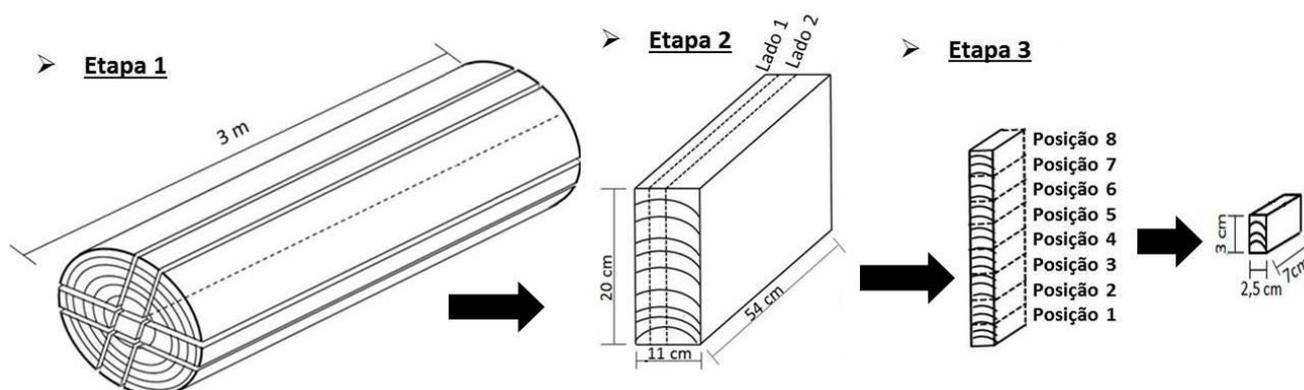
### 3.MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

Para a realização deste trabalho foram abatidas três árvores da espécie *Khaya ivorensis* (mogno africano), de indivíduos localizados no município de Seropédica – Rio de Janeiro. As árvores apresentaram diâmetro a altura do peito - dap aproximado entre 90 e 100 cm e idade em torno de 30 anos de idade.

As toras foram provenientes dos quatro primeiros metros das árvores e foram conduzidas ao Laboratório de Processamento Mecânico e Usinagem do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, de onde foram retirados 4 pranchões radiais como mostra a Figura 4, e foram desdobradas em pranchas e tábuas radiais.

Desses doze pranchões resultantes do desdobro, foram selecionados três, um de cada árvore que continham parte da medula até o alburno. Foram então retirados tábuas com 2,5 cm de espessura de cada pranchão selecionado, garantindo que os planos radiais e tangenciais estivessem muito bem definido. No sentido medula-casca as tábuas foram divididas em oito posições. Deste modo os corpos de prova finalizaram com as dimensões de 2,5 x 3,0 x 7,0 cm (espessura, largura e comprimento).



**Figura 4.** Preparação dos corpos de prova de *Khaya ivorensis*

#### 3.2 Termorretificação

As amostras foram tratadas termicamente a temperaturas de 130°C e 190°C e um outro lote não recebeu tratamento, de modo que amostras de todas as 8 posições radiais, estivessem representados nos tratamentos descritos acima. Amostras antes de termorretificadas foram colocadas em ambiente climatizado a 20°C +/- 2°C e umidade relativa de 65% até peso constante.

O tratamento de termorretificação foi realizado em um forno mufla elétrico laboratorial, da marca Linn Elektro Therm, com dimensões de 600 x 600 x 700 mm, equipado com um sistema de controle de temperatura em função do tempo. As amostras foram divididas em 2 grupos de tratamentos. O tratamento de termorretificação foi realizado

em quatro etapas, sendo selecionadas duas diferentes temperaturas. As quatro etapas do tratamento foram: (1) aquecimento das amostras até 100°C: período correspondente à 2 horas; (2) aumento da temperatura de 100°C até a temperatura de termorretificação: período correspondente à 2 horas (3) tempo de tratamento na temperatura de termorretificação desejada: período correspondente à 2 hora e (4) resfriamento do material até a temperatura chegar a 60°C.

### **3.3 Determinação das variáveis de cor**

Após termorretificação e acondicionamento, as amostras foram lixadas na seqüência com lixas de granulometria 110, 280 e 360 de modo a se ter uma superfície livre de oxidação.

A cor foi determinada com o auxílio do espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta que utiliza um sistema de medição internacional CIE 1976. Para cada amostra, foram efetuadas 12 medições de cor, 3 em cada uma das 4 faces. A medição foi realizada através do contato direto da superfície da amostra em pontos pré-determinados e a área de iluminação do aparelho, com diâmetro de 3 mm (SAV), utilizando-se o iluminante padrão D<sub>65</sub> e observador padrão suplementar 10°.

Foram determinadas as variáveis L\* referentes a luminosidade e as variáveis cromáticas a\* (verde-vermelho) e b\* (azul-amarelo), posteriormente, com os valores de a\* e b\* foram calculados a saturação (C) e a tonalidade (H) para cada uma das 4 faces de cada corpo de prova ,duas radiais e duas tangenciais, sendo feita 3 leituras de cor para cada uma das faces.

Os dados coletados pelo espectrofotômetro foram então transferidos para o software SpectraMagic NX™ (Konica Minolta) e então exportados para o software Microsoft Office EXCEL.

### **3.4 Determinação do ângulo de contato**

Após o tratamento térmico e medição de cor, as amostras foram submetidas a determinação do ângulo de contato através do método da gota sessil, cada uma das amostras recebeu em cada uma das faces, 3 gotas de água destilada, que foram mensuradas em relação ao seu ângulo de contato, dimensão da base da gota, volume da gota e área de contato, o registro destas propriedades foram realizados a cada 10 segundos durante 90 segundos desprezando a primeira marcação no instante zero, para evitar dados errôneos causados por histerese. As medições foram realizadas com o uso do goniômetro DSA100, com o auxílio de uma agulha, a uma distancia padronizada da amostra, usando como liquido água destilada e uma câmera capacitada para foco. Através do método da gota séssil, baseado na teoria de YONG. As medições foram acompanhadas pelo software DSA1, que a partir do momento em que a gota é gerada e precipitada por ação da gravidade, aciona o cronômetro, inserindo em uma tabela os resultados dos cálculos de ângulo de contato, volume da gota, ângulo da gota, base da gota e o instante da marcação. As medições foram posteriormente exportados para o Software Microsoft Office EXCEL para futura análise dos dados. O ambiente onde o experimento foi efetuado, estava numa temperatura de 25°C e 65% de Umidade Relativa.

### **3.4 Análise estatística.**

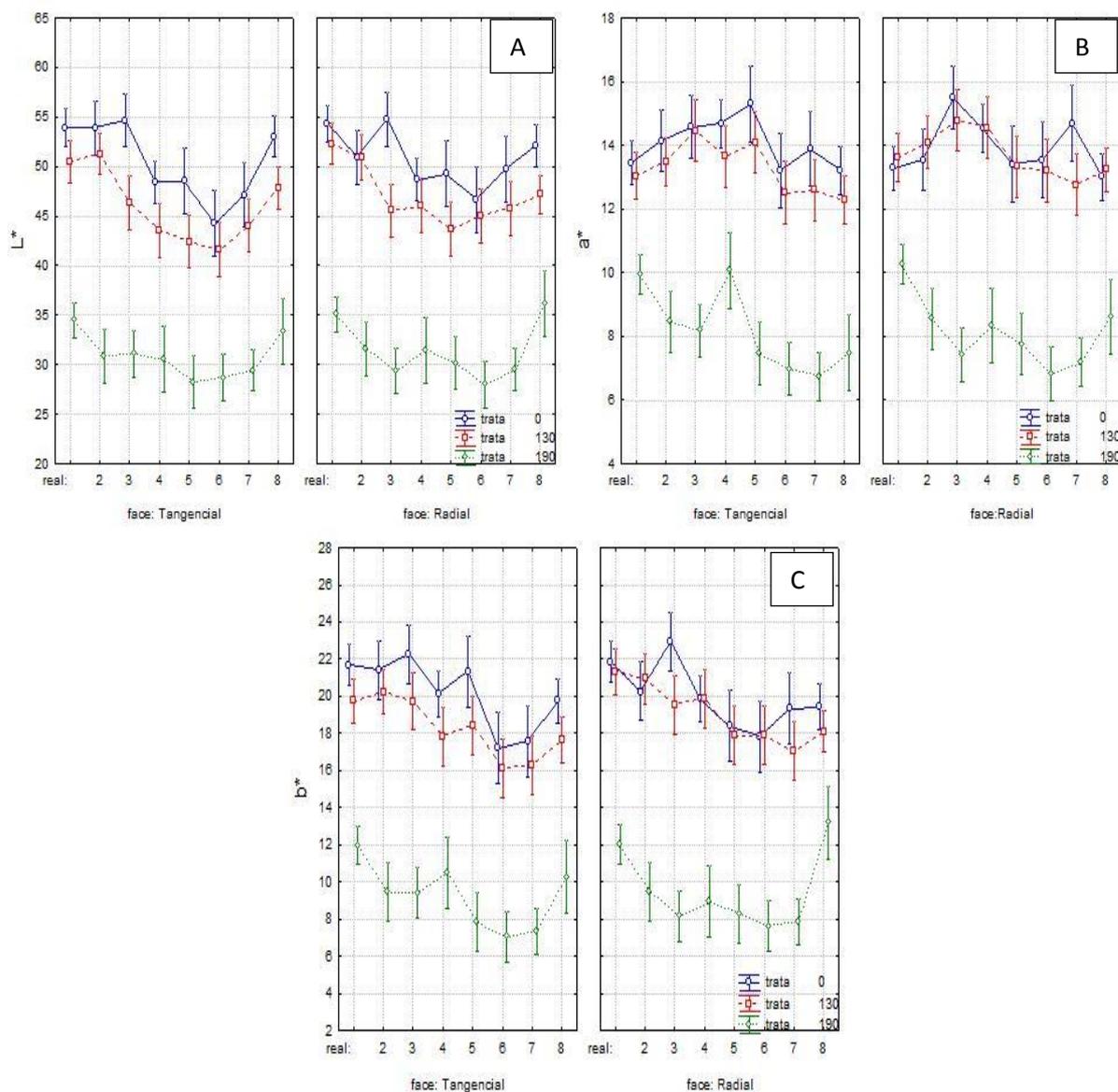
As variáveis estudadas relativas à coloração da madeira e as propriedades da gota, foram submetidas a verificação de normalidade e da heterocedasticidade, pressupostos para

aplicação da análise de variância e para tal usou-se o método de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente, ao nível de 5% de significância. Quando a variável dependente estudada não atendeu aos pressupostos, foi aplicado teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ou Mann-Whitney. Quando diferenças entre tratamentos foram detectadas no campo paramétrico e não paramétrico, usou o teste de Tukey e teste de Dunn, respectivamente, ao nível de 5% de significância, para diferencia entre as médias ou médias dos postos. As análises de correlações foram feito pelo método de Pearson, ao mesmo nível de significância citado anteriormente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados de cor

Os resultados das variáveis cromáticas ( $a^*$  e  $b^*$ ), assim como a luminosidade da madeira de *Khaya ivorensis* ( $L^*$ ), relacionadas a madeira tratada e não tratada nas diferentes posições, separadas por face radial e face tangencial estão apresentadas na Figura 5.



**Figura 5.** Comportamento das variáveis de cor  $L^*$ (A),  $a^*$ (B) e  $b^*$ (C) da madeira não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C nas 8 posições no sentido medula casca, nas diferentes faces.

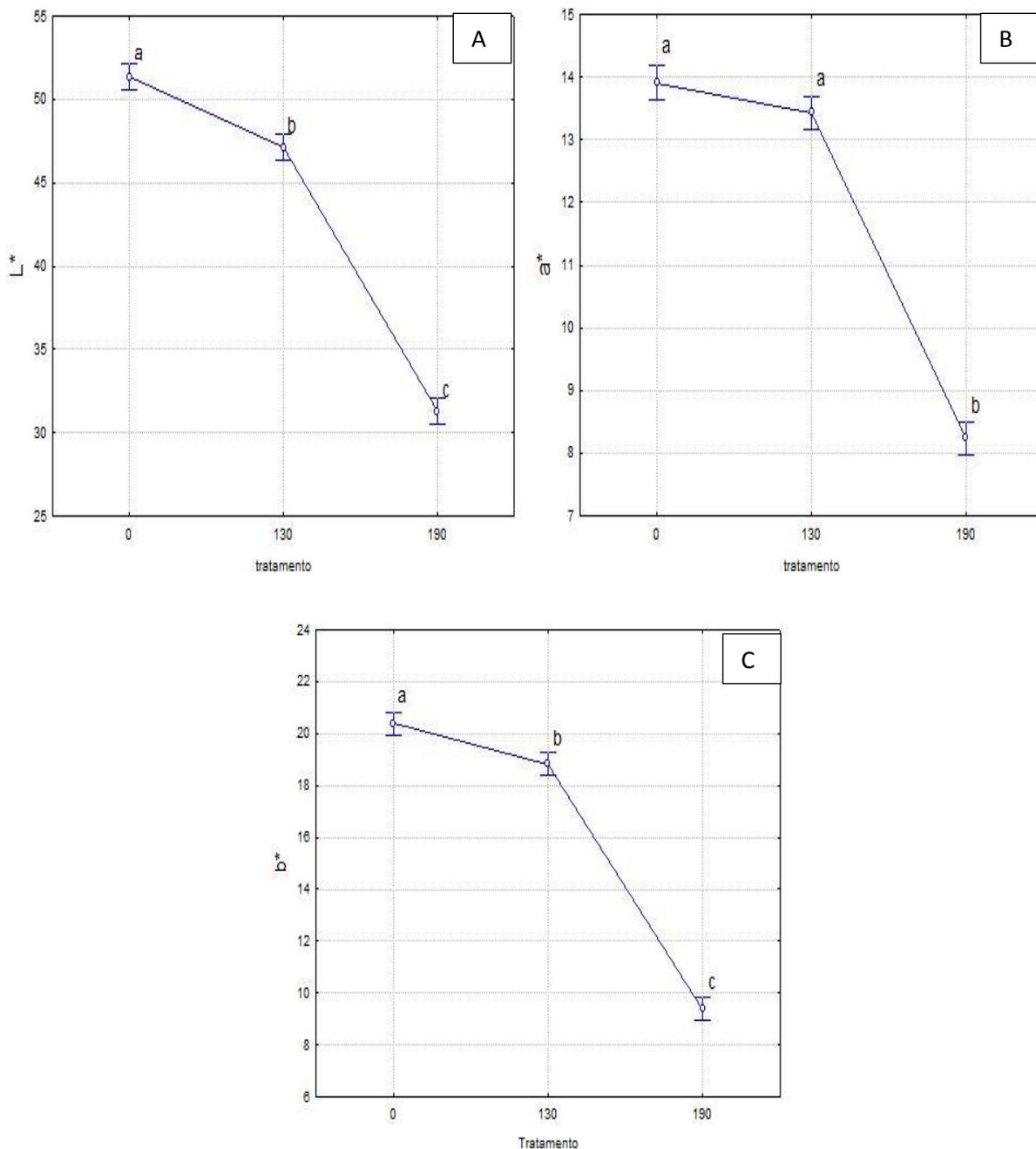
Para madeira não tratada termicamente na face tangencial, a coordenada cromática  $a^*$  demonstra um aumento de pigmentação vermelha da posição 1 a 5, com decréscimo a partir de então. Na face radial o aumento foi até a posição 3, com decréscimo posterior a este ponto e com um aumento na posição 7. Na madeira tratada a 130°C, na face tangencial, observou-se constante redução do valor da coordenada  $a^*$  para todas as posições, quando comparada a madeira não tratada. Na face radial as reduções foram menores e em algumas posições, houve

aumento no valor médio da coordenada. Quando a madeira é tratada a 190°C há uma redução substancial do valor da coordenada  $a^*$ , quando comparada a madeira não tratada e tratada a 130°C, para cada posição, observa-se ainda que os valores de  $a^*$  diminuem no sentido medula casca, fenômeno inverso aos outros dois tratamentos

Para madeira não tratada termicamente, na face tangencial, a coordenada cromática  $b^*$  demonstra uma diminuição de pigmentação amarela na posição 6. Quando na face radial o decréscimo é observado já na posição 4. Em ambas as faces, após a posição 6 ocorre um aumento na variável cromática. Quando a madeira é tratada a 130°C ocorre uma diminuição no valor do pigmento em comparação a madeira não tratada, porém o comportamento é semelhante em ambas as faces. que não receberam tratamento, ocorre o aumento e em ambas as faces tratadas a 130°C ocorre um decréscimo, na posição 3. Quando a madeira é tratada a 190°C a queda no valor da variável é substancial quando comparada aos outros tratamentos, tanto na face radial quanto na face tangencial a posição 8 apresenta os maiores valores de pigmentação amarela.

Para madeira não tratada termicamente, na face tangencial, a luminosidade  $L^*$  apresenta um decréscimo da posição 3 até a 6, ocorre depois um aumento até a posição 8. O fenômeno se repete na face radial mas de maneira menos evidente. Quando a madeira é tratada a 130°C a luminosidade diminuiu se comparada as amostras não tratadas, o comportamento é semelhante. Ocorre a queda na posição 2 até a 6 e depois o aumento até a posição 8 na face tangencial, na face radial o fenômeno também ocorre, porém de maneira menos acentuada. Quando a madeira é tratada a 190°C, assim como ocorre nas variáveis cromáticas, pode se observar um decréscimo acentuado nos valores de  $L^*$  quando comparados aos outros tratamentos. Na face tangencial ocorre uma menor variação da luminosidade quando comparadas as posições.

Os resultados das coordenadas cromáticas ( $a^*$  e  $b^*$ ) assim como a variável de luminosidade ( $L^*$ ) estão apresentados na Figura 6, comparando seus comportamentos nos diferentes tratamentos de termorreificação.



**Figura 6.** Comportamento das variáveis  $L^*$ (A),  $a^*$ (B) e  $b^*$ (C), da madeira, não tratadas e tratadas a 130°C e 190°C, independente da posição no lenho e faces. Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Kruskal-Wallis aplicando-se o teste de média de Dunn ao nível de 5% de significância.

As variáveis cromáticas  $a^*$  e  $b^*$ , quando analisadas independente da posição no lenho e faces, apresentaram diminuição da pigmentação vermelha e amarela quando comparadas as amostras não tratadas e tratadas a 130°C essa diminuição da variável  $a^*$  e  $b^*$  ocorre de forma acentuada nas amostras que receberam o tratamento a 190°C.

A variável de luminosidade  $L^*$  se comportou de maneira semelhante as variáveis  $a^*$  e  $b^*$ , entretanto a variação é muito maior, como pode ser observado na escala da figura 7.

Os resultados das variáveis de luminosidade ( $L^*$ ), estão apresentados na Tabela 1, afim de se visualizar seu comportamento nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, na face radial e tangencial das posições radiais de 1 a 8.

**Tabela 1.** Resultados dos valores de luminosidade ( $L^*$ ) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C

Posição Radial	$L^*$								
	Não Tratada			130°C			190°C		
	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média
1	53,9	54,3	54,1	50,5	52,3	51,4	34,5	35,1	34,8
2	53,9	50,9	52,4	51,3	50,5	50,9	30,9	31,6	31,2
3	54,7	54,8	54,7	46,4	45,5	46,0	31,1	29,4	30,2
4	48,4	48,7	48,6	43,6	46,0	44,8	30,5	31,5	31,0
5	48,5	49,3	48,9	42,4	43,7	43,0	28,3	30,2	29,2
6	44,3	46,6	45,5	41,6	45,0	43,3	28,7	28,0	28,4
7	47,2	49,8	48,5	44,1	45,8	44,9	29,4	29,5	29,5
8	53,0	52,1	52,6	47,8	46,9	47,4	33,4	36,2	34,8
Média	50,5	50,8	50,6	46,0	47,0	46,5	30,8	31,4	31,1

Quando comparadas as madeiras não tratadas e as tratadas a 130°C e 190°C, ocorre diminuição da luminosidade ( $L^*$ ) com o aumento da temperatura, este resultado pode ser observado nas medias de cada um dos tratamentos. A luminosidade também diminui da posição 1 a 6, voltando a aumentar de 6 a 8. Quando comparadas as médias das faces, os valores de luminosidade são maiores na face Radial, nos 3 tratamentos. Os valores menores de  $L^*$  representam escurecimento da amostra.

Os resultados da variável cromática de pigmentação vermelha ( $a^*$ ), estão apresentados na Tabela 2, afim de se visualizar seu comportamento nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, na face radial e tangencial das posições radiais de 1 a 8.

**Tabela2.** Resultados da variável cromática (a\*) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C.

Posição Radial	a*								
	Não Tratada			130°C			190°C		
	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média
1	13,4	13,3	13,4	13,0	13,6	13,3	9,9	10,3	10,1
2	14,1	13,7	13,9	13,5	14,0	13,7	8,5	8,6	8,5
3	14,6	15,5	15,0	14,5	14,8	14,6	8,2	7,4	7,8
4	14,7	14,5	14,6	13,7	14,6	14,1	10,1	8,3	9,2
5	15,3	13,4	14,4	14,1	13,3	13,7	7,5	7,8	7,6
6	13,2	13,5	13,4	12,5	13,2	12,9	7,0	6,8	6,9
7	13,9	14,7	14,3	12,6	12,8	12,7	6,7	7,2	7,0
8	13,2	13,0	13,1	12,3	13,2	12,7	7,5	8,6	8,1
Média	14,1	14,0	14,0	13,3	13,7	13,5	8,2	8,1	8,1

Quando comparadas as madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, a pigmentação vermelha representada pela variável cromática a\*, diminuiu com o aumento da temperatura, indicando diminuição de pigmentação vermelha na madeira. Não foi observada uma tendência em relação as posições ou faces.

Os resultados das variáveis cromática de pigmentação amarela (b\*), estão apresentados na Tabela 3, afim de se visualizar seu comportamento nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, na face radial e tangencial das posições de 1 a 8.

Quando comparadas as madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e a 190°C, os valores da variável cromática b\* diminui com o aumento da temperatura, demonstrando uma diminuição da pigmentação de amarelo nas madeiras, podendo ser visto nas medias por tratamento. Ocorre uma diminuição da variável da posição 1 a 7 sendo a face radial nos tratamentos de 130°C e 190°C com mais pigmento amarelo.

**Tabela3.** Resultados da variável cromática (b\*) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C

Posição Radial	b*								
	Não Tratada			130°C			190°C		
	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média
1	21,7	21,9	21,8	19,8	21,3	20,5	11,9	12,0	12,0
2	21,4	20,4	20,9	20,2	20,6	20,4	9,5	9,5	9,5
3	22,3	22,9	22,6	19,7	19,5	19,6	9,4	8,2	8,8
4	20,1	19,9	20,0	17,8	19,9	18,9	10,5	8,9	9,7
5	21,3	18,4	19,9	18,4	17,9	18,2	7,8	8,3	8,1
6	17,2	17,8	17,5	16,1	17,9	17,0	7,1	7,6	7,3
7	17,6	19,3	18,5	16,3	17,0	16,7	7,3	7,8	7,6
8	19,8	19,4	19,6	17,6	17,9	17,8	10,3	13,2	11,7
Média	20,2	20,0	20,1	18,3	19,0	18,6	9,2	9,4	9,3

Os resultados dos valores de saturação da cor (C), estão apresentados na Tabela 4, afim de se visualizar seu comportamento nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, na face radial e tangencial das posições radiais de 1 a 8.

**Tabela4.** Resultados dos valores de saturação da cor (C) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C.

Posição Radial	C*								
	Não Tratada			130°C			190°C		
	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média
1	25,5	25,6	25,6	23,7	25,3	24,5	15,6	15,8	15,7
2	25,7	24,5	25,1	24,3	24,9	24,6	12,7	12,8	12,7
3	26,6	27,7	27,2	24,5	24,5	24,5	12,5	11,0	11,8
4	24,9	24,6	24,8	22,5	24,6	23,6	14,6	12,3	13,4
5	26,3	22,8	24,5	23,2	22,3	22,8	10,8	11,4	11,1
6	21,7	22,4	22,1	20,4	22,2	21,3	9,9	10,3	10,1
7	22,4	24,3	23,3	20,6	21,3	21,0	10,0	10,6	10,3
8	23,8	23,4	23,6	21,5	22,2	21,9	12,7	15,8	14,3
Média	24,6	24,4	24,5	22,6	23,4	23,0	12,3	12,5	12,4

Quando comparados as madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, a saturação (C) da madeira diminui com o aumento da temperatura, a face radial dos tratamentos de 130°C e 190°C apresentam em médias, valores de saturação maiores que na face tangencial, o mesmo fenômeno não ocorreu nas madeiras não tratadas.

Os resultados dos valores de ângulo de tinta (H), estão apresentados na Tabela 5, afim de se visualizar seu comportamento nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, na face radial e tangencial das posições radiais de 1 a 8.

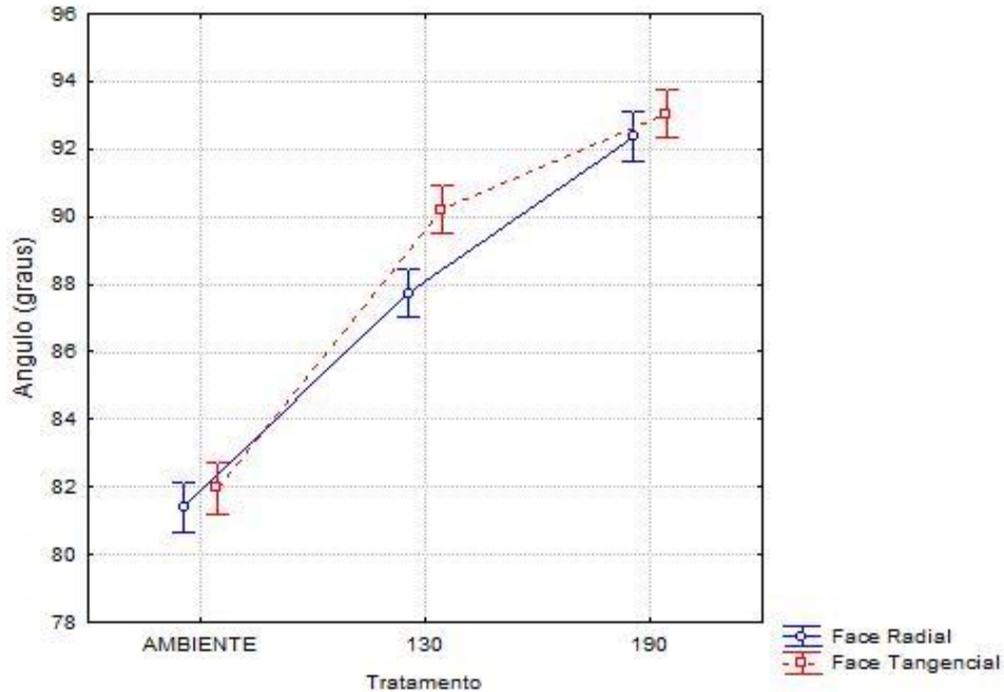
**Tabela5.** Resultados do ângulo da tinta (H) apresentados por face radial e tangencial, por posições de 1 a 8, nas madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C

Posição Radial	H								
	Não Tratada			130°C			190°C		
	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média	Tangencial	Radial	Média
1	58,2	58,7	58,4	56,3	57,2	56,8	49,9	49,0	49,5
2	56,6	56,1	56,4	56,2	55,7	56,0	48,0	47,6	47,8
3	56,7	55,9	56,3	53,8	52,9	53,3	48,5	47,5	48,0
4	53,9	53,8	53,8	52,5	53,7	53,1	46,6	46,4	46,5
5	54,3	53,9	54,1	52,6	53,3	53,0	46,2	46,9	46,6
6	52,4	52,8	52,6	52,2	53,6	52,9	45,1	47,1	46,1
7	51,6	52,7	52,2	52,3	53,2	52,7	47,1	47,2	47,1
8	56,2	56,2	56,2	55,0	53,5	54,2	53,0	56,3	54,7
Média	55,0	55,0	55,0	53,9	54,1	54,0	48,0	48,5	48,3

Quando comparadas as madeiras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C, o valores de ângulo da tinta (H), diminuíram com o aumento da temperatura nos tratamentos, sendo os menores valores em 190°C. Nos tratamentos de 130°C e 190°C os valores de H são maiores na face radial do que na face tangencial. Em média, os valores de H diminuem no sentido medula casca.

## 4.2 Resultados de ângulo de contato da gota séssil

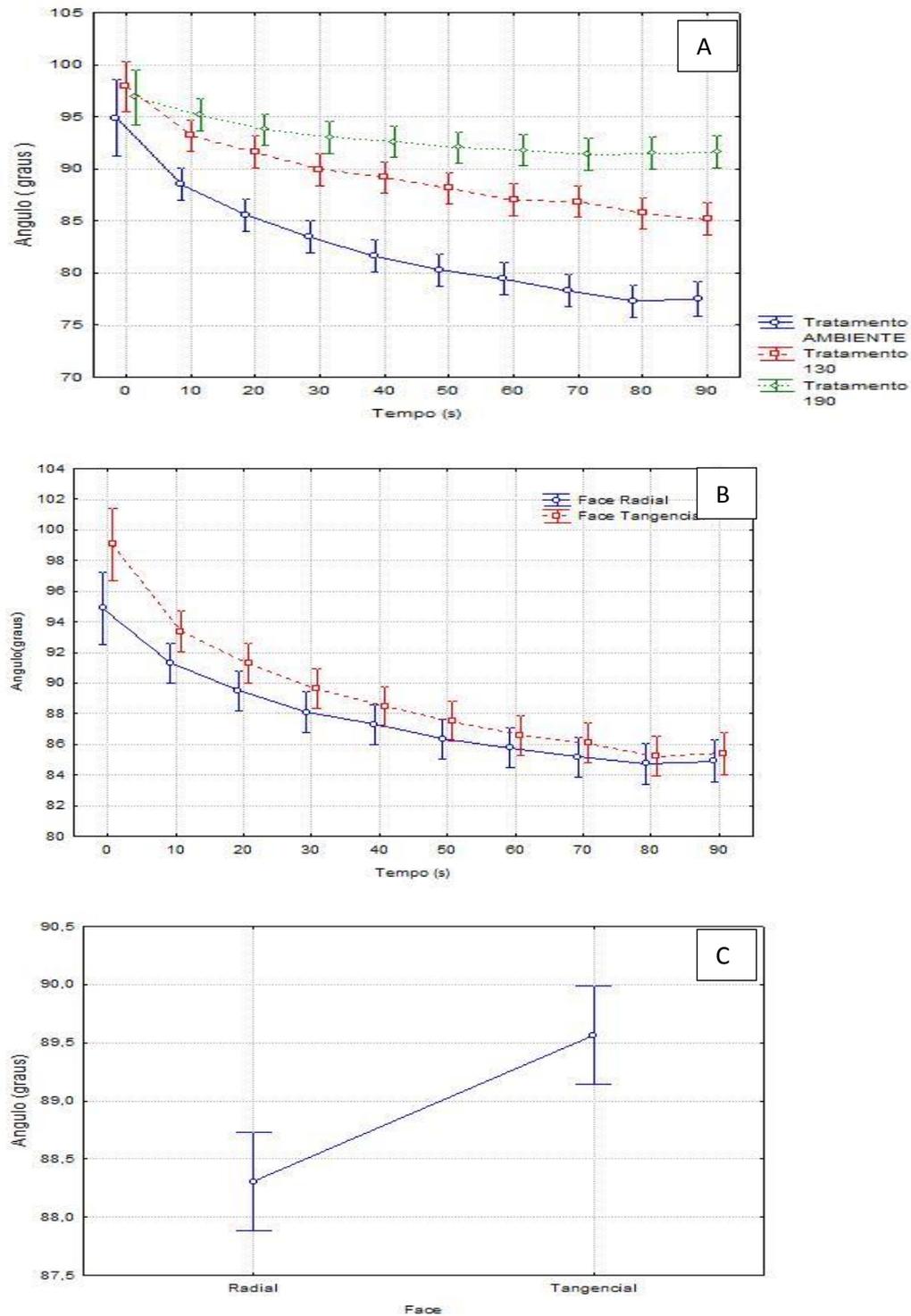
Os resultados dos ângulos em contato com a superfície da madeira de *Khaya ivorensis*, quando comparados os tratamentos, diferenciados pela face radial e face tangencial, são apresentados na Figura 7:



**Figura 7.** Comportamento do ângulo da face Radial e Tangencial, da madeira não tratadas e tratadas a 130°C e 190°C.

Quando não tratadas termicamente, as amostras apresentaram menores valores de ângulo tanto na face radial quanto na face tangencial, não sendo levado em consideração as diferentes posições, houve um aumento do valor do ângulo quando as amostras receberam a termorretificação de 130°C, sendo que a face tangencial apresenta valores maiores que a face radial. Quando tratadas a 190°C o valor aumentam mais se comparadas aos tratamentos anteriores, a face tangencial, nos 3 tratamentos apresenta maiores ângulos. Sendo assim, é possível concluir que tratamentos térmicos de 130°C e 190°C diminuem a molhabilidade da madeira.

De acordo com MELO (2012), após a fase de espalhamento, a redução do ângulo se dá lentamente, até que seja atingido o equilíbrio, etapa conhecida como fase de difusão. Esse fenômeno pode ser observado na Figura 8, onde é mostrado o equilíbrio entre a gota séssil e a superfície de contato, reparados por tratamento (A) e face (B), (C).



**Figura 8.** Comportamento do ângulo nas amostras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C durante 90 segundos ( A). Comportamento do ângulo na face Radial e Tangencial, independente do tratamento e posição (B). Comportamento do ângulo durante 90 segundos de medição, independente do tratamento, face ou posição(C).

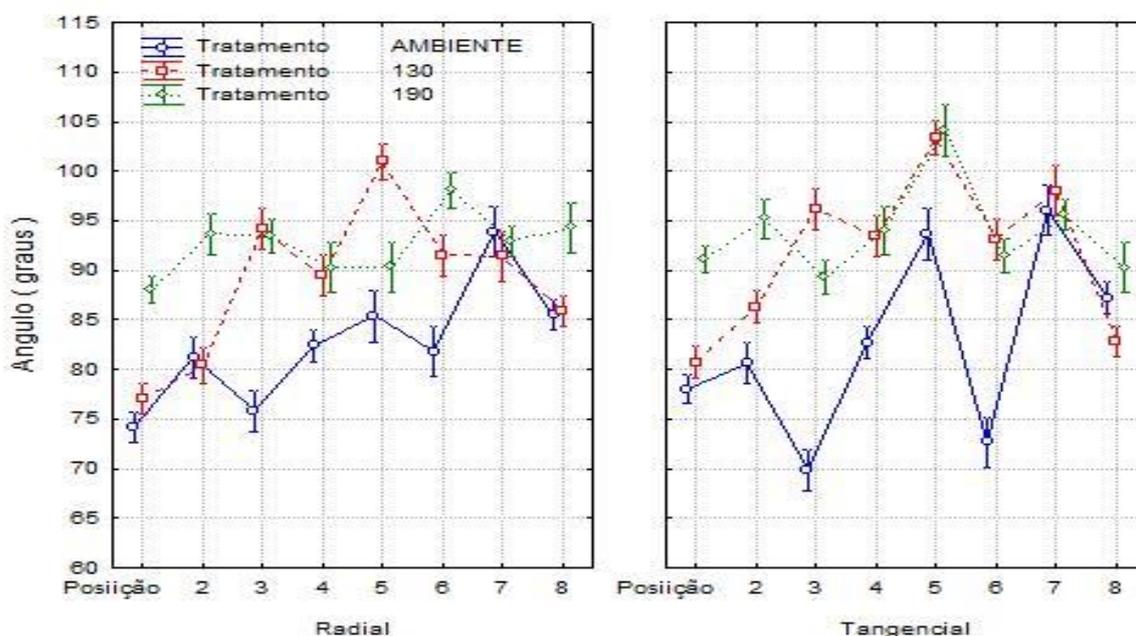
O equilíbrio entre a superfície de contato e a gota séssil, foi observado acompanhando os valores do ângulo durante 90 segundos de medição. Os ângulos apresentaram valores decrescentes com o passar do tempo ate se tornarem constantes, como pode ser visto na Figura 8C.

Na Figura A é possível observar que as amostras que não receberam tratamento término após o ciclo de 90 segundos apresentam os menores ângulos quando comparadas as amostras que receberam tratamento térmico de 130° e 190°C. e que elas demoraram mais tempo para atingir o equilíbrio.

As amostras que receberam tratamento de 190°C apresentam os maiores ângulos de contato, ou seja, são superfícies menos molháveis e alcançaram mais rápido o equilíbrio descrito por (MELO 2012).

Quando comparadas a face radial e face tangencial, observasse que a face tangencial tem maiores ângulos de contato, possivelmente alcançando mais rápido o equilíbrio e sendo menos molhável que a face radial., como pode ser visto na Figura 8B.

A figura 9 apresenta o comportamento do ângulo nas amostras tratadas e não tratadas em cada uma das posições, diferenciadas pela face radial e tangencial.



**Figura 9.** Comportamento do ângulo na face Radial e Tangencial, nas amostras não tratadas, tratadas a 130°C e tratadas a 190°C nas posições de 1 a 8.

Quanto os ângulos são comparados entre as posições, as amostras não tratadas apresentam na face radial um aumento gradual de 1 a 8 tendo seu maior ângulo na posição 7. Quando tratados a 130°C ocorre um aumento dos valores do ângulo na posição 3, seu maior valor é em 5 diminuindo até chegar em 8. As amostras tratadas a 190°C apresentaram menores variações entre as posições e valores variando em 10°. Na face tangencial as amostras não tratadas apresentaram picos na posição 5 e 7, e valores menores em 3 e 6, sendo a variação entre as posições bastante evidente. Quando as amostras são tratadas a 130°C essa variação entre as posições é menor porém ainda ocorre, sendo os valores crescentes de 1 a 5 e diminuindo até 8. As amostras tratadas a 190°C apresentaram assim como na face radial, uma menor variação quando comparadas as posições, sendo o maior valor na posição 5.

### 4.3 Análise Estatística

Os resultados obtidos pelo teste de Kruskal-Wallis, quando comparadas às propriedades da gota nas amostras tratadas e não tratadas são apresentadas na Tabela 6, onde as letras a,b e c demonstram resultados significativamente diferentes.

**Tabela 6.** Teste de Kruskal-Wallis das propriedades da gota séssil nas amostras, não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C.

Tratamento	Volume	Área	Base da gota	Ângulo
Não tratado	15,1 (6457) <sup>a</sup>	23,9 (6568) <sup>a</sup>	4206,7(6577) <sup>a</sup>	81,4 (3654) <sup>c</sup>
130°C	13,2 (4724) <sup>b</sup>	21,7 (4756) <sup>b</sup>	3813,6(4594) <sup>b</sup>	81,7 (4982) <sup>b</sup>
190°C	11,2 (3245) <sup>c</sup>	19,2 (3106) <sup>c</sup>	3449,7(3263) <sup>c</sup>	92,3 (5594) <sup>a</sup>

Valores entre parênteses contem media dos postos pelo teste de Kruskal-Wallis. Letras minúsculas, na mesma coluna, indicam diferenças ao nível de 5% de significância pelo teste de média de Dunn.

Aplicando o teste de Kruskal-Wallis as propriedades das gotas, observaram-se diferenças significativas entre as médias das propriedades em cada um dos tratamentos, não tratado, 130°C, 190°, assim como demonstrado pelas letras a, b e c que indicam diferenças entre medias com letras diferentes. Podendo-se concluir que os tratamentos influenciam nas propriedades volume, área, base da gota e ângulo significativamente.

Os resultados obtidos, quando aplicado o teste de Mann-Whitney, comparando as propriedades da gota na face tangencial com as propriedades da gota na face radial são apresentados na Tabela 7:

**Tabela 7.** Resultado do teste de Mann-Whitney das propriedades da gota, na face Tangencial e Radial.

Propriedades da gota	Face Tangencial	Face Radial	Z ajustado
Volume	13,11	13,06	-0,45764
Área	21,7	21,6	-0,21396
Base	3,78	3,81	<b>5,12147*</b>
Ângulo	88,5	87,2	<b>-9,09077*</b>

\*Valores de Z em negrito são significativos ao nível de 5% de significância

Aplicando-se o teste de Mann-Whitney, encontrou-se diferenças significativas entre as faces quando comparadas duas propriedades da gotas, base da gota e ângulo. Volume e área da gota não apresentaram diferenças significativas entre as medias da face tangencial comparadas com a face radial.

Os resultados das correlações entre as amostras tratadas e não tratadas, variáveis cromáticas (a\*, b\*), luminosidade (L\*), propriedades da gota e face radial e face tangencial estão apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Correlação das propriedades da gota com as variáveis de cor, nas faces tangencial e radial, nas amostras não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C.

Tratamentos	Coordenadas de cor	Tangencial				Radial			
		Volume	Área	BD	Ângulo	Volume	Área	BD	Ângulo
Ambiente	L*	0,10	<b>0,32</b>	<b>0,46</b>	<b>-0,38</b>	0,02	0,12	<b>0,35</b>	<b>-0,42</b>
	a*	-0,24	<b>-0,29</b>	<b>-0,26</b>	0,13	0,13	0,13	0,10	-0,01
	b*	0,12	<b>0,27</b>	<b>0,37</b>	<b>-0,30</b>	0,14	0,20	<b>0,38</b>	<b>-0,37</b>
130	L*	<b>0,40</b>	<b>0,52</b>	<b>0,69</b>	<b>-0,68</b>	<b>0,29</b>	<b>0,42</b>	<b>0,63</b>	<b>-0,64</b>
	a*	0,02	0,10	0,02	0,03	<b>0,27</b>	<b>0,29</b>	<b>0,27</b>	-0,19
	b*	<b>0,30</b>	<b>0,44</b>	<b>0,54</b>	<b>-0,52</b>	<b>0,34</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>-0,50</b>
190	L*	<b>0,35</b>	<b>0,34</b>	<b>0,29</b>	-0,15	0,22	0,22	<b>0,33</b>	<b>-0,34</b>
	a*	<b>0,27</b>	<b>0,26</b>	0,13	0,04	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	<b>0,35</b>	<b>-0,29</b>
	b*	<b>0,35</b>	<b>0,34</b>	0,21	-0,02	0,13	0,14	0,16	-0,14

Na face tangencial, as amostras que não foram tratadas, não apresentaram diferenças significativas no volume quando correlacionadas com as variáveis de cor. A área da gota difere significativamente de todas as variáveis de cor assim como ocorre na base da gota, o ângulo não apresenta diferença quando relacionado a variável a\* mas é inversamente proporcional a variável b\* e L\*. Na face Radial, apenas a base da gota e o ângulo apresentaram diferenças significativas quando comparadas as variáveis de cor L\* e b\*, nos outros teste, as variáveis de cor e propriedades da gota não diferiram significativamente.

Na face tangencial, as amostras tratadas a 130°C, todas as propriedades da gotas em estudo, se correlacionaram significativamente com as variáveis de cor L\*, b\*, mas não se correlacionaram com a variável a\*. na face radial, só não foi observado correlação significativa do ângulo com a variável a\*, todas as outras propriedades se correlacionaram com as variáveis de cor significativamente.

Na face tangencial, as amostras tratadas a 190°C, as propriedade volume e área se relacionaram significativamente com a luminosidade L\* e as variáveis cromáticas a\* e b\*, o ângulo não mostrou correlação com nenhuma variável de cor, a base da gota se relacionou significativamente apenas com a variável L\*. na face radial, é possível correlacionar todas as propriedades de gota com a variável de cor a\*, a base da gota e o ângulo com a variável L\* e nenhuma correlação foi observada entre as propriedades da gota e a variável b\*.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados podemos concluir que:

- A termorreificação e o aumento de temperatura diminuíram as variáveis de cor  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .
- Na termorreificação, à temperatura mais alta, observou-se uma maior uniformidade das variáveis de cor nas diferentes posições radiais da madeira, assim como da molhabilidade.
- À medida que a madeira se distancia da medula, diminui a luminosidade, aumentando com a aproximação da transição entre cerne e alburno.
- A termorreificação diminui a molhabilidade da madeira especialmente para temperatura mais elevadas.
- O equilíbrio da gota, em função do tempo, foi alcançado mais rapidamente nas amostras termorreificadas.
- Os ângulos de contato entre a gota do líquido e a superfície, foram menores na face radial quando comparados à face tangencial independentemente da termorreificação e da posição radial.
- Na madeira natural, a cor influenciou a molhabilidade da madeira, especialmente a luminosidade e a coordenada cromática  $b^*$ .

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013** – ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013.

AUBREVILLE, A. **La flore forestière de la Cota d’Ivoire**. Nogent-sur-Marne: Centre Technique Forestier Tropical, 1959. 341p.

BRISOLARI, A. **Estudo da molhabilidade em madeiras tropicais ou de reflorestamento por medidas de ângulo e de permeabilidade**. 2008. Dissertação ( Mestrado em Ciencia e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos  
Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne, Lavras**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

CONDE, R. A. R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1948)(Lepdoptera) em sistema agroflorestal**. 2006. 190p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

CRUZ, M. M. S. **Estudo da molhabilidade da madeira de pinho pela redina ureia-formaldeído**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais Lenhocelulósicos) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

FALESI, I. C ; BITTENCOURT, I.C.F.P.M. de. Pragas e doenças da *Khaya ivorensis* a. chev. – mogno-africano, In: 1ºWORKSHOP BRASILEIRO DE MOGNO AFRICANO, agosto, 2011, Goiania.

FALESI, I.C; BAENA, A.R.C. Mogno-africano *Khaya ivorensis* A.Chev. Em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém:Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4).

FALESI, I.C; BAENA, A.R.C., 1999. In GOMES, D.M., 2010. Análise de viabilidade técnica, econômico-financeiro para a implantação da cultura de Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na região oeste de Minas Gerais.

GARCIA, R. A. et al. Nondestructive evaluation of heattreated *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood using stress wave method. **Wood Science and Technology**, New York, v.46, p. 41-52, 2012.

GOMES, D. M. **Análise de viabilidade técnica, econômica-financeiro para implantação da cultura do mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. CHEV) na região do oeste de Minas Gerais**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Parana, Curitiba.

HITTLER, C. R. FREESE, F.; SMITH, D. M. Relationships in black walnut heartwood between color and other physical and anatomical characteristics.1972. **Wood and Fiber Science, Madison**, v. 4, n. 1, p. 38-42.

KAMDEM, D. P.; PIZZI, A.; JERMANNAUD, A. Durability of heat-treated wood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v.60, p. 1-6, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

MACHINERY BUSINESS SOCIETY. **The perdure wood**. Saint-Claire, 1997. 12p. In: PINCELLI, et al. Avaliação da termorreificação sobre a colagem na Madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, 2002, **Scientia Florestalis** n. 61, p 122-132.

MARTINI, A.J. **O plantador de eucaliptos**: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade. 2004. Dissertação ( Mestrado em Historia Social) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELO, R. R. DE; **Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis LVL confeccionados com pária (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. 2012. Tese ( Doutorado em ciencias florestais) - Universidade de Brasília, Brasília.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONÇALEZ, J. C.

MOURA F.D.G. et al. Velocidade propagação do som na madeira de *Khaya ivorensis* associado a cor. In: XIV – ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E ESTRUTURA DE MADEIRAS, 04, 2014, Natal.

MOURA, L.F e BRITO, J.B. Efeito da termorreificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 39, p. 069-076, 2011

SHELDON S, Gardner D. Dynamic adhesive wettability of wood. **Wood and Fiber Science** 2001; 33: 58-68.

SHULTZ, J., Carré, A., Simon, H. (1982) Détermination de l'énergie de surface des polymères par mouillabilité, **Double Liaison Chimie des Peintures**, 322, 263.

SILVA, L.V.M.S da. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis*)**, 2014. Monografia ( Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

TAYLOR, D. A. H.; ADESOGAN, E. K.; ADESIDA, G. A.; STYLES, B. T. The limonoids chemistry of the genus *Khaya* (Meliaceae). **Phytochemistry**, n. 10, p. 1845-1853, 1971.

TEIXEIRA, J.G. **Teste de fluorescência em madeiras nativas brasileiras e exóticas**, 2010. Monografia ( Graduação em Engenharia Florestal ) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

WALINDER, M. **Wetting phenomena on wood: factors influencing measurements of wood wettability**. 2000. Tese ( Doutorado em Tecnologia e processamento de Madeira - , KTH-Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

XAVIER, G. da S. **Influencia de tratamentos térmicos em duas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus sp* e *Eucalyptus urograndis*** .2013. Monografia ( Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília

# **ANEXO**

ANEXO 1 – Imagens da madeira de *khaya ivorensis* na face radial e tangencial nas posições de 1 a 8, nos tratamentos, não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C

Tratamento	R/T	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Não Tratada	Radial								
	Tangencial								
130°C	Radial								

ANEXO 1 – Imagens da madeira de *khaya ivorensis* na face radial e tangencial nas posições de 1 a 8, nos tratamentos, não tratadas, tratadas a 130°C e 190°C

	Tangencial	
190°C	Radial	
	Tangencial	