

**FELIPE CAMARGO DE CAMPOS LIMA**

**INFLUÊNCIA DA PRESERVAÇÃO NA COR E NA RESISTÊNCIA BIOLÓGICA  
DAS MADEIRAS DE *Khaya senegalensis* (MOGNO AFRICANO), *Khaya  
ivorensis* (MOGNO AFRICANO) E *Calophyllum brasiliense* (GUANANDI)**

**Botucatu**

**2018**



**FELIPE CAMARGO DE CAMPOS LIMA**

**INFLUÊNCIA DA PRESERVAÇÃO NA COR E NA RESISTÊNCIA BIOLÓGICA  
DAS MADEIRAS DE *Khaya senegalensis* (MOGNO AFRICANO), *Khaya  
ivorensis* (MOGNO AFRICANO) E *Calophyllum brasiliense* (GUANANDI)**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Ciência Florestal.

Orientador: Prof. Dr. ELIAS TAYLOR  
DURGANTE SEVERO

**Botucatu**

**2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L732i Lima, Felipe Camargo de Campos, 1986-  
Influência da preservação na cor e na resistência biológica das madeiras de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) / Felipe Camargo de Campos Lima. - Botucatu: [s.n.], 2018  
120 p.: fots. color., grafs. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018  
Orientador: Elias Taylor Durgante Severo  
Inclui bibliografia

1. Florestas. 2. Madeira - Preservação. 3. Madeiras de construção. 4. Fungos apodrecedores de madeira. I. Severo, Elias Taylor Durgante. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

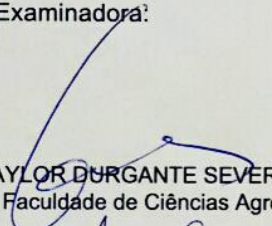
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

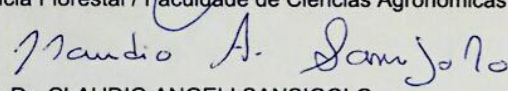
TÍTULO DA TESE: INFLUÊNCIA DA PRESERVAÇÃO NA COR E NA RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DAS MADEIRAS DE *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliensis* (Guanadi)

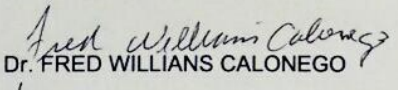
**AUTOR: FELIPE CAMARGO DE CAMPOS LIMA**

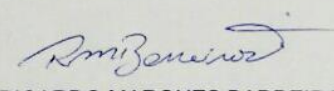
**ORIENTADOR: ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO**

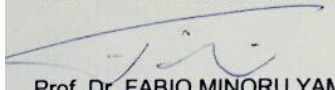
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO  
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

  
Prof. Dr. CLAUDIO ANGELI SANSIGOLO  
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

  
Dr. FRED WILLIANS CALONEGO

  
Prof. Dr. RICARDO MARQUES BARREIROS  
Coordenadoria Executiva / UNESP - Campus de Itapeva

  
Prof. Dr. FABIO MINORU YAMAJI  
Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos - Campus Sorocaba

Botucatu, 17 de dezembro de 2018



*A todos que Deus colocou no meu caminho, para  
que fossem anjos nessa realização da tese,*

*dedico*



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

A minha Amada esposa Luana, pela paciência e proteção divina advinda de sua devoção em dedicar a Deus cada passo dessa caminhada. Tornando abençoado a realização dessa pós-graduação.

Aos meus queridos pais Arnaldo e Silvia pelo apoio em todos os anos de estudos e por compreenderem as escolhas que fiz até aqui.

Aos irmãos Andréia e Marcelo por me mostrarem que sonhos devem ser perseguidos à insistência.

Ao Prof. Dr. Elias, pela orientação, pelo estímulo a superar o óbvio e pelos questionamentos que construíram essas soluções.

Ao colegas de laboratório, em especial Fred e Edson, pelo apoio na realização das atividades.

À Montana Química S/A pelo apoio na aplicação das metodologias e realização de análises

À empresa Futuro Florestal, em especial Valéria e Eduardo, pela doação das amostras de madeira



“Se quisermos que a glória e o sucesso acompanhem nossas armas, jamais devemos perder de vista os seguintes fatores: a doutrina, o tempo, o espaço, o comando, a disciplina.”

**Sun Tzu**



## RESUMO

A silvicultura moderna tem desafiado os profissionais da Engenharia Florestal a buscar soluções, que possibilitem maximizar os ganhos dos produtores. Uma dessas soluções é o emprego comercial de novas espécies, o qual exige, por necessidade, o conhecimento das características da madeira para que seja definida a destinação de uso. Contudo, a dificuldade de indicação de uso é maior, quando se utiliza madeiras jovens provenientes de desbaste. O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o efeito da preservação com CCA-C e IPBC + Cipermetrina na resistência natural e na cor das madeiras de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi). Foram amostradas 10 árvores por espécie, cortadas aos 7 anos de idade de um plantio com espaçamento 3x2m, localizado na região centro-oeste paulista. Cada árvore foi seccionada em 2 toretes de 1,2m de comprimento, sendo um retirado abaixo da linha do DAP e outro acima dessa região para análises de penetração e retenção de preservativo químico. Da região do DAP foi retirado um disco de 0,10 m para análise de massa específica básica, e um torete menor de 0,50 m utilizado para as análises de degradação biológica e colorimetria. As espécies em questão foram torneadas a 8,0 cm de diâmetro. Os toretes torneados de 1,2 m foram submetidos à análise de qualidade de penetração e retenção de produto químico em processo industrial tipo célula-cheia. Os toretes foram estudadas em 3 condições: impregnadas com preservativo CCA-C; Impregnadas com preservativo IPBC+Cipermetrina; e sem aplicação de produto de preservação. As amostras foram submetidas à ação de degradação dos fungos *Pycnosporus sanguineus* e *Gloephyllum trabeum* pelo método "Soil-Block". Simultaneamente, as amostras foram submetidas à ação de degradação por cupins *Cryptotermes brevis* e também, submetidas à avaliação da mudança de coloração em função do processo de preservação química, utilizando o método de observação de cores CIE L\*a\*b\* (1976) com a leitura realizada por Espectrofotômetro de Reflectância Pontual. Os resultados apontaram para a necessidade de aplicação de produto químico preservativo, com a ação do fungo *P. sanguineus* causando a perda massa em *K. ivorensis* de 38,9%, *K. senegalensis* de 36,3% e *C. brasiliense* de 19,9%. E o fungo *G. trabeum* causando a perda massa em *K. ivorensis* de 38,2%, *K. senegalensis* de 32,4% e *C. brasiliense* de 38,8%. A degradação por cupim classificou com nota de dano 2 (dano moderado) as espécies

*K. ivorensis* e *K. senegalensis* e caracterizou com nota de dano 4 (dano profundo) a espécie *C. brasiliense*. Com esses resultados, é indicada a preservação química da madeira. Os tratamentos com IPBC+Cipermetrina causaram 100% de mortalidade nos cupins e isolamento da amostra quanto a ação do fungo. Os tratamentos com CCA-C repercutiram em mais de 97,5% de mortalidade dos cupins e impediu a propagação normal dos micélios do fungo degradador. Quanto à penetração e retenção de produto preservativo hidrossolúvel CCA-C, a espécie *K. ivorensis* apresentou 70% das amostras com penetração insatisfatória, classificada entre Penetração Irregular ou Penetração Nula, refletindo em uma retenção média de 2,54 Kg I.A./m<sup>3</sup>. Enquanto que a espécies *K. senegalensis* apresentou 100% das amostras com penetração insatisfatória, classificada entre Penetração Irregular, Penetração Vascular ou Penetração Nula, refletindo em uma retenção média de 2,78 Kg I.A./m<sup>3</sup>. A espécie *C. brasiliense* obteve bons resultados, com penetração satisfatória em 80% das amostras, classificadas entre Penetração Total e Penetração Parcial Periférica, resultando em uma retenção média de 8,57 Kg I.A./m<sup>3</sup>. A aplicação de produto químico preservativo IPBC + Cipermetrina alterou a cor da madeira de *K. ivorensis*, *C. brasiliense* e *K. senegalensis*, alterando  $\Delta b^*$  respectivamente em 5,14, 3,71 e 4,58, deixando a madeira com um tom mais amarelado. Enquanto que o produto preservativo CCA-C alterou a cor da madeira de *K. ivorensis*, *C. brasiliense* e *K. senegalensis* com  $\Delta a^*$  -3,11, -2,11 e -4,04, aproximando a madeira à cor verde. De forma conclusiva, a ação do produto químico na madeira foi satisfatório. Assim, com a ótica do risco à degradação da madeira, é possível utilizar as madeiras de *C. brasiliense*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* desde que tomadas as devidas precauções quanto a aplicação de produtos químicos preservativos de forma a proteger a madeira adequadamente.

**Palavras-chave:** Construção em madeira, Xilófago, Uso de desbaste, Madeira jovem.

## ABSTRACT

Modern forestry has challenged Forest Engineering professionals to seek solutions that enable maximize the gains of producers. One of these solutions is the commercial use of new species, which requires by necessity the knowledge of the characteristics of the wood in order to define the destination of use. However, the difficulty of indication of use is greater when using young wood from thinning. The general objective was to evaluate the effect of preservation with CCA-C and IPCC + cypermethrin on the natural resistance and color of the wood of *Khaya senegalensis* (Mahogany African), *Khaya ivorensis* (African Mahogany) and *Calophyllum brasiliense* (Guanandi). Ten trees were sampled per species, cut at 7 years of age from a planting with 3x2m spacing located in the midwest region of São Paulo state. Each tree was sectioned in 2 wood teapot of 1.2m of length, one being taken below the DAP line and another above that region for analysis of chemical preservative penetration and retention. From the DAP region, a 0.10 m wood disc was taken for basic specific mass analysis, and a less than 0.50 m was used for biological degradation and colorimetric analyzes. The wood teapot in question were turned in diameter of 8.0 cm. The 1.2m turned torques were subjected to penetration quality analysis and chemical retention in a cell-filled industrial process. The species were studied in 3 conditions: impregnated with CCA-C preservative; Impregnated with IPBC + Cypermethrin preservative; and without application of preservation product. The samples were submitted to the degradation of the fungi *Pycnosporus sanguineus* and *Gloephyllum trabeum* by the "Soil-Block" method. At the same time, the samples were submitted to the *Cryptotermes brevis* termite degradation and also submitted to the evaluation of the change of coloration as a function of the chemical preservation process, using the method of color observation CIE L\*a\*b\* (1976) with the reading made by Spot Reflectance Spectrophotometer. The results pointed to the necessity of application of a chemical preservative, with the action of the *P. sanguineus* fungus, causing mass loss in *K. ivorensis* of 38.9%, *K. senegalensis* 36.3% and *C. brasiliense* 19.9%. And *G. trabeum* fungus causing loss of mass in *K. ivorensis* of 38.2%, *K. senegalensis* 32.4% and *C. brasiliense* 38.8%. The degradation by termites classified with damage score 2 (moderate damage) as species *K. ivorensis* and *K. senegalensis* and characterized with note of damage 4 (deep damage) the species *C. brasiliense*. These results indicate the demand of the

chemical preservation of the wood. Treatments with IPCC + cypermethrin caused 100% mortality in the termites and isolation of the sample regarding the action of the fungus. The treatments with CCA-C impacted by more than 97.5% of termite mortality and prevented normal propagation of mycelia from the degrading fungus. Regarding the penetration and retention of CCA-C water-soluble preservatives, the *K. ivorensis* species presented 70% of the samples, which were classified as Irregular Penetration or Null Penetration, reflecting an average retention of 2.54 kg I.A./m<sup>3</sup>. While the species *K. senegalensis* presented 100% of the specimens unsatisfactory, classified as Irregular Penetration, Vascular Penetration or Zero Penetration, reflecting in an average retention of 2.78 Kg I.A./m<sup>3</sup>. The *C. brasiliense* species obtained good results, with satisfactory penetration in 80% of the samples, classified as Total Penetration and Peripheral Partial Penetration, resulting in an average retention of 8.57 Kg I.A./m<sup>3</sup>. The application of chemical preservative IPBC + cypermethrin changed the color of the wood of *K. ivorensis*, *C. brasiliense* and *K. senegalensis*, changing  $\Delta b^*$  respectively in 5,14, 3,71 and 4,58 leaving the wood with a tone more yellowish. While the CCA-C preservative product altered the color of the wood of *K. ivorensis*, *C. brasiliense* and *K. senegalensis* with  $\Delta a^*$  -3.11, -2.11 and -4.04, bringing the wood closer to green. In conclusion, the action of the chemical on the wood was satisfactory, so from the perspective of the risk of the degradation of the wood it is possible to use the woods of *C. brasiliense*, *K. ivorensis* and *K. senegalensis* provided that due care is taken in the application of Chemical form preservatives protect the wood properly.

**Keywords:** Wood construction, Xylophagus, Roughing, Young wood.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotomicrografia ilustrando os três planos de observação da madeira de <i>khaya ivorensis</i> (três imagens de cima) e <i>Khaya senegalensis</i> (três imagens de baixo): A – plano transversal; B – plano longitudinal tangencial; e C – plano longitudinal radial. Barra = 100 $\mu$ m.....	28
Figura 2 – A formação de cores: A – círculo de cores com a variação das cores existentes; B – sistema cie – l* a* b* em uma imagem tridimensional, com as três variações; C – variação das variáveis cromáticas a* e b*; D – quadrante onde se encontram a classificação de cor da maioria das madeiras.....	33
Figura 3 – Processo de tomada de decisão a respeito da técnica de preservação de madeira.....	42
Figura 4 – Modelo de extração dos corpos-de-prova a partir dos toretes e do disco de madeira.....	51
Figura 5 – Mensuração das aberturas e comprimentos das rachaduras de topo de toretes torneados: A – abertura; B – comprimento. ....	53
Figura 6 – Processo de torneamento de madeira para utilização em construção civil, passando pela apara da ponta para padronização do comprimento, tornearia propriamente dita. Bem como a representação do produto acabado montado em forma de parede.....	55
Figura 7 – Amostras que não puderam ser torneadas por apresentarem tortuosidade ao longo da posição longitudinal do fuste.....	56
Figura 8 – Amostras torneadas dispostas para secagem natural.....	57
Figura 9 – Madeira torneada em processo de preservação industrial: A – Peças dispostas no carro porta-toras antes do tratamento; B e C – peças já preservadas após o tratamento.....	58
Figura 10 – Retiradas dos discos das amostras para que seja realizado o teste de penetração de produto químico na madeira.....	59
Figura 11 – Classificação dos níveis de penetração do produto preservativo nas peças de madeira tratadas por intermédio de um produto químico revelador...	59
Figura 12 – Preparo das baguetas para análise de retenção: A - ajuste das arestas sendo realizado com auxílio de formão; B - baguetas prontas para a secagem em estufa.....	61

Figura 13 – Autoclave em escala experimental para preservação de corpos de prova de madeira.....	63
Figura 14 – Amostras destinadas à preservação química em autoclave experimental, o conjunto de amostras é destinada a ensaios de degradação por fungo, térmitas e colorimetria.....	64
Figura 15 – Amostras de madeiras submetidas a análise de susceptibilidade a fungos xilófagos pelo método “soil-block” . Onde: A – Placa alimentadora início do experimento com fungo <i>Pycnoporus sanguineus</i> ; B – Amostras no final do experimento com fungo <i>Pycnoporus sanguineus</i> ; C – Amostras no início do experimento com o fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> ; e, D – Amostras no final do experimento com o fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> .....	65
Figura 16 – Amostras de madeiras submetidas à susceptibilidade aos cupins de madeira seca <i>Cryptotermes brevis</i> .....	68
Figura 17 – Amostras preparadas para ensaio de cor na madeira, demonstrando a peça bruta inacabada com a rugosidade natural e o processo de lixamento.....	70
Figura 18 – Calibração e uso do espectrofotômetro portátil para coleta de informações colorimétricas de madeira.....	71
Figura 19 – Amostras de madeira de <i>K. Ivorensis</i> e <i>K. Senegalensis</i> submetidas ao teste de penetração de produto químico, identificando A – penetração parcial periférica; B – penetração irregular, C – penetração vascular e D – penetração nula.....	77
Figura 20 – Amostras de madeira de <i>C. Brasiliense</i> submetidas ao teste de penetração de produto químico, identificando A – penetração total; B – penetração parcial periférica; C – penetração irregular.....	78
Figura 21 – Amostras de madeira submetidas a ensaio de degradação por fungo <i>Pycnoporus sanguineus</i> demonstrando a diferença entre amostras tratadas e sem tratamento químico: A – representa amostras preservadas com CCA-C; B – amostras preservadas com IPBC + Cipermetrina; C – amostras sem preservação.....	81
Figura 22 – Caracterização da reação de isolamento do fungo causado por amostras preservadas com produto químico IPBC+Cipermetrina.....	82
Figura 23 – Caracterização da reação de desenvolvimento de fungo <i>pycnoporos sanguineus</i> em amostras de madeira de <i>Khaya ivorensis</i> (mogno africano), <i>Khaya senegalensis</i> (mogno africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (guanandi).....	83

Figura 24 – Caracterização do comportamento de <i>Cryptotermes brevis</i> em ensaio de degradação de amostras de madeira: A - aspecto geral do ensaio de resistência aos cupins em amostra sem preservativo químico; B - danos causados em amostras controle pinus; C - danos causados em amostras sem tratamento; D - danos causados em amostras com CCA-C; E - danos causados em amostras com IPBC + Cipermetrina.....	87
Figura 25 – Efeito do tratamento preservativo nas variáveis colorimétrica $a^*$ $b^*$ descritos no círculo de cores do sistema $cie-l^*a^*b^*$ .....	91



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis dendrométricas, índice de qualidade das toras, máximo desvio angular e propriedades físico-mecânicas da madeira de <i>khaya ivorensis</i> aos 19 anos de idade .....	29
Tabela 2 – Comparação de características físicas e características mecânicas da madeira de <i>khaya ivorensis</i> e <i>khaya senegalensis</i> .....	30
Tabela 3 – Grupos de cores obtidos no agrupamento de cluster usando as variáveis cromáticas L*, a* b* e h.....	34
Tabela 4 – Valores médios de perda de massa seca em espécies de <i>khaya. Ivorensis</i> provenientes de duas localidades .....	38
Tabela 5 – Produtos preservativos de madeira registrados no ibama com ação inseticida e fungicida e suas classe toxicológica segundo a anvisa e classe de risco ambiental segundo o ibama.....	44
Tabela 6 –Características dendrométricas da população florestal, aos 7 anos, amostrada para caracterização da madeira.....	50
Tabela 7 – Pré-teste de absorção média de água pelas amostras de madeira, atividade que orienta a aplicação de produto químico preservativo .....	63
Tabela 8 – Massa Específica básica e índice de rachadura de toras da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) do desbaste de um plantio comercial.....	73
Tabela 9 – Penetração e retenção de solução preservativa CCA-C em madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) .....	75
Tabela 10 – Qualidade da penetração de produto químico CCA-C em peças cilíndricas de madeira tratadas em autoclave industrial pelo processo de célula cheia.....	76
Tabela 11 – Efeito da preservação química e a comparação entre espécies na perda de massa em ensaio de degradação por fungo <i>Pycnopus sanguineus</i> no método de ensaio de degradação tipo “Soil-Block”.....	79
Tabela 12 – Efeito da preservação química e a comparação entre espécies na perda de massa em ensaio de degradação por fungo <i>Gloephyllum trabeum</i> no método de ensaio de degradação tipo “Soil-Block”.....	79
Tabela 13 – Efeito do tratamento preservativo no ataque de <i>Cryptotermes brevis</i> na madeira de <i>K. senegalensis</i> , <i>K. ivorensis</i> e <i>C. brasiliense</i> .....	85

Tabela 14 – Efeito do tratamento preservativo nas variáveis colorimétrica das espécies Mogno africano e Guanandi.....	88
---	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	23
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	25
2.1 Características da espécie e da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano) e <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) .....	25
2.2 Características da espécie e da madeira de <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi).....	30
2.3 A importância da cor da madeira .....	32
2.4 Durabilidade natural da madeira aos fungos .....	36
2.5 Durabilidade natural da madeira aos cupins .....	39
2.6 Produtos químicos preservativos .....	40
2.7 A relação da preservação química com a cor da madeira .....	47
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	50
3.1 Coleta e preparo do material .....	50
3.2 Determinação da massa específica básica e do índice de rachadura das madeiras de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi).....	52
3.3 Relação da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) com a preservação química.....	54
3.4 Processo de aplicação de produto químico preservativo em corpos de prova destinados a ensaios de degradação biológica análise da cor .....	62
3.5 Avaliação da susceptibilidade a fungos xilófagos na madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) .....	65
3.6 Avaliação da susceptibilidade a insetor xilófagos na madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) .....	67
3.7 Avaliação da cor da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) com e sem tratamento químico .....	69
3.8 Análise estatística .....	72

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	73
4.1 Determinação da massa específica básica da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) .....	73
4.2 Relação da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) com a preservação química.....	75
4.3 Resistência da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) à fungos xilófagos nas espécies <i>Pycnoporus sanguineus</i> e <i>Gloeophyllum trabeum</i> .....	79
4.4 Resistência da madeira de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) ao cupim de madeira seca <i>Cryptotermes brevis</i> .....	84
4.5 Variação de coloração de <i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano), <i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano) e <i>Calophyllum brasiliense</i> (Guanandi) tratados quimicamente com CCA-C e IPBC+Cipermetrina .....	87
5 CONCLUSÕES .....	92
REFERÊNCIAS .....	94

## 1 INTRODUÇÃO

O maior interesse no plantio de florestas de madeira nobre vem do alto valor de mercado no momento da venda, seguido do fato de algumas dessas espécies nobres terem crescimento similar ao de espécies já consolidadas no país.

A busca por madeiras de qualidade é crescente e a tendência é de que o mercado se abasteça de madeiras plantadas (MARCONATO e IASI, 2016).

Estudos que comparam a viabilidade econômica do plantio de espécies nobres têm demonstrado bons resultados em comparação com outras espécies consolidadas. A exemplo do *Khaya senegalensis* (Mogno Africano) apresentar incremento médio anual (IMA) de 26,8 m<sup>3</sup>/ha/ano (FUKUMOTO, 2011). Enquanto a espécie conhecida *Corymbia citriodora* apresenta 28,0 m<sup>3</sup>/ha/ano na mesma região (LIMA; GORENSTEIN, 2007).

No Brasil, a empresa Tropical Flora Reflorestadora é uma das pioneiras no plantio comercial de madeiras nobres, com plantios próprios desde 2007 na região de Garça interior de São Paulo, dentre os quais a espécie *C. brasiliense* (Guanandi) tem ganhado grande destaque. Além de plantios comerciais no estado de São Paulo, foram implantados projetos em outras regiões do país, como Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Bahia e Paraná, os quais apresentam bom desenvolvimento silvicultural e baixos índices de mortalidade, não ultrapassando 5% de perdas. O corte final do Mogno africano é previsto entre o 18<sup>o</sup> e o 20<sup>o</sup> ano e os desbastes para o 6<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup> e 15<sup>o</sup> anos (TROPICA FLORA<sup>1</sup>, 2014).

O Brasil é referência em silvicultura, apresentando de maneira satisfatória plantios de Mogno Africano em Minas Gerais e no Pará, porém é indicado que se façam pesquisas de outras naturezas em espécies como *Khaya ivorensis* a fim de garantir retorno econômico desejável (RIBEIRO, FERRAZ FILHO e SCOLFORO, 2017). A crescente procura de novas espécies motivou a demanda por determinadas pesquisas, que focaram principalmente nas espécies *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi). Ainda há muito que se estudar e documentar sobre o comportamento dessas espécies para o uso cotidiano.

---

<sup>1</sup> Informações passadas diretamente pelos responsáveis Valéria Ciriello e Eduardo Ciriello em entrevista de campo, cujo objetivo foi levantar necessidades de pesquisa referentes ao mercado de madeira nobre.

A espécie *C. brasiliense* apresenta baixa permeabilidade a tratamentos preservativos e suscetibilidade de moderada a alta ao ataque de fungos de podridão branca e marrom (RAMOS e LAGOS, 1988). O *K. senegalensis* é considerado moderadamente durável ao ataque de fungos e susceptível ao ataque de térmitas (MACHADO et al., 2003). E pela característica das intempéries influenciarem também na resistência mecânica da madeira, reduzindo em até 21% a característica resistência (TREVISAN et al., 2007).

As espécies *C. brasiliense* e *K. senegalensis* necessitam de estudos que caracterizem as suas limitações técnicas quanto as possibilidades de uso da madeira, um desses ramos de estudo é a preservação, que impeçam a degradação a ponto de comprometer estruturas construtivas.

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar o efeito da preservação com CCA-C e IPBC + Cipermetrina na resistência natural e na cor das madeiras de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi).

Os objetivos específicos foram:

- 1) Caracterizar a penetração e a retenção de preservativo hidrossolúvel na madeira torneada de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi).
- 2) Verificar a influência da preservação na cor das madeiras estudadas.
- 3) Avaliar o efeito do tratamento preservativo na resistência das madeiras aos fungos *Pycnosporus sanguíneus* e *Gloeophyllum trabeum*.
- 4) Avaliar o efeito do tratamento preservativo na resistência da madeira ao cupim *Cryptotermer brevis*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Características da espécie e da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano) e *Khaya ivorensis* (Mogno Africano)

O Gênero *Khaya* A. Juss. tem ocorrência natural na costa ocidental da África, nos países Guiné, Costa do Marfim, Gana, Togo, Benim, Nigéria e sul de Camarões, entre as altitudes de 0 a 450m. São árvores de porte grande, podendo alcançar de 40 a 50m de altura e 200 cm de DAP. No Brasil, as espécies referências no início dos reflorestamentos foram *Khaya anthotheca*, *Khaya grandifoliola*, *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*. Essas espécies receberam nomes populares diferentes ao longo do mundo: Mogno Africano no Brasil e Portugal, African Mahogany na Inglaterra e Estados Unidos, Deké na África Central, entre outros (FALESI e BAENA, 1999).

A Associação Brasileira de Produtores de Mogno Africano estima que até 2012 já haviam aproximadamente 10 mil hectares plantados no Brasil de espécies do gênero *Khaya* spp. (LOPES et al., 2012).

No comércio internacional de madeira, o nome de Mogno Africano geralmente inclui várias espécies de *Khaya* spp., apesar da madeira de diferentes espécies variarem as características de densidade e cor (ITTO, 2004). É comumente utilizado como cabos de ferramentas, instrumentos musicais, matéria prima para carpintaria de interior e exterior, mobiliário de luxo, torneados, construção naval, molduras, esculturas e painéis decorativos (HOLDRIGE, 1996).

O comércio da madeira do gênero *Khaya* spp. já é uma realidade no mundo. Entre 2006 e 2010, países como França, Portugal, Coreia do Sul, Holanda e Austrália importaram juntas mais de 352.000 m<sup>3</sup> de madeira de *Khaya* spp. em produtos como tora, madeira laminada e painel de madeira (RIBEIRO, FERRAZ FILHO e SCOLFORO, 2017).

A espécie *K. senegalensis*, em tempos anteriores, foi primariamente vendida em mercados locais do Oeste Africano, já no início dos anos 2000 passou a ser exportado de forma mais ampla. Isso devido à decrescente disponibilidade de outras espécies de *Khaya* spp. e a crescente demanda por madeira destas espécies como consequência do aumento do preço, e declínio da disponibilidade do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) (TRAFFIC, 2000). O destino da madeira do

gênero *Khaya* spp. passou a ser França, Portugal, Coréia do Sul, Holanda e Austrália, entre 2006 e 2010, chegando a um pico de preço de 2.341,00 US\$/m<sup>3</sup> a madeira laminada e 878,00 US\$/m<sup>3</sup> a madeira serrada (RIBEIRO; FERRAZ FILHO; SCOLFORO, 2017).

A espécie *K. senegalensis* tem despertado o interesse de pesquisadores na Austrália, onde estudos com árvores de 32 anos demonstraram que a madeira ficou seca ao ar em 2,5 meses chegando a 12% de umidade durante o verão de Queensland. A madeira serrada para movelaria apresentou um aproveitamento de 39%, resultando em peças de diversas medidas. Observadas massa específica básica de 637 kg/m<sup>3</sup> e estabilidade dimensional com contração de 0,26% no sentido radial e 0,28% no sentido tangencial. Obteve módulo de elasticidade (MOE) 8300 MPa e módulo de ruptura (MOR) 81,7 MPa, dureza Janka de 6,4 KN. A madeira se mostrou naturalmente resistente ao ataque de cupins e altamente resistente à degradação biológica acelerada. A espécie *K. senegalensis* demonstrou ser uma excelente candidata a ser plantada nas regiões secas da Austrália (REILLY e ROBERTSON, 2006).

O plantio de *K. senegalensis* resulta em uma taxa de crescimento, com incremento médio anual (IMA) de 26,8 m<sup>3</sup>/ha/ano (FUKUMOTO, 2011), enquanto a espécie conhecida *Corymbia citriodora* apresenta 28,0 m<sup>3</sup>/ha/ano na mesma região (LIMA e GORENSTEIN, 2007).

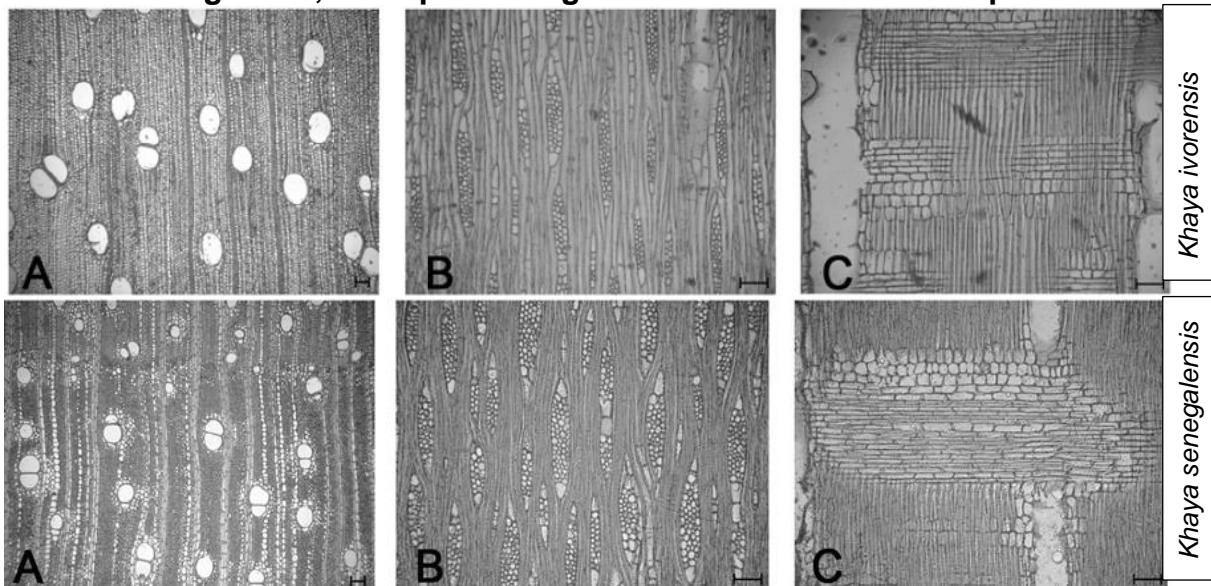
A *Khaya ivorensis*, com 7 anos incompletos plantado na região amazônica apresentou altura de fuste 11,24 metros (até a primeira ramificação da copa), diâmetro a altura do peito (DAP) de 21,5 cm e altura total de 16 metros (FALESI e BUENA, 1999).

Mas, o procedimento silvicultural pode alterar consideravelmente esse crescimento. Em plantios de 5 anos de *Khaya ivorensis*, irrigados, em espaçamentos 5x5, 7x6 e 10x10 m, o resultado médio de DAP foi respectivamente 19,4 cm, 23,8 cm e 24,4 cm. Embora essa variação em diâmetro não tenha influenciado consideravelmente em características físicas e anatômicas como densidade aparente a 12% de umidade (DA<sub>12%</sub>), comprimento de fibras (CF) e espessura da parede de fibras (EP), com valores relacionados ao espaçamento de 5x5 m: DA<sub>12%</sub> 0,61 g/cm<sup>3</sup>, CF 1268,74 µm e EP 3,37 µm; 7x6 m: DA<sub>12%</sub> 0,61 g/cm<sup>3</sup>, CF 1200,62 µm e EP 3,62 µm; e 10x10 m: DA<sub>12%</sub> 0,59 g/cm<sup>3</sup>, CF 1299,80 µm e EP 3,56 µm (SORANSO et al., 2016).

As características anatômicas do mogno africano plantado no Brasil apresenta diferença entre os nativos ou plantados em outras regiões (FRANÇA, 2014). A madeira de *Khaya ivorensis* de 19 anos obtida em um plantio experimental no estado do Espírito Santo apresenta coloração rosada, brilho moderado, cheiro imperceptível, gosto ligeiramente amargo e as camadas de crescimento são pouco distintas. Sua estrutura anatômica pode ser visualizada na Figura 1. Os vasos são pouco numerosos, com uma frequência de 5,9 poros  $\text{mm}^{-2}$ , com diâmetro tangencial médio de 132,3  $\mu\text{m}$  e é característico a obstrução dos vasos por goma resina. O parênquima é caracterizado como apotraqueal difuso escasso. Os raios são pouco numerosos, em média 5,6 raios  $\text{mm}^{-2}$ , apresentam distribuição multiseriada, heterogênea, formado por células eretas, quadradas e procumbentes, finos e muito altos, com altura de 486,9  $\mu\text{m}$  e número de células de 16,1, largura de 54,0  $\mu\text{m}$  e número de células de 3,2. Apresenta fibras libriformes curtas com 1,2  $\mu\text{m}$ , largura de 27,1  $\mu\text{m}$ , diâmetro de lume de 18,9  $\mu\text{m}$  e espessura de parede 4,4  $\mu\text{m}$  (FRANÇA et al., 2015).

A madeira de *Khaya senegalensis* apresenta algumas diferenças anatômicas estruturais quando comparada com a *K. ivorensis*. Aos 19 anos, *K. senegalensis* apresenta coloração vermelho claro, brilho moderado, cheiro imperceptível, gosto ligeiramente amargo e as camadas de crescimento são pouco distintas. Sua estrutura anatômica pode ser visualizada na Figura 1. Os vasos são pouco numerosos, com uma frequência de 8,8 poros  $\text{mm}^{-2}$ , com diâmetro tangencial médio de 98,7  $\mu\text{m}$ , a porosidade é difusa e os vasos, múltiplos de dois e três, são obstruídos por goma. O parênquima é caracterizado como paratraqueal do tipo vasicêntrico e aliforme escasso, ocorrendo também parênquima apotraqueal marginal. Os raios são pouco numerosos, com 4,2 raios  $\text{mm}^{-2}$ , apresentam distribuição multiseriada, heterogênea, formado por células eretas, quadradas e procumbentes, finos e muito altos, com altura de 341,3  $\mu\text{m}$  e número de células de 11,9, largura de 70,0  $\mu\text{m}$  e número de células de 3,6. Apresenta fibras libriformes curtas com 1,2  $\mu\text{m}$ , largura de 20,5  $\mu\text{m}$ , diâmetro de lume de 10,6  $\mu\text{m}$  e espessura de parede 4,9  $\mu\text{m}$  (FRANÇA et al., 2015).

**Figura 1 – Fotomicrografia ilustrando os três planos de observação da madeira de *Khaya ivorensis* (três imagens de cima) e *Khaya senegalensis* (três imagens de baixo): A – plano transversal; B – plano longitudinal tangencial; e C – plano longitudinal radial. Barra = 100 µm.**

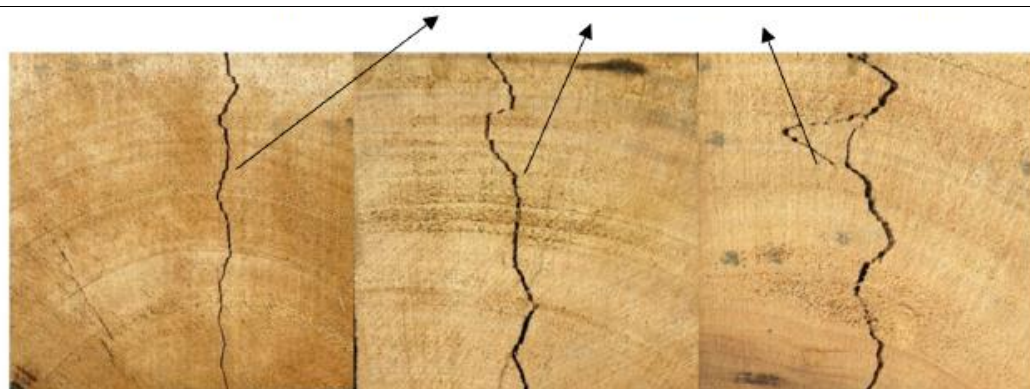


Fonte: Adaptado de França et. al. (2015).

Duas características relevantes da espécie de *Khaya ivorensis* são rachadura e a posição da Grã. Em estudo realizado com 5 árvores de 19 anos de idade, oriundas de um plantio da cidade de Linhares – ES, foram observados índice de rachadura de topo de tora (IRTT), o deslocamento da medula, máximo desvio angular (MDA), e propriedades físicas e mecânicas da madeira e seus resultados estão descritos na Tabela 1. Nessas características silviculturais, essa espécie apresenta propriedades físicas: densidade básica 0,430g/cm<sup>3</sup>, contração longitudinal 0,34%, contração radial 3,55%, contração tangencial 5,53% e contração volumétrica 9,42%. E também propriedades mecânicas: resistência ao fendilhamento 0,38 MPa e resistência ao cisalhamento 12,56 MPa. Sendo que o aumento da contração radial e volumétrica e a diminuição do fator anisotrópico foram correlacionados ao máximo desvio angular da madeira. E as características dendrométricas, índice de rachadura, o deslocamento da medula, densidade básica, contração tangencial e longitudinal, e propriedades mecânicas da madeira não tiveram relação com o máximo desvio angular (VIDAURRE et al., 2017).

**Tabela 1 – Variáveis dendrométricas, índice de qualidade das toras, máximo desvio angular e propriedades físico-mecânicas da madeira de *Khaya ivorensis* aos 19 anos de idade.**

Atributos		Mínimo	Média	Máximo	Coefficiente de Variação (%)
Variáveis dendrométricas	HC (m)	13,00	14,94	16,00	8,33
	DAP (cm)	22,60	25,86	28,10	7,82
Qualidade das toras	IRTT (%)	0,11	0,20	0,46	82,36
	DM (cm)	0,91	2,17	3,37	47,19
Grã	MAD (*)	3,56	8,25	19,17	44,99



		Desvio mínimo	Desvio médio	Desvio máximo	
Propriedades físicas	DB (g cm <sup>-3</sup> )	0,37	0,43	0,54	10,31
	CL (%)	0,02	0,34	0,70	56,25
	CR (%)	2,02	3,55	4,87	20,42
	CT (%)	3,23	5,53	6,49	12,05
	CV (%)	6,65	9,42	11,62	13,36
	FA	1,14	1,61	2,54	19,52
	Propriedades mecânicas	FE (MPa)	0,20	0,38	0,59
CS (MPa)		8,44	12,56	16,81	15,95

HC: altura comercial; DAP: diâmetro a altura do peito; IRTT: Índice de rachadura de topo de toras; DM: deslocamento de medula; MAD: máximo desvio angular; DB: Densidade básica; CR, CT, CL e CV: Contrações radial, tangencial, longitudinal e volumétrica, em ordem; FA: fator anisotrópico; FE: resistência ao fendilhamento; e CS: resistência ao cisalhamento.

Fonte: (VIDAURRE et al., 2017).

Embora sejam do mesmo gênero, as madeiras de *K. ivorensis* e de *K. senegalensis* apresentam algumas diferenças estatísticas nas características físicas e mecânicas, aos 19 anos, como pode ser visto na Tabela 2. A massa específica básica das duas espécies é estatisticamente diferente, *K. ivorensis* 0,491 g/cm<sup>3</sup> e *K. senegalensis* 0,588 g/cm<sup>3</sup>, se diferenciam também quanto a retratibilidade volumétrica *K. ivorensis* 9,18 % e *K. senegalensis* 8,98 %, compressão *K. ivorensis* 43,1 MPa e *K. senegalensis* 46,1 MPa, Cisalhamento *K. ivorensis* 12,6 MPa e *K. senegalensis* 18,6 MPa, a dureza janca tangencial *K. ivorensis* 32,4 MPa e *K.*

*senegalensis* 62,1 MPa e a dureza janca radial *K. ivorensis* 36,8 MPa e *K. senegalensis* 59,4 MPa (FRANÇA et al., 2015).

**Tabela 2 – Comparação de características físicas e características mecânicas da madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*.**

		Espécies	
		K. ivorensis	K. senegalensis
	Massa Específica Básica (g cm <sup>-3</sup> )	0,491 b	0,588 a
Retratibilidade (%)	Radial	3,39 a	3,11 b
	Tangencial	5,58 a	5,57 a
	Longitudinal	0,21 a	0,30 a
	Volumétrica	9,18 a	8,98 b
	T/R	1,65 b	1,79 a
Propriedades Mecânicas (MPa)	Flexão Estática MOR	78,4 a	83,2 a
	Flexão Estática MOE	9,577 a	10,169 a
	Compressão	43,1 b	46,1 a
	Coisalhamento	12,6 b	18,6 a
	Dureza Janka Tangencial	32,4 b	62,1 a
	Dureza Janka Radial	36,8 b	59,4 a
Posição em relação a altura comercial			
Massa Específica Básica (g.cm <sup>-3</sup> )	0%	0,609	0,465
	25%	0,587	0,447
	DAP	0,584	0,444
	50%	0,573	0,432
	75%	0,585	0,453
	100%	0,592	0,473

Onde: letras minúsculas representam a comparação estatística entre espécies (Teste F; p>0,05).  
Fonte: Adaptado de França et al., (2015).

## 2.2 Características da espécie e da madeira de *Calophyllum brasiliense* (Guanandi)

O *C. brasiliense* pertence à família Clusiaceae (Guttiferae) (SOUZA e LORENZI, 2005). Em ocorrência natural, a espécie pode chegar a altura de 20 a 30 m e diâmetro entre 40 e 60 cm. Ao longo de sua distribuição geográfica, a espécie apresenta diversos nomes populares: guanandi, guanandi-cedro, guanandi-carvalho, gulande-carvalho, jacareúba, olandi, galandim, landim e mangue (LORENZI, 2008). A espécie é encontrada de Porto Rico até o sul do Brasil, entre as latitude 18°N e 28°10'S (SOUZA, 2006).

Em 2006 haviam no Brasil 1,5 mil produtores cultivando o *C. brasiliense* (BOUÇAS, 2006). No início dos plantios, o interesse por essa espécie se deu pela divulgação de viabilidade econômica de projetos com plantio (NAVARRO, 2007).

O *C. brasiliense* é uma espécie muito versátil, com possibilidades de uso interna e externa na construção civil, carpintaria e em âmbito geral como portas, janelas, pisos, gabinetes de primeira classe, forros, adornos, postes e estacas, torneados, instrumentos musicais ou parte destes; pisos para plataforma de caminhões, carrocerias, degraus de escadas e corrimões, artesanatos e dormentes de ferrovias (CARVALHO, 1994; FLINTA, 1960).

A madeira do *C. brasiliense* apresenta massa específica básica considerada pesada ou moderadamente pesada (CARVALHO, 1994). É observada uma massa específica básica de 0,450 a 0,550 g/cm<sup>3</sup> enquanto a madeira apresenta peso verde de 0,761 a 0,950 g/cm<sup>3</sup>, em árvores abatidas na Costa Rica (FLORES, 2010). Em árvores abatidas no Brasil, o *C. brasiliense* apresenta massa específica aparente de 0,700 g/cm<sup>3</sup> a 10,29% de umidade, sem apresentar grande variação no sentido medula casca, em toretes de 60 cm de diâmetro coletadas a 1,3 m do solo (DAP) em árvores coletadas na região de Cuiabá-MT. Sendo quantificado ainda, teor de lignina + extrativos 31,38%, teor de holocelulose 67,34% e teor de cinzas na madeira 1,28% (CARLI et al., 2012).

Quanto à aparência, essa espécie apresenta o alburno com coloração bege-rosada e o cerne pode ser de bege-rosado a róseo-acastanhado. De modo geral, esta madeira apresenta superfície lustrosa e áspera, textura fina e grã geralmente irregular (CARVALHO, 1994).

Aos 13 anos de idade o *C. brasiliense* plantado no espaçamento 4,0 x 2,5m em Adrianópolis – PR, não apresenta ponto de delimitação entre madeira adulta, levando a crer que nessa idade a madeira plantada no Brasil apresenta unicamente madeira jovem em árvores com classe de diâmetro que variam entre 4 a 20cm. Apresentando Vasos com diâmetro do lume do poro de 81,7 a 151,7 µm e frequência de 5,0 a 10,0 poros/mm<sup>2</sup>; e Fibras com comprimento de 682,9 a 1557,0 µm, Largura total de 14,06 a 31,04 µm, diâmetro de lume de fibra de 7,03 a 21,96 µm e espessura da parede da fibra de 2,35 a 4,07 µm (BARREIROS et al., 2016).

### 2.3 A importância da cor da madeira

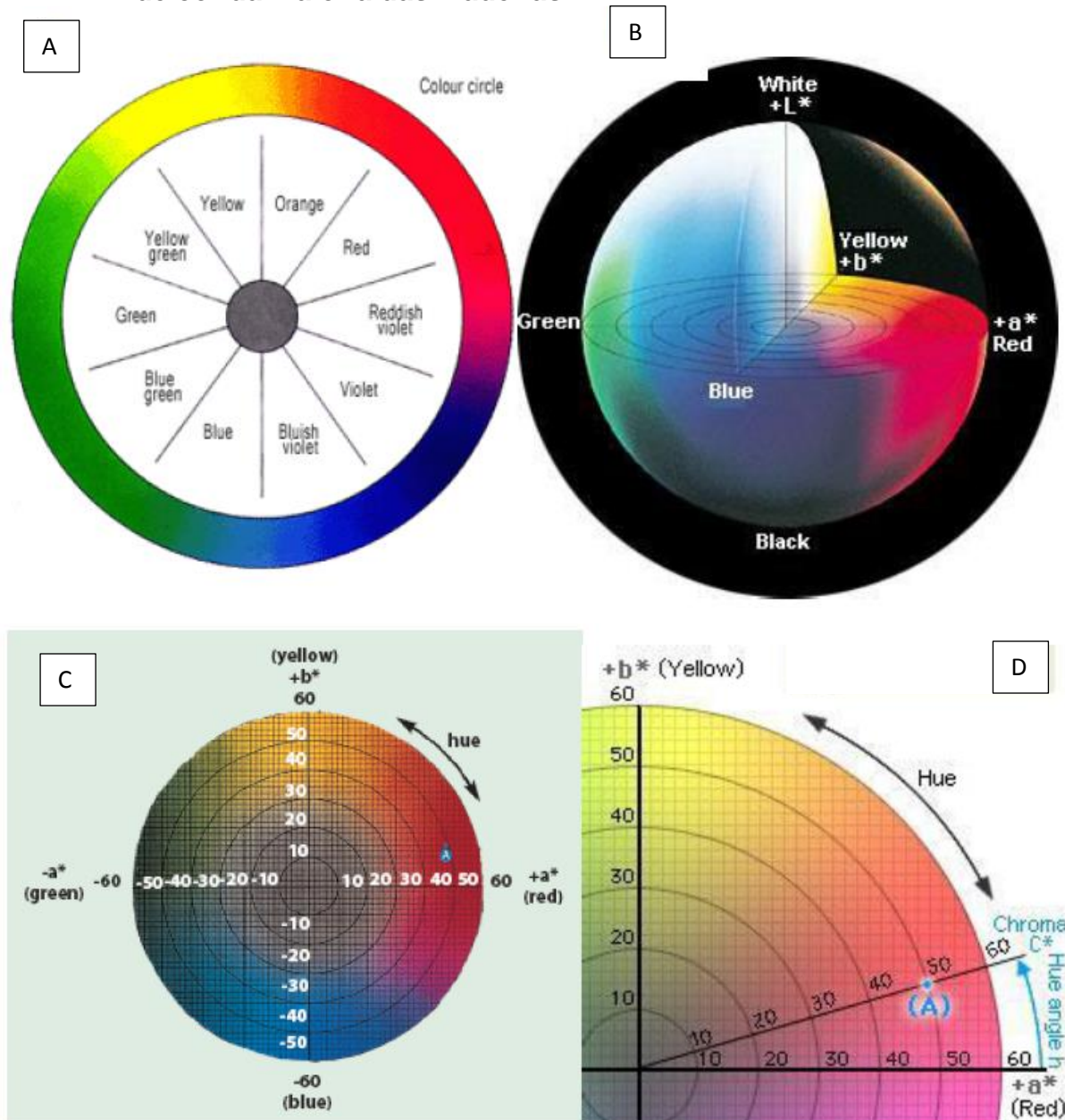
Nos procedimentos de identificação da espécie, bem como em indicação de uso, a cor da madeira é uma das características mais importantes. É comum a indicação de uso da madeira baseado na sua coloração e nos desenhos causados por suas partes anatômicas, criando referências como “Padrão Mogno”, “Padrão Cerejeira”, “Padrão Sucupira”, entre outros (CAMARGOS e GONÇALES, 2001).

O marketing da cor da madeira na produção de painéis decorativos, móveis, marcenaria e vigas decorativas pode contribuir para a performance econômica do setor madeireiro (JANIN et al., 2001). O emprego da madeira em condições onde sua aparência superficial seja importante cria a necessidade de estudos colorimetria da madeira, pois o preço da madeira sólida pode variar em até cinco vezes em função da cor (GONÇALES et al., 2001).

Os principais equipamentos utilizados na indústria para leitura de cores são o colorímetro e o espectrofotômetro (GONÇALES et al., 2001). E o sistema de cores CIE  $L^*a^*b^*$ , normatizado pela Comissão Internacional de Iluminantes (Comissão Internacional de L'éclairage – CIE) em 1931, esse sistema é utilizado na indústria e fornece uma percepção uniforme da cor, com cores consistentes, independente do dispositivo utilizado (câmera, scanner, monitor ou impressora) (MENDOZA et al., 2006).

O entendimento da visualização da cor reproduzida pela madeira passa pelo entendimento sobre como a cor é formada (PACE, 2013). O Sistema CIE  $L^*a^*b^*$  (1976), define padrão para descrição técnica da cor, onde: L = claridade ou brilho, com variação entre 0 (preto) e 100 (branco); a = eixo verde – vermelho, com variação entre -60 (verde) e +60 (vermelho); b = eixo azul – amarelo, com variação entre -60 (azul) e +60 (amarelo); C = croma ou cromaticidade ou saturação de cor; h = tonalidade ou ângulo da cor (KONICA, 1998), para visualização apresenta-se a Figura 2.

Figura 2 – A formação de cores: A – Círculo de cores com a variação das cores existentes; B – Sistema CIE –  $L^*$   $a^*$   $b^*$  em uma imagem tridimensional, com as três variações; C – Variação das variáveis cromáticas  $a^*$  e  $b^*$ ; D – Quadrante onde se encontram a classificação de cor da maioria das madeiras.



Fonte: adaptado de (KONICA, 1998)

Aplicando o método de leitura de cores com espectrofotocolorímetro pelo sistema de CIE  $L^*a^*b^*$  e aplicando questionários à consumidores de madeira e profissionais da área a respeito da nomenclatura das cores, foi possível assimilar informações para criar uma correlação entre o padrão de cores visíveis da madeira e um intervalo de variáveis cromáticas (Tabela 3) (CAMARGOS e GONÇALES, 2001).

**Tabela 3 – Grupos de cores obtidos no grupamento de Cluster usando as variáveis cromáticas L, a\* b\* e h.**

GRUPO CLUSTER	COR	INTERVALOS DAS VARIÁVEIS CROMÁTICAS				
		L	a*	b*	C	h
01	Amarelo-oliva	64-64	06-06	46-46	47-47	82-82
02	Branco	69-80	04-08	19-27	21-28	71-79
03	Marrom-escuro	38-51	06-11	10-16	12-19	50-61
04	Rosa	55-68	11-27	18-27	23-30	53-64
05	Amarelo-claro	65-76	07-11	26-37	28-38	71-77
06	Roxo	36-39	12-07	03-07	12-16	14-29
07	Preto-avermelhado	28-35	04-08	03-06	05-10	35-44
08	Marrom-arroxeadado	29-44	08-11	08-12	11-16	34-52
09	Oliva	40-55	05-10	12-22	13-24	60-71
10	Oliva-claro	70-73	01-04	22-26	22-27	81-87
11	Branco-acinzentado	74-86	03-06	16-25	17-26	74-83
12	Marrom-escuro	35-51	11-16	13-18	17-23	43-55
13	Marrom-oliva	48-71	09-13	22-30	25-32	64-72
14	Preto	26-36	01-06	02-08	03-09	49-64
15	Vermelho-escuro	35-38	17-21	13-15	21-26	33-38
16	Cinza-rosado	61-76	04-08	13-20	14-21	67-76
17	Vermelho	37-52	17-24	16-23	24-31	39-52
18	Oliva-amarelado	51-69	06-09	20-27	21-28	69-76
19	Laranja-amarelado	53-54	24-27	34-38	42-46	54-55
20	Amarelo-alaranjado	49-66	12-19	31-36	33-40	61-67
21	Marrom-claro	45-61	10-13	16-25	19-28	54-66
22	Rosa-acinzentado	55-71	07-11	14-22	16-25	59-68
23	Amarelo-amarronzado	45-61	12-19	23-30	27-34	52-65
24	Amarelo	73-76	04-07	38-42	39-42	81-84
25	Marrom-avermelhado	39-57	13-17	18-23	23-29	50-58

Fonte: (CAMARGOS e GONÇALES, 2001).

A técnica que usa o sistema CIE L\*a\*b\* pode então ser utilizada para classificação quantitativa da cor, tornando a mensuração quantitativa e objetiva. Como exemplos, a madeira de Ipê (*Tabebuia serratifolia*) pode ser classificada como L\* = 40,20; a\* = 10,20; b\* = 16,40; C = 19,30; h = 58,16 e a Peroba Mica (*Aspidosperma macrocarpum*) pode ser classificada como L\* = 58,73; a\* = 14,64; b\* = 27,94; C = 31,12; h = 59,01 (JANIN et al., 2001).

Através do sistema CIE L\*a\*b\*, foram identificados os parâmetros das cores das madeiras de *Tabebuia impetiginosa* (ipê roxo), *Mezilaurus itauba* (itaúba), *Manilkara huberi* (maçaranduba), *Bagassa guianensis* (tatajuba) e *Couratari sp.* (tauari). E classificaram as espécies tatajuba e tauari como madeiras claras com, respectivamente, L\* = 47,09 e 50,43, com padrão de cores a\* = 6,76 e 5,72 e b\* = 21,27 e 15,65, o ipê-roxo e maçaranduba como escuras com, respectivamente, L\* = 34,67 e 35,74, com padrão de cores a\* = 6,71 e 8,64 e b\* = 9,15 e 7,27 e a itaúba,

entre essas duas classificações, com  $L^* = 43,22$ , com padrão de cores  $a^* = 6,74$  e  $b^* = 16,88$  (SILVA et al., 2007).

Elementos anatômicos e componentes químicos constituintes da madeira são responsáveis pela variabilidade de cores, que são naturais na madeira, além de fatores que podem alterar a cor como teor de umidade, temperatura, agente xilófago e reações fotoquímicas dos elementos químicos estruturais da madeira (CAMARGOS e GONÇALES, 2001).

Estudando as variáveis colorimétricas de 25 clones híbridos de *Eucalyptus sp.*, ficou evidenciado que o plano radial apresentou valor  $L^* = 2\%$  maior que o plano tangencial. Foi observado também, variações significativas quando estudados os parâmetros colorimétricos nas posições radiais entre medula e casca, respectivos,  $L^* = 74,33$  e  $76,53$ ;  $a^* = 9,00$  e  $6,75$ ;  $b^* = 20,70$  e  $18,23$ ;  $C^* = 22,62$  e  $19,48$ ;  $h^0 = 66,00$  e  $69,91$  (MARTINS et al., 2015).

O padrão de coloração da madeira está relacionado com os seus elementos químicos. Os elementos químicos da madeira podem ser alterados por processos abióticos de degradação e desgaste químico, comumente causado pela ação do sol na madeira, o que acarretaria na mudança de coloração (MENDES e ALVES, 1988).

Correlacionando as cores da madeira de *Eucalyptus spp.* com as propriedades químicas, constata-se que o teor de extrativos totais apresenta uma correlação positiva com os parâmetros colorimétricos  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$ , e uma correlação negativa com a claridade ( $L^*$ ) e a tonalidade ( $h^0$ ). Essa constatação se dá com teores de extrativos que variam entre 5,91% e 4,69% para as alturas do fuste de 1,30m e 2,80m, indicando que a coloração mais avermelhada se dá pelo aumento no teor de extrativos da madeira. O teor de lignina totais não tem correlação com a coloração da madeira, embora o teor de lignina solúvel apresente uma correlação negativa com os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , e uma correlação positiva com  $L^*$  e  $h^0$  (MORI et al., 2004).

A madeira de clones de *Eucalyptus spp.* retirada à 1,30 m e 2,80 metros de altura apresenta coloração mais clara e menos avermelhada, menos saturada e com menor tonalidade em direção ao topo do fuste. Avaliando os padrões colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^0$  da madeira retirada a 1,30 m de altura, os valores foram 72,96, 9,79, 19,85, 22,27 e 64,01°, respectivamente. Na madeira retirada a 2,80 m de altura, as respectivas variáveis foram de 74,84, 9,15, 19,17, 21,36 e 64,69 (MORI et al., 2005).

A superfície da madeira sofre alteração a sua estrutura química ao longo do tempo, principalmente quando exposta a ação de raios UV (Ultra Violeta). Em estudo de aceleração da degradação química superficial da madeira, realizado com ação de raios UV alternadas com sprays de água (ciclos de 2 horas de irradiação de luz UV e 18 minutos de sprays de água) ficou comprovado que após 800 horas de exposição à ação dos intempéries, alteraram a coloração do alburno de pinheiros (TEMIZ et al., 2007).

A exposição de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ao envelhecimento artificial acelerado por períodos de 0, 42, 84, 126 e 168 horas, alterou a coloração da madeira, com um escurecimento da madeira mais acelerado nas primeiras horas de irradiação (MARTINS et al., 2011).

## **2.4 Durabilidade natural da madeira aos fungos**

Biologicamente, a madeira pode ser deteriorada por fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias. O ataque por bactérias é mais comum em madeiras mantidas submersas em água por algumas semanas ou meses, e em condições anaeróbicas. Esse agente não causa sérios danos porém pode tornar a madeira altamente absorvente, conferindo maior retenção em banhos de imersão rápida. Moluscos e crustáceos são perfuradores marinhos, formando um grande grupo de degradadores biológicos da madeira, podem atacar e causar danos a estruturas fixas ou flutuantes. Fungos e insetos representam os degradadores de madeira mais importantes para a maioria das estruturas (MENDES e ALVES, 1988).

Os fungos xilófagos podem ser classificados em 5 categorias: manchadores, bolor, fungos de podridão parda, podridão branca e podridão mole. Atuando em temperaturas que podem variar de 0 a 40°C, sendo que, em sua maioria, a temperatura ideal está entre 25 a 30°C; dentre as condições ótimas para o ataque de fungos está a umidade da madeira acima de 20%. Os fungos podem respirar a concentrações de oxigênio abaixo de 20%, em algumas espécies é possível observar vida em atmosferas de 1% de oxigênio. A faixa de pH ideal está entre 4,5 e 5,5, porém algumas espécies podem suportar amplitudes que variam o pH entre 2,0 e 7,0 (MENDES e ALVES, 1988).

Em processos de avaliações das ações de fungos xilófagos de podridão branca e podridão parda na madeira, os níveis de danos causados podem classificar a

resistência da madeira em: 1) Muito Resistente (MR) – de 0 a 10% de perda de massa; 2) Resistente (R) – 11 a 24%; 3) Resistência moderada (RM) – 25 a 44%; e 4) Não Resistente (NR) > 45% de perda de massa da madeira (ASTM D-2017, 2006a).

O fungo *Pycnoporus sanguineus* causou uma perda de massa de 34,32% em amostras de *Eucalyptus grandis* quando submetida a avaliação que seguiu a norma ASTM D-2017 (2006a), método chamado de “Soil block” (CALONEGO, 2009).

A perda de massa pelo método “Soil block” foi utilizado para avaliar o *E. grandis* em condições diversas com uso de tratamentos térmicos de vaporização e pré-vaporização sob a ação do fungo *Pycnoporus sanguineus*. As amostras sem tratamento tiveram perda de massa de 25,94%, as amostras com tratamento de vaporização tiveram perda de massa de 29,32%, amostras com tratamento de pré-vaporização tiveram perda de massa de 27,41%, e amostras com tratamento de pré-vaporização seguida de vaporização tiveram perda de massa de 25,91% (ROCHA, 2011).

Observações práticas à espécie *C. brasiliense* indicam uma madeira de resistência moderada ao ataque de organismos xilófagos em condições desfavoráveis (MAINIERI e CHIMELO, 1989). Moderadamente durável a fungos de podridão branca e parda (CARVAHO, 1994). A durabilidade natural de *C. brasiliense* é moderada a alta para as podridões branca e marrom (RAMOS e LAGOS, 1988). Foi citada observação de fungos atacando madeiras estocadas em indústrias na região de Manaus-AM, onde foi observado a presença dos fungos *Nectria* sp. e *Trichoderma harzianum* Rifai, colonizando toras da espécie florestal *C. brasiliense* (Guanandi) (HANADA et al., 2003).

Os mognos africanos *K. ivorensis* e *K. senegalensis* são considerados moderadamente duráveis ao ataque de fungos (MACHADO et al., 2003). As espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, aos 19 anos de plantio, provenientes de Jerônimo Monteiro – ES, foram submetidas a ensaio de preferência alimentar e alimentação forçada por agentes xilófagos: *Trametes versicolor* (fungos de podridão branca), *Postia placenta* (fungo de podridão parda) e fungos de podridão mole. Na média, a espécie *K. ivorensis* teve perda de massa 28,18% quando submetido ao fungo de podridão parda, 28,27% com o fungo de podridão branca e 17,21% com o fungo de podridão mole. A espécie *K. senegalensis* teve perda de massa 28,86% quando submetido ao fungo de podridão parda, 24,31% com o fungo de podridão

branca e 6,53% com o fungo de podridão mole. As avaliações indicam que naturalmente as espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* são moderadamente resistentes a fungos, sendo indicadas para o uso interno e sem contato com o solo (FRANÇA, 2014).

Amostras de madeira da espécie *Khaya ivorensis* proveniente de duas localidades, do Departamento Florestal da Nigéria e da cidade Gold Coast na Austrália, medindo, respectivamente, 75 cm e 84 cm de diâmetro, foram submetidas à ação de diversos fungos e testadas quanto à perda de massa do interior do cerne, parte intermediária do cerne e parte exterior do cerne. O fungo *P. sanguineus* causou uma perda de massa de 1,4% na região externa do cerne, 12,6% na região intermediária e 25,7% na região interior nas amostras provenientes da Nigéria. E, o mesmo fungo causou uma perda de massa de 9,8% na região externa do cerne, 15,1% na região intermediária e 17,3% na região interior nas amostras provenientes da Austrália. Outros resultados podem ser visto na Tabela 4, onde é possível observar que a maior perda de massa se dá na parte interior do cerne, acredita-se que o motivo seja a formação de lenho juvenil (FINDLAY, 1957).

**Tabela 4 – Valores médios de perda de massa seca em espécies de *Khaya ivorensis* provenientes de duas localidades.**

Fungos testados	Região do Cerne	Perda média em peso seco %	
		Árvore Nigeriana	Árvore de Gold Coast (Austrália)
<i>Merulius lacrymans</i>	Exterior	nada	4,8
	Intermediário	2,7	8,3
	Interior	11,5	11,5
<i>Coniophora cerebella</i>	Exterior	5,1	8,7
	Intermediário	4,9	13,9
	Interior	33,7	15,5
<i>Polysticus versicolor</i>	Exterior	2,2	20,7
	Intermediário	15,7	30,0
	Interior	34,3	33,8
<i>P. sanguineus</i>	Exterior	1,4	9,8
	Intermediário	12,6	15,1
	Interior	25,7	17,3
<i>Lenzites trabea</i>	Exterior	0,9	0,5
	Intermediário	0,5	3,1
	Interior	9,4	6,6

Fonte: Adaptado de Findlay, (1957).

## 2.5 Durabilidade natural da madeira aos cupins

Existem 5 ordens de insetos conhecidos como agentes degradadores da madeira: Isóptera, que compreendem cupins ou térmitas; Coleópteras, representados pelos besouros, “carunchos” e “brocas”; Hymenópteras, representados pelas vespas, abelhas e formigas; Díptera, a qual pertencem moscas e mosquitos; e Lepidóptera, a qual pertencem as borboletas e mariposas (MENDES e ALVES, 1988).

Dentre os insetos xilófagos, os cupins ou térmitas são os mais sérios agentes destruidores da madeira, o hábito alimentar dos cupins se baseia na ingestão de celulose, o principal componente da madeira. A digestão da celulose pelos cupins só é possível pela presença de uma grande quantidade de protozoários (minúsculos seres geralmente unicelulares e heterotróficos) no intestino desses insetos (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004).

A espécie *C. brasiliense* é considerada resistente ao ataque de cupins (*Coptotermes nigra*, *Heterotermes convexinotus*, *H. tenuis* e *H. nasutitermes* (BULTMAN, 1976).

Na região amazônica, Abreu et al. (2002) realizaram uma avaliação em seis indústrias madeireiras de Manaus – AM, com o objetivo de realizar um levantamento da ocorrência de insetos em madeiras comerciais, dentre elas, o *C. brasiliense*, foi observado a ocorrência de insetos e o nível de dano à madeira. A espécie *C. brasiliense* apresentou ataque de *Xyleborus affinis* com nota 3 (Ataque intenso de térmitas e coleópteras) no ataque da casca e nota 2 (Ataque evidente, porém moderado, causado por térmitas e coleópteras) no ataque do alburno, e também nota 1 (Ataque leve ou superficial causado por térmitas e coleópteras) no ataque da casca pelo inseto *Platypus parallelus*. O autor explica que, mesmo em baixos índices de ataques, as galerias formadas pelos insetos depreciam o valor da madeira.

Os mognos africanos *K. ivorensis* e *K. senegalensis* são considerados moderadamente duráveis ao ataque de fungos e susceptíveis ao ataque de térmitas, quando testados pelos métodos da norma EM 350-2 (MACHADO et al., 2003). A madeira de *K. senegalensis* do nordeste da Nigéria apresenta ataque de térmitas (*Macrotermes* sp.), com 75,45% da seção da madeira degradada (SOTANDE et al., 2011).

As espécies de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, aos 19 anos de plantio, provenientes de Jerônimo Monteiro – ES, foram submetidas a ensaio de susceptibilidade a cupins de madeira seca *Cryptotermes brevis*. Na espécie *K. ivorensis*, a região do alburno foi a mais afetada pela ação do cupim com nota de desgaste 2,68, enquanto que a região mais periférica do cerne (cerne externo) apresentou nota de desgaste 1,4. O mesmo comportamento foi observado na espécie *K. senegalensis*, a região alburno obteve nota de desgaste 2,43, enquanto que a região mais periférica do cerne (cerne externo) apresentou nota de desgaste 1,93. As avaliações indicam que a espécie de *K. ivorensis* é menos resistente que *K. senegalensis* à ação do cupim *C. brevis*, embora ambas tenham classificação de ser moderadamente resistentes a cupins, sendo indicadas para o uso interno e sem contato com o solo (FRANÇA, 2014).

A ação de cupins de madeira seca *Cryptotermes brevis* não foi influenciada pelo tipo de lenho quando comparado o lenho juvenil e lenho adulto de *Hevea brasiliensis* (Seringueira). A ação desse inseto causou perda de massa no lenho juvenil de 9,42% e no lenho adulto de 13,85%, e nota de desgaste média, respectivamente, de 2,78 e 3,39% (CONEGLIAN, 2011)

A resistência da madeira de *Eucalyptus grandis* à ação do cupim *C. brevis* ocasionou mortalidade de 45,94% com nota de desgaste média de 3,62, e como forma de comparação as amostras da testemunha *Pinus elliottii* causou a mortalidade de 49,06% com nota de desgaste média 3,75 (ROCHA, 2011)

## 2.6 Produtos químicos preservativos

Com o intuito de salvaguardar a madeira da ação de agentes degradadores, são utilizados diferentes métodos de preservação dependendo do tipo de agente degradador, do grau de proteção desejada e de inúmeros outros fatores. Dentre as possibilidades, é comum o emprego de substâncias químicas preservativas. E para que seja indicado como um bom preservativo químico, é importante que o produto químico tenha uma boa toxidez ao agente degradador, não seja volátil, nem lixiviável, não se decomponha, nem se altere para ter permanência na madeira, não seja corrosivo a ferros e metais, não seja inflamável, não altere as propriedades físicas e mecânicas da madeira, deve ser inodoro, de baixa toxidez ao homem e

animais domésticos, deve ser econômico e facilmente encontrado no comércio (MENDES e ALVES, 1988).

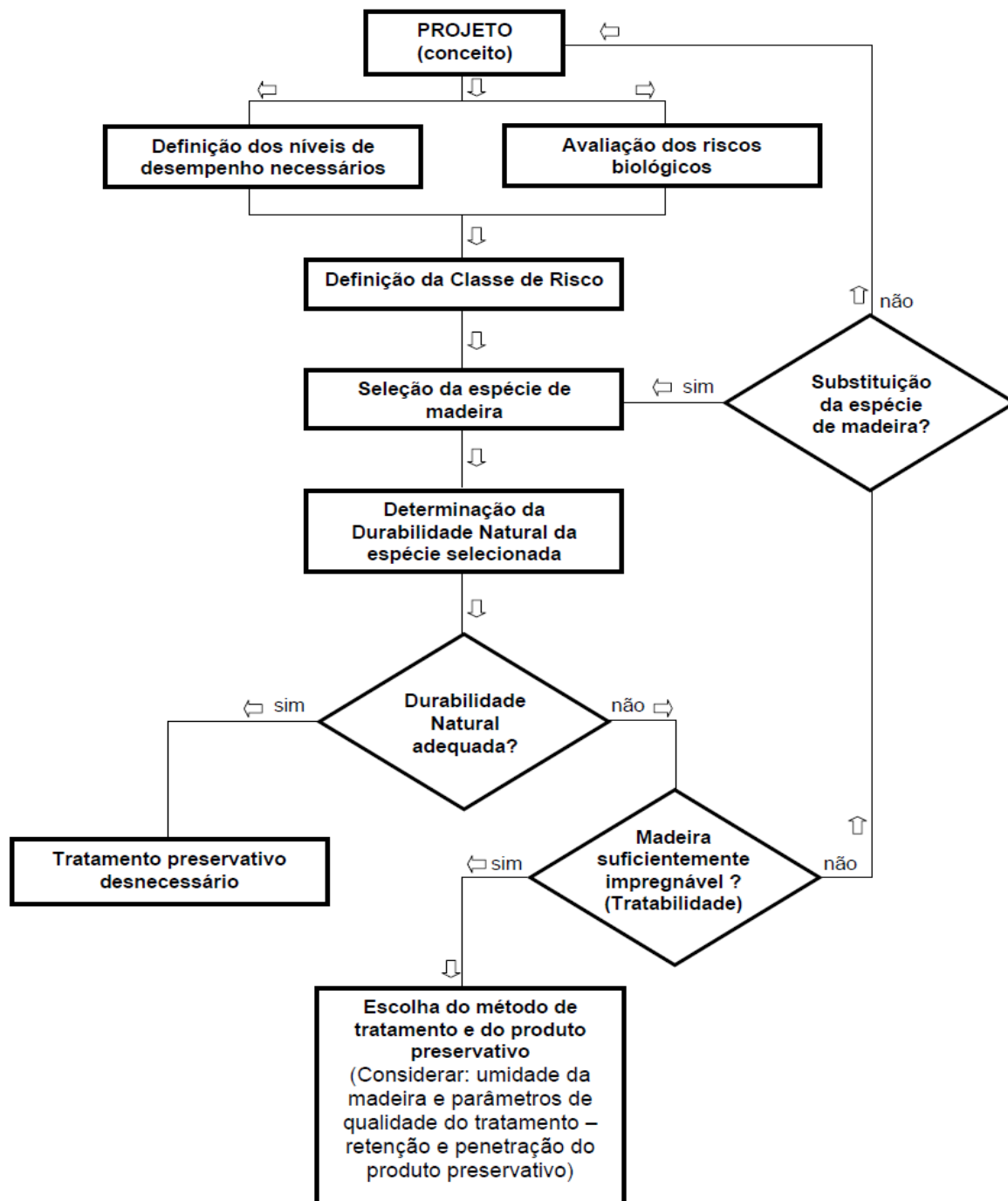
Um preservativo de madeira deve ser tóxico a micro-organismos e insetos xilófagos, porém deve ser seguro ao ambiente, animais e seres humanos. A técnica de aplicação deve ser executada conforme as características do produto químico e do grau de proteção que se pretende atingir. A espécie influencia no resultado da preservação, um dos motivos é a característica individual de permeabilidade, outro motivo é a característica anatômica da espécie. Em coníferas, o fluxo majoritário de preservativo ocorre por meio de fibrotraqueídeos verticais e pelos traqueídeos radiais, em folhosas, os vasos e os traqueídeos radiais são responsáveis por conduzir o preservativo (LEPAGE et al., 2017).

Os produtos preservativos têm suas indicações quanto à ação de preservar a madeira contra agentes xilófagos e também tem sua classificação de risco ambiental e toxicológica, classificados pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais) e pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). O CCA-C recebe classificação Classe I das duas agências, sendo assim um produto de alto risco ambiental e um produto extremamente tóxico. O composto de IPBC com Cipermetrina é classificado com Classe I do IBAMA e Classe III da ANVISA, sendo assim um produto de alto risco ambiental porém mediamente tóxico (IBAMA, 2017).

Algumas espécies apresentam durabilidade natural à degradação por fungo, cupim, e outros degradadores da madeira, parte da resistência natural é justificada pela presença de extrativos em algumas regiões da madeira, sendo que esses extrativos são tóxicos a insetos e fungos. A composição desses extrativos e a quantidade presente na madeira são características inerentes a espécie, resultando em maior ou menor grau de durabilidade natural (LEPAGE et al., 2017). Quando observada a resistência natural de algumas espécies brasileiras, encontramos algumas classificadas como resistentes ou muito resistentes, tais como: Ipê (*Tabebuia* sp.); Angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum*); Itaúba (*Mezilaurus itauba*), outras espécies são classificadas como moderadamente resistentes, tais como: Cedro (*Cedrela* sp.); Freijó (*Cordia goeldiana*); Jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis*), e, por fim, algumas espécies são pouco resistentes, tais como: Cedrinho (*Erismia uncinatum*); Pinho do paraná (*Araucária angustifolia*) e Tauari (*Couratari tauari*) (LEPAGE e SALIS, 2015)

A tomada de decisão sobre preservar ou não a madeira e qual preservativo utilizar envolve fatores como a condição onde a madeira será utilizada (principalmente quanto à possibilidade de risco de degradação) e a espécie a ser utilizada, a Figura 3 é um esquema que auxilia o processo de tomada de decisão (BRAZOLIN et al., 2004).

**Figura 3 – Processo de tomada de decisão a respeito da técnica de preservação de madeira.**



No caso da construção civil, as paredes do interior e exterior da construção que não entram em contato com o solo, mas estão sujeitas à umidade e intempéries (paredes externas) sofrem riscos de degradação por cupins, brocas, fungos apodrecedores e fungos manchadores / emboloradores. E, caso a madeira não tenha resistência natural a esses agentes xilófagos, deve ser impregnada com preservante para garantir a sua integridade (BRAZOLIN et al., 2004; ABNT, 2013).

Indica-se o uso de inseticidas e fungicidas em paredes internas CCA-C, CCB, Óleo creosoto, CA-B, misturas de Tribromofenol e IBC com Ciflutrina, Cipermetrina, Deltametrina, Clorpirifós, endosulfan; e misturas de IPBC com Cipermetrina (BRAZOLIN et al., 2004; ABNT, 2013). E nas paredes externas CA-B, CCA-C, CCB, Óleo creosoto ou misturas de IPBC com Cipermetrina (ABNT, 2013).

O sucesso da preservação está diretamente aplicado a três fatores: 1) O preservativo empregado; 2) A técnica de aplicação do preservativo na madeira; e, 3) A espécie de madeira a ser preservada (MENDES e ALVES, 1988).

Os preservativos da madeira podem ser classificados de três tipos: Oleosos (Creosoto, Alcatrão), Oleossolúveis (Cipermetrina, IPBC) e Hidrossolúveis (CCA) (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004).

Os produtos preservativos de madeira registrados no Ibama são a referência de legalidade para a indústria nacional, nessa lista constam 41 produtos químicos que atuam unicamente como inseticidas, unicamente como fungicidas e produtos que atuam como inseticidas e fungicidas. São 19 produtos registrados comercialmente como Inseticidas e fungicidas, de diversas marcas, com os seguintes ingredientes ativos: 1) CCA-C (Arseniato de Cobre Cromatado tipo C); 2) Cipermetrina e IPBC (iodopropinil-butilcarbamato); 3) CCB (Borato de Cobre Cromatado); 4) Boro e Fluoreto; 5) Tribromofenol e Cipermetrina; 6) Tebuconazole e Cobre; 7) Óleo Creosoto; e, 8) Deltametrina e IPBC (iodopropinil-butilcarbamato) (Tabela 5) (IBAMA, 2017).

**Tabela 5 – Produtos preservativos de madeira registrados no IBAMA com ação inseticida e fungicida e suas classe toxicológica segundo a ANVISA e classe de risco ambiental segundo o IBAMA.**

Produto Comercial	Ingrediente Ativo	ANVISA	IBAMA	Indicação de uso	Forma de aplicação
Icosal CB	Borato de Cobre Cromatado	I	I	Combate a fungos e insetos.	Vácuo-pressão. Exclusivamente industrial.
MOQ OX 50	CCB - O			Cupins, brocas e fungos apodrecimento em madeira beneficiada.	Por autoclavagem e imersão. Uso exclusivamente industrial
Polesaver Bandage	Boro e Fluoreto	III	III	Fungicida e inseticida inorgânico.	Bandagem que envolvem a madeiras.
Polesaver Rods					Bastões introduzidos em furo feitos na madeira.
Lifewood 60	CCA-C	I	I	Fungos, insetos e xilófagos.	Vácuo-Pressão. Uso exclusivo industrial.
Madepil AC 40				Insetos e fungos xilófagos.	Pelo método de autoclavagem . Uso exclusivamente industrial.
MOQ K 33C 60					
MOQ K33 C					
Osmose K33 C				Insetos xilófagos, fungos de apodrecimento e furadores marinhos.	Autoclavagem (com pressão). Uso exclusivamente industrial.
Osmose K33C60				Cupins e fungos manchadores, bolores e apodrecimento. madeiras beneficiada	
Tanalith 60% CCA-C				Cipermetrina e IPBC	III
Tanalith 72% CCA-C					
Osmose TI 20	Deltametrina e IPBC	III	II	Insetos xilófagos.	Método de pincelamento em madeiras secas.
Osmose TI 80					
Óleo Creosoto Carboderivados	Óleo Creosoto	I	I	Fungos e insetos em dormentes, postes, cruzetas, mourões, esteios e vigas.	Método de autoclavagem. Uso exclusivamente industrial.
Tanalith-E-CA-B	Tebuconazole e Cobre	I	I	Insetos xilófagos e fungos Não deve ser utilizado em ambientes domiciliares ou em embalagens de alimentos.	Método de autoclavagem (tratamento com pressão). Uso exclusivamente industrial.
Jimo Cupim Marrom Escuro	Tribromofenol Cipermetrina	IV	I	Ação fungicida e inseticida, indicado para o tratamento de madeiras secas	Produto pronto uso pelo método de imersão, pincelamento e aspersão
Jimo Cupim Incolor					

Onde: ANVISA Classe I – Produto extremamente tóxico; ANVISA Classe III – Mediamente tóxico; ANVISA Classe IV – Produto pouco tóxico; IBAMA Classe I – Produto de alto risco; IBAMA Classe II – Médio risco; e IBAMA Classe III – Baixo risco.

Fonte: Adaptado de IBAMA, 2017.

O preservativo CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) é o produto químico preservativo de madeira mais utilizado em todo o mundo (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004). É o preservativo com a maior número de registros para essa finalidade no Brasil, exclusivamente na formulação Tipo C (IBAMA, 2017). Sendo mais empregado na formulação tipo C (CCA-C) por apresentar maior resistência a lixiviação e melhor desempenho no campo. O CCA-C segue a formulação 47,5% de  $\text{CrO}_3$ ; 18,5% de  $\text{CuO}$ ; e 34,0% de  $\text{As}_2\text{O}_5$  (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004).

O Preservativo CCA-C é um produto químico de uso exclusivo em indústria, aplicado em autoclave sob pressão (IBAMA, 2017). Esses produtos são os mais indicados para processos industriais por apresentarem reações de fixação rápida (3 a 15 dias dependendo do ambiente), essa reação consiste na ação do Cromo em fixar na parede celular os agentes Arsênio e Cobre com ação inseticida e fungicida (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004).

O IPBC (3-iodopropinil-buticarbamato) é um fungicida indicado para peças não estruturais usadas acima do solo, usado em combinação com o cloreto de didelcidimetilamonio e também com os piretróides sintéticos: Ciflutrin, Cipermetrina e Deltametrina. Essa mistura potencializa a ação do IPBC criando preservativos de boa eficácia contra insetos xilófagos e fungos apodrecedores, manchadores e emboloradores (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004).

Os compostos de IPBC podem ser aplicados em banho de imersão a frio, pincelamento ou pulverização em madeira com umidade abaixo de 30% (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004). Alguns produtos comerciais são registrados para uso exclusivo em indústrias para serem aplicados pelo método de imersão e método sob pressão vácuo-vácuo, enquanto outros produtos comerciais indicam a aplicação por pincelamento (IBAMA, 2017)

Pelos riscos à saúde humana e animal, a madeira tratada com CCA é proibida na Europa e sofre restrições de uso nos EUA (GALVÃO, MAGALHAES e MATTOS, 2004). Embora, no Brasil, o uso do CCA-C seja indicado por norma para aplicação em paredes de contraventos, montantes e revestimentos internos ou externos das construções e para madeiras serrada, roliça e laminada (ABNT, 2013). Apesar dos ingredientes ativos serem realmente tóxicos (Arsênio, Cromo e Cobre), o produto composto como preservativo CCA-C tem boa fixação na madeira e é resistente à

lixiviação, o que torna questionável o seu risco à saúde humana nas condições de uso (LEPAGE et al., 2017).

Para uso interno, estão previstos em norma a aplicação de produtos por métodos sem pressão ou superficial, duplo vácuo e sob pressão; para uso externo, estão previstos os métodos de duplo vácuo e sob pressão (ABNT, 2013).

As técnicas de aplicação de produtos químicos na madeira variam principalmente em métodos que utilizam pressão e métodos que não utilizam pressão. Para exemplificar os métodos de tratamento com pressão, é possível citar: Processo Bethell (célula cheia); Processo Rueping (célula vazia); Processo Lowry (célula vazia); e o Processo MSU (*Mississippi State University*). Os métodos de tratamento sem pressão são: Fumigação ou expurgo; Pincelamento ou pulverização; Imersão simples (*dipping*); Imersão de tempo longo; Banho quente-frio; Difusão; Difusão dupla; Processo de Boucherie; e Substituição de seiva (MENDES e ALVES, 1988).

O sucesso da preservação também é definida pela escolha da espécie (MENDES e ALVES, 1988). As substâncias químicas estruturais e extrativos da madeira, influenciam na reação de Cr, Cu e As com a madeira, uma justificativa para a influência são os agentes redutores, solúveis em água, encontrados nos extrativos como carboidratos glicose, frutose, arabinogalactanos de baixo peso molecular e compostos fenólicos (RADIVOJEVIC, 2010).

Corroborando com a tese de que os elementos extrativos influenciam na permeabilidade de madeiras, é possível citar, que a madeira de alburno de *Corymbia citriodora* tem porosidade 29,25% enquanto que a madeira de cerne de *Eucalyptus grandis* tem porosidade 39,6%. No entanto o alburno de *C. citriodora* é mais permeável em água, 365 cm<sup>3</sup>/(cm.atm.s), enquanto que o cerne de *E. grandis* apresenta permeabilidade 0,42 cm<sup>3</sup>/(cm.atm.s). A justificativa recai sobre o fato do cerne de *E. grandis* apresentar índice relativamente alto de extrativos bloqueando parcialmente os poros, 6,58%. Notavelmente, o cerne de *C. citriodora* apresenta permeabilidade nula devido ao seu altíssimo índice de extrativos, 14,47%, e o alburno apresenta boa permeabilidade com índice de extrativos 3,29%. O Alburno de *E. grandis* tem 7,97% de extrativos e permeabilidade 470 cm<sup>3</sup>/(cm.atm.s) (SILVA et al., 2010)

Em coletas provenientes do município de Sooretama – ES, foram observados as características anatômicas de amostras das espécies *K. ivorensis* e *K.*

*senegalensis* aos 19 anos de idade. Nessa oportunidade, foram avaliadas as características organolépticas e anatômicas da madeira, sendo, que a madeira das duas espécies apresentaram gomas obstruindo vasos e porosidade difusa (FRANÇA, 2014).

O *Khaya ivorensis* é considerado fácil de trabalhar e secar, porém difícil de impregnar (FALESI e BUENA, 1999).

No entanto, alguns estudos indicam que o tratamento químico específico de *K. senegalensis* pode causar efeitos positivos na resistência ao ataque de térmitas (*Macrotermes* sp.), quando impregnados com produto inseticida e alguns extratos vegetais. Em amostras de madeira de *K. senegalensis*, provenientes na Nigéria e sem tratamento, apresentou 75,45% da seção da madeira degradada, enquanto que a aplicação de inseticida clorpirifós reduziu a 0% a seção da madeira degradada, caracterizando a madeira como não atacada. Outras misturas com extrativos naturais da planta de Neem também causaram efeito 0% de degradação: óleo extrativo+extrato da folha; extrato da casca+extrato da folha; óleo extrativo+clorpirifós; extrativo da folha+clorpirifós; extrativo da casca+clorpirifós; óleo extrativo+extrativo da folha + extrato da casca+clorpirifós (SOTANDE et al., 2011).

Observações da madeira de *C. brasiliense* descrevem o cerne como de difícil preservação pelo método do banho quente-frio, enquanto que o alburno é moderadamente preservável (CARVALHO, 1994). Acredita-se que a madeira de *C. brasiliense* apresente baixa permeabilidade pela presença de óleo-resina e tilos obstruindo parcialmente seus poros, tornando assim difícil o tratamento sob pressão (RAMOS e LAGOS, 1988; MAINIERI e CHIMELO, 1989; CARVALHO, 1994).

## **2.7 A relação da preservação química com a cor da madeira**

O tratamento preservativo com CCB altera significativamente os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $E^*$ ,  $h^\circ$  e  $c^*$ , sendo que em 8 diferentes espécies de *Eucalyptus* sp. apresentaram redução nos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $E^*$  e  $c^*$  e aumento nos parâmetros  $h^\circ$ . Promovendo uma redução do brilho e criando predominantemente a coloração verde nessa madeira preservada quimicamente (BRITO, 2017).

As características naturais e desejáveis da madeira, dentre elas a cor, podem ser alteradas pela degradação. A degradação da madeira pode ser causada por agentes bióticos e agentes abióticos. Dentre os agentes abióticos encontram-se

degradadores mecânicos, químicos e físicos. 1) O desgaste mecânico é causado normalmente pela abrasão entre a madeira e diversos outros materiais como aço, concreto e até mesmo outras peças de madeira; 2) O desgaste químico altera as propriedades mecânicas da madeira pela ação de ácidos e bases fortes, óxidos de ferro, óxidos de enxofre, sais de sódio, entre outras possibilidades; 3) O desgaste físico é causado pelo fogo ou por ações climatológicas representadas pela ação da radiação solar, ventos, chuva, umidade, etc., ação que ocasiona frequentemente a mudança da coloração da madeira, aspereza superficial, rachaduras, variações dimensionais e aumentando a susceptibilidade a xilófagos (MENDES e ALVES, 1988).

Quando exposta à ação de degradação acelerada, sem nenhum preservativo, a madeira de *Hymenolobium petraeum* (Angelim Pedra) sofre efeito de escurecimento nas primeiras 24 horas (1 dia), ficando estável até 240 horas (10 dias) (TELES e COSTA, 2014).

Naturalmente, as intempéries interferem não só na aparência, mas também nas características mecânicas de algumas espécies de madeira, porém esse efeito é sempre dependente da espécie a que se está trabalhando. Em estudo que avaliam o Módulo de Elasticidade (MOE) em cinco espécies florestais, comparando a resistência mecânica em duas condições, expostas e não expostas a intempéries em campo aberto, foi observado uma redução de resistência de 20 e 21% em amostras de *E. urophylla* e *P. elliotii* quando expostas a intempéries, enquanto *I. marginata*, *L. lactescens* e *M. azedarach* sofreram redução de 6, 4 e 1% da resistência ao MOE (TREVISAN et al., 2007).

Na busca por tentativas que inibam a ação UV na madeira, o uso de alguns produtos preservativos diminui o efeito da irradiação UV na degradação da superfície da madeira. O uso de tratamento com quitosana altera muito pouco a característica de degradação quando comparada com uma testemunha sem tratamento químico, porém tratamentos que utilizam óleo de linhaça e Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) registram uma diminuição significativa da ação dos raios UV (TEMIZ et al., 2007).

Estudos de degradação acelerada com raios UV (Ultra Violeta) demonstram que as características de cor e rugosidade da madeira são alteradas ao longo do tempo de exposição, embora seja possível diminuir a ação do sol, utilizando produtos químicos preservativos. Avaliações de madeiras sem tratamentos químicos

e tratadas com Quat Cobre Amônio (ACQ 1900 e ACQ 2200) Arseniato de Cobre Cromtado (CCA), Tanalith E 3491 e Wolmanit CX – 8. Ocorrendo interferência do tipo de tratamento e do tempo de exposição aos ciclos (TEMIZ et al., 2005).

Estudos comparativos entre materiais de aplicação superficial demonstram que o pincelamento de produtos como Tinta a Óleo, Stain de Cor Branca e Impregnante GT na superfície da madeira impedem a descoloração da madeira causada por um período de 45 dias, além de impedir a colonização de fungos (MAGALHÃES et al., 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta e preparo do material

Foram selecionadas três espécies: 1) *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), 2) *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e 3) *Calophyllum brasiliense* (Guanandi), todas coletadas na cidade de Garça-SP, Brasil, nas coordenadas 22°15'46,75"S 49°40'44,66"O. Tipicamente, apresenta solo Podzólico Vermelho – amarelo – textura arenosa, variação Marília, e horizonte B textura abrupta argiloso (EMBRAPA, 2006) condições climáticas subtropical úmido Cwa segundo a classificação de Köppen-Geiger (KOPPEN, 1948).

A coleta foi proveniente de um desbaste seletivo por baixo de uma população aos 7 anos de idade, espaçamento de plantio 3x2 metros, que apresentavam características dendrométricas conforme Tabela 6.

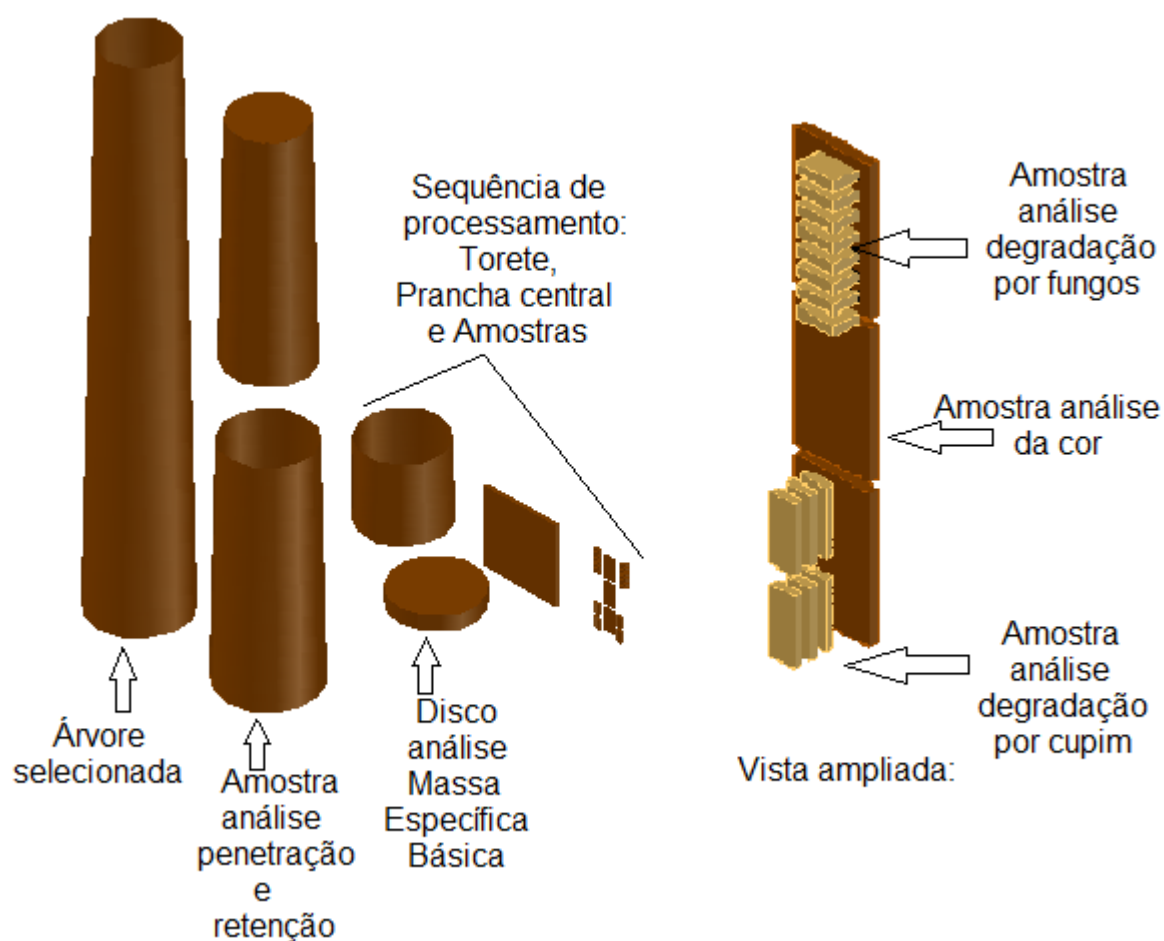
**Tabela 6 – Características dendrométricas da população florestal, aos 7 anos, amostrada para caracterização da madeira.**

Espécie	DAP mínimo (cm)	DAP médio (cm)	DAP máximo (cm)	HT mínimo (m)	HT médio (m)	HT máximo (m)
<i>Khaya ivorensis</i>	3,57	12,80	18,68	2,40	13,11	17,50
<i>Calophyllum brasiliense</i>	6,68	10,79	14,77	5,60	7,25	9,00
<i>Khaya senegalensis</i>	8,53	15,25	21,38	7,1	12,59	16,2

Onde: DAP – Diâmetro a altura do peito; HT – Altura total.

Para avaliar as características de massa específica básica, rachadura, degradação biológica, absorção de produto químico hidrossolúvel e cor da madeira de espécies nobres plantadas comercialmente no Brasil, foram utilizadas 10 árvores de cada espécie. Em cada uma dessas 10 árvores, foi coletado um torete com 1,2 m da região próxima ao DAP (Diâmetro a Altura do Peito) da árvore (destinado ao teste de preservação química), em seguida, um disco de 0,10 m (destinado ao teste de massa específica básica) e, na sequência, um torete de 0,5 m, (destinado aos testes de susceptibilidade a agentes xilófagos e avaliação da cor da madeira). Do torete de 0,5 m foi retirado uma prancha central e desta foram retiradas os corpos de prova para as análises de cor da madeira, análise de susceptibilidade a fungos xilófagos e análise de susceptibilidade a cupins (Figura 4).

**Figura 4 – Modelo de extração dos corpos-de-prova a partir dos toretes e do disco de madeira.**



Os corpos de prova destinados ao ensaio de susceptibilidade a fungos foram definidos com as dimensões 25 mm x 25 mm x 9 mm (ASTM D-2017, 2006). Os corpos de prova destinados ao ensaio de susceptibilidade a insetos xilófagos foram padronizados nas dimensões 7 x 23 x 70mm (IPT 1137, 1980). Os corpos de prova destinados a ensaio de colorimetria da madeira tiveram as dimensões 100 x 75 x 30 mm (ASTM E-308, 1999).

Os corpos de prova foram retirados da mesma região das árvores, na coleta de campo foram retiradas amostras da região do DAP para as caracterizações de cor, fungo e cupim. Todos os corpos de prova foram retirados da prancha central da região amostrada, sendo que os corpos de prova da degradação de fungos e cupins estavam distantes 1 cm da medula. Essa proximidade com a medula se fez necessária para representar a peça torneada de 8 cm de diâmetro, e o corpo de

prova foi retirado no meio da distância entre a medula e a periferia da peça torneada.

Acreditando que a utilização da madeira está ligada a diversos fatores, como a adequação das suas características físicas ou a possibilidades de resistir ao tempo (degradar), e, apoiado no conceito de Brazolin et al. (2004), que propõem a observação das condições de uso para adequação a uma classe de risco à degradação, a madeira para construção civil foi considerada na classe 4, que se refere a “Uso exterior, fora do contato com o solo e sujeito a intempéries”. Nesse caso, o autor sugere a possibilidade de ataque de cupins de madeira seca e fungos apodrecedores, entre outros organismos xilófagos.

Para a indicação da condição de resistência da madeira, foram realizadas avaliações de degradação a fim de identificar a real susceptibilidade e consequente necessidade de preservação contra agentes degradadores fungos apodrecedores e cupins de madeira seca. Após a indicação da susceptibilidade da madeira, foi realizada a avaliação da penetração de ingrediente ativo – I.A. nessas espécies com a aplicação de produtos químicos preservativos.

Como complemento à caracterização da madeira, foram avaliadas a variação de cor, índices de rachadura e massa específica básica. Acreditando que são características físicas importantes para o uso a que se está pretendendo com a madeira.

### **3.2 Determinação da massa específica básica e do índice de rachadura das madeiras de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi)**

Para determinação da massa específica básica, foram utilizadas 10 amostras de cada espécie. De cada árvore, foi retirado um disco da região do DAP (Diâmetro à Altura do Peito), considerando-se que o disco representa proporcionalmente a madeira.

A determinação da massa específica básica é definida segundo ABNT NBR 7190, pela razão entre a massa seca da amostra considerada e o respectivo volume nas condições de total saturação, em  $\text{g/cm}^3$  (Equação 1).

$$M_{bas} = \frac{M_s}{V_{sat}} \quad (1)$$

Sendo:

$M_{bas}$  = Massa específica Básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$M_s$  = Massa seca (g);

$V_{sat}$  = Volume saturado ( $\text{cm}^3$ ).

O volume saturado (condição em que a madeira está totalmente túrgida) é determinado considerando-se a diferença da massa imersa, quando saturada, e da massa saturada. Após aferido o volume, o corpo de prova é seco a 0% de umidade em estufa, à temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante, então foi aferida a massa seca em balança eletrônica digital com precisão 0,01g.

Para a determinação do índice de rachadura de topo, foram utilizadas 10 amostras de cada espécie, em toretes de 1,2 metros torneadas com 8 cm de diâmetro. De cada árvore foi retirado um torete nas dimensões e características indicadas.

Em cada torete, forão mensuradas as aberturas e comprimentos das rachaduras nas duas extremidades (Figura 5), nessas condições não foi utilizado a terminologia base e ponta considerando que uma peça torneada cilíndrica já não tem mais a caracterização de orientação do fuste da árvore.

**Figura 5 – Mensuração das aberturas e comprimentos das rachaduras de topo de toretes torneados : A – abertura; B – comprimento.**



O cálculo do índice de rachadura foi obtido baseado na metodologia proposta por Lima (2000) e utilizada por Trevisan et. al., (2014). A equação leva em conta a somatória da multiplicação entre abertura e comprimento de rachadura proporcional ao diâmetro, criando assim uma relação de percentual de índice de rachadura de topo (Equação 2).

$$IRT = 200 \left( \frac{\sum_{i=1}^n ac}{\pi D^2} \right) \quad (2)$$

Sendo:

IRT = índice de rachadura de topo de tora (%)

D = diâmetro da tora (cm);

a = abertura máxima da rachadura (cm);

c = comprimento da rachadura (cm).

### **3.3 Relação da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) com a preservação química**

Como forma de amostragem foram coletadas em campo 10 árvores de cada espécie estudada. De cada árvore foram preparados corpos de prova com dimensão de 1,2 m de comprimento e 8 cm de diâmetro, utilizados para a avaliação da tratabilidade das espécies. Para o ajuste das dimensões dos corpos de prova, foi utilizado uma serra destopadeira para ajuste do comprimento e um torno de toras para obter uma peça com diâmetro constante. Esse formato de madeira roliço foi escolhido por ser utilizado em construção de paredes e produção de painéis de madeira roliça (Figura 6).

**Figura 6 – Processo de torneamento de madeira para utilização em construção civil, passando pela apara da ponta para padronização do comprimento, tornearia e a representação do produto acabado montado em forma de parede.**



No momento do corte, as 2 primeiras toras das árvores foram destinadas ao processamento mecânico de corpos de porva, porém, por limitações técnicas, algumas dessas não puderam ser torneadas. As limitações foram: 1) diâmetro, toretes com dimensão abaixo de 8 cm foram descartados; 2) tortuosidade, quando a peça apresentava alta tortuosidade no sentido longitudinal era inviável o processo de torneamento (Figura 7).

**Figura 7 – Amostras que não puderam ser torneadas por apresentarem tortuosidade ao longo da posição longitudinal do fuste.**



Os toretes torneados foram empilhadas ao ar livre para que secassem e obtivessem a umidade abaixo do PSF (Ponto de Saturação das Fibras), teor de umidade da madeira importante para o sucesso do procedimento de preservação pois nessa condição a madeira não apresenta água no lumen das células (Figura 8).

**Figura 8 – Amostras torneadas dispostas para secagem natural .**



Cada torete torneado foi seca até atingir umidade abaixo do PSF a  $25 \pm 4\%$  de umidade da madeira, aferida pelo medidor de umidade de campo, medidor de resistência elétrica. Após a secagem, foram montadas as repetições contendo 10 amostras por espécie, uma por árvore amostrada, utilizando o produto químico Arseniato de Cobre Cromatado tipo C (CCA-C).

Para o procedimento de preservação, foi utilizado o método de célula cheia, utilizando vácuo e pressão para impregnar a amostra torneada de madeira com o produto preservativo. Foi um procedimento único em que as amostras torneadas seguiram as etapas: (1) Vácuo inicial de 600 mmHg, por 30 minutos; (2) Carregamento da autoclave com a solução preservativa sem aliviar o vácuo; (3) Aplicação da pressão de tratamento, de 12kg/cm<sup>2</sup>, por 1,5 horas; (4) Retirada a pressão e retorno da solução; e (5) Aplicação de um vácuo final de 600 mmHg por 15 minutos (Figura 9). Após a preservação aguardou-se um período de 15 dias para garantir a fixação do produto químico na madeira, período chamado de pré-fixação do produto químico.

**Figura 9 – Madeira torneada em processo de preservação industrial: A – Peças dispostas no carro porta-toras antes do tratamento; B e C– Peças já preservadas após o tratamento.**



As amostras de *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*, tratadas com o preservativo químico hidrossolúvel, foram submetidas a teste de qualidade de preservação contendo análises de penetração e análise de retenção de I.A. na madeira.

Para a avaliação da penetração, foi utilizado a técnica de revelação por aplicação do cromoazurol-S, um líquido revelador da presença do cromo na madeira, conforme norma NBR 6232: 2013 (ABNT, 2013). Esse revelador foi pincelado na superfície da secção do disco cortado no centro da tora, a região do disco que reage com o revelador obtém uma coloração azulada, que indica a presença do cromo e a região que adquire coloração avermelhada indica a ausência desse elemento químico.

Esses discos com aproximadamente 5 cm de espessura foram retirados do meio do comprimento dos toretes já preservado. No momento da retirada, cada

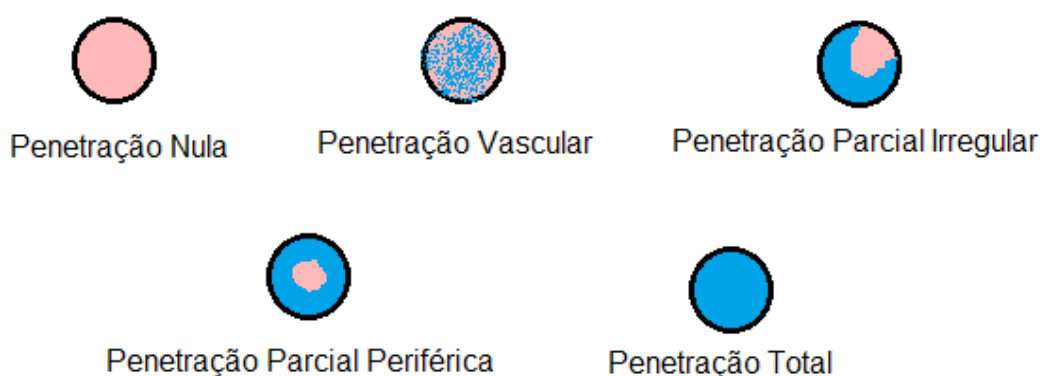
disco estava com teor de umidade abaixo de 25%, um cuidado para evitar o aquecimento da peça pela presença da água, o que possibilitaria a volatilização do produto e por esse motivo já haviam seguramente passado pelo período de pré fixação do preservativo químico, que é de 15 dias preservativo (Figura 10).

**Figura 10 – Retiradas dos discos das amostras para que seja realizado o teste de penetração de produto químico na madeira.**



Dessa forma, foi possível observar e classificar a penetração do preservativo quanto a sua distribuição espacial no lenho, conforme a classificação da penetração em: 1) Nula, ausência total de coloração azulada; 2) Vascular, presença de pontuações azuladas geralmente coincidindo com os vasos; 3) Parcial Irregular, 4) Parcial Periférica; e 5) Penetração Total onde toda a parte tratável da madeira está azulada (Figura 11).

**Figura 11 – Classificação dos níveis de penetração do produto preservativo nas peças de madeira tratadas por intermédio de um produto químico revelador.**



O disco utilizado na análise de penetração foi teoricamente dividido em 4 quadrantes, para a mensuração da profundidade a que o produto químico penetrou na madeira. A média da mensuração nos 4 quadrantes foi utilizada para calcular a área preservada e a área não preservada, assim é possível definir a porcentagem de área tratada do disco.

Para a análise de retenção de produto químico na madeira, foi analisada a concentração do cobre, do cromo e do arsênio, obtidas conforme norma americana AWPA A9-01 (2008), método que orienta a utilização do equipamento de espectroscopia. Nesse caso, foi utilizado o espectrômetro de raio-X, modelo Shimadzu EDX-720, para realizar a leitura da quantidade de ingrediente ativo existente na madeira.

O preparo do material até a moagem segue a sequência: pré-secagem dos toretes torneados de madeira, retiradas das baguetas para amostragem, cálculo de massa específica a 0% das baguetas, moagem e classificação granulométrica abaixo de 30 mesh. A madeira moída foi colocada em cubeta plástica, própria do equipamento, para a leitura por espectrômetro de raio-x.

Após o tratamento, a pré-secagem foi feita no torete torneado tem a função de garantir que a madeira tenha um período de fixação do preservativo nas estruturas celulares da madeira, e tenha teor de umidade abaixo de 25%, para que no momento de retirada das baguetas a umidade não aqueça o mourão causando uma volatilização dos elementos químicos que serão analisados.

Após a secagem foram retiradas baguetas utilizando uma broca especialmente desenvolvida para retirar um cilindro de diâmetro padronizado e comprimento que deve ser igual à profundidade do alburno. As baguetas foram retiradas da porção central dos toretes torneados conforme norma NBR 6232: 2013 (ABNT, 2013).

As baguetas foram submetidas a procedimentos de ajuste das arestas com o auxílio de um formão, para que tivessem uma forma padronizada que se assemelhe ao máximo com um cilindro perfeito. Nesse processo também foram retirados qualquer vestígio de cerne (Figura 12). As baguetas foram secas em estufa a  $103 \pm 2^\circ \text{C}$  até atingirem peso constante. Com o auxílio de um paquímetro foram medidos o diâmetro e o comprimento de cada cilindro para cálculo do volume da bagueta, calculado conforme a equação (3). Com o volume e a massa das baguetas foi calculado a densidade a 0% de umidade conforme a equação (4).

$$V = \frac{\pi \times d^2 \times c}{4} \quad (3)$$

Sendo:

V = Volume da bagueta (cm<sup>3</sup>);

d = Diâmetro da bagueta (cm);

c = Comprimento da bagueta (cm).

$$M_{(0\%)} = \frac{M_s}{V_s} \quad (4)$$

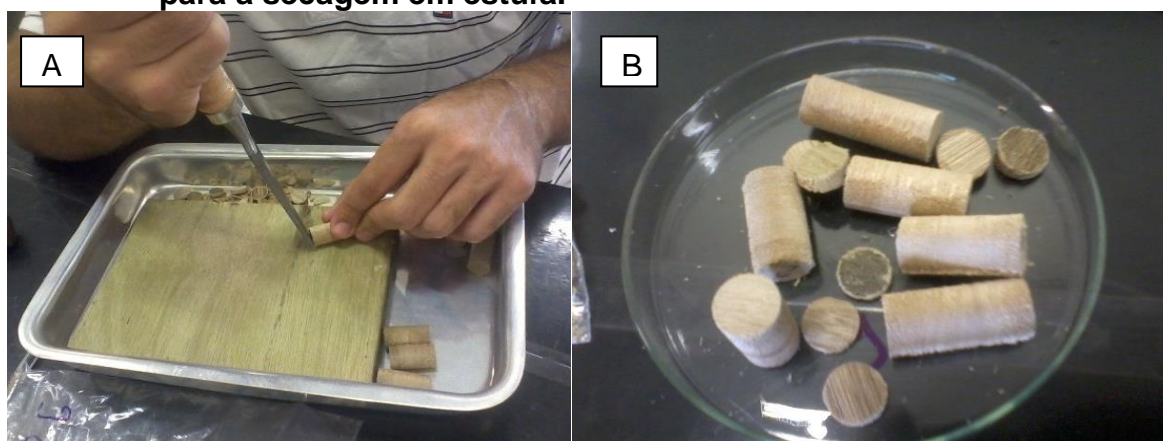
Sendo:

M<sub>(0%)</sub> = Massa específica a 0% (g/cm<sup>3</sup>);

M<sub>s</sub> = Massa seca a 0% (g);

V<sub>s</sub> = Volume seco a 0% (cm<sup>3</sup>).

**Figura 12 – Preparo das baguetas para análise de retenção: A – ajuste das arestas sendo realizado com auxílio de formão; B – baguetas prontas para a secagem em estufa.**



Após a determinação da densidade a 0% de umidade do alburno de cada bagueta, foi realizada a moagem em moinho do tipo facas para a obtenção de serragem com granulometria abaixo de 30 mesh. Esse material moído foi armazenado individualmente, em saco plástico, bem identificado.

A madeira moída foi submetida à leitura de retenção em espectroscopia de raio-X em um equipamento da marca Shimadzu EDX-720. Os resultados obtidos

nessa leitura foram expressos em porcentagem e depois transformados em kg/m<sup>3</sup> através da Equação (5). A retenção de ingrediente ativo por elemento foi determinado com a multiplicação da leitura do raio-X pela densidade média a 0% de umidade do corpo de prova e o resultado dividido por 100. A leitura no equipamento expressa um valor individual para cada elemento químico a ser analisado (cobre, cromo e arsênio) e a formação do valor de ingrediente ativo (I.A.) é a somatória dos elementos individuais.

$$R = \frac{l \times \delta}{100} \quad (5)$$

Sendo:

R = Retenção de cada elemento (kg/m<sup>3</sup>);

l = leitura do espectrofotômetro de raio-x (%);

M<sub>(0%)</sub> = Densidade a 0% (kg/m<sup>3</sup>).

### 3.4 Processo de aplicação de produto químico preservativo em corpos de prova destinados a ensaios de degradação biológica análise da cor

Por se tratar de espécies poucos estudadas, o procedimento teve início com a avaliação prévia de 3 corpos de prova de madeira em corpos de prova de tamanho reduzido, coletadas aleatorizadas entre as demais, que sofreram um pré-tratamento para determinar a capacidade de absorção de líquido. Nesse teste prévio, nenhum produto químico foi aplicado às peças, apenas água foi aplicada em uma autoclave em escala experimental (o mesmo equipamento utilizado para posteriormente tratar os corpos de prova) e calculado conforme a Equação (6) a quantidade de água que é possível de ser absorvida pelas peças de madeira (Figura 13). Esse procedimento de análise seguiu os seguintes padrões: Vácuo inicial = 600 mmHg / 30 minutos; Pressão = 11kg/cm<sup>2</sup> / 60 minutos; Vácuo final = 600 mmHg / 15 minutos.

$$\text{Absorção} = \frac{(P_i - P_f)}{\text{volume}} \quad (6)$$

Sendo:

Absorção = Quantidade de água que penetrou na madeira (L/m<sup>3</sup>);

Pi = Peso inicial, antes da penetração de água (g);

Pf = Peso final, após a penetração de água (g).

Volume = Volume da madeira (m<sup>3</sup>).

**Figura 13 – Autoclave em escala experimental para preservação de corpos de prova de madeira.**



Com o referido pré-teste, foi possível identificar que as espécies apresentavam capacidade de absorver os produtos químicos desejados. Na Tabela 7, é possível observar os dados do pré-teste utilizado para programar o tratamento preservativo.

**Tabela 7 – Pré-teste de absorção média de água pelas amostras de madeira, atividade que orienta a aplicação de produto químico preservativo.**

Espécie	Amostra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferença de peso (g)	Absorção (L/m <sup>3</sup> )	Absorção média
<i>Khaya ivorensis</i>	1	117,14	180,22	63,08	295,5	307,5
	2	118,23	179,9	61,67	288,9	
	3	89,69	161,81	72,12	337,9	
<i>Calophyllum brasiliense</i>	1	110,38	208,29	97,91	458,7	451,7
	2	98,36	199,99	101,63	476,1	
	3	114,42	204,12	89,7	420,3	
<i>Khaya senegalensis</i>	1	116,34	191,58	75,24	352,5	321,5
	2	119,11	191,99	72,88	341,5	
	3	114,67	172,38	57,71	270,4	

Após o pré-teste, entendeu-se ser seguro dar continuidade ao processo de preservação, visto que, em média, todas as espécies absorveram uma quantidade de água de 300 l/m<sup>3</sup> ou mais.

A mesma autoclave em escala experimental foi utilizada para preservar os corpos de prova utilizados nas análises de degradação por fungo xilófagos, degradação por cupins de madeira seca e avaliação da colorimetria da madeira.

Todos os corpos de prova foram lixados a fim de retirar rebarbas antes de passar pelo procedimento de aplicação de produto químico, os corpos de prova prontas para preservação podem ser visualizadas na Figura 14.

**Figura 14 – Amostras destinadas à preservação química em autoclave experimental, o conjunto de amostras é destinada a ensaios de degradação por fungo, térmitas e colorimetria.**



Os corpos de prova indicados foram submetidas ao processo de preservação pelo método de vácuo-pressão em autoclave, processo Bethell, utilizando dois produtos químicos preservativos: 1) O CCA-C (Arseniato de Cobre Cromatado, tipo-C); 2) O produto químico IPBC (iodopropinil-butilcarbamato)+ Cipermetrina,.

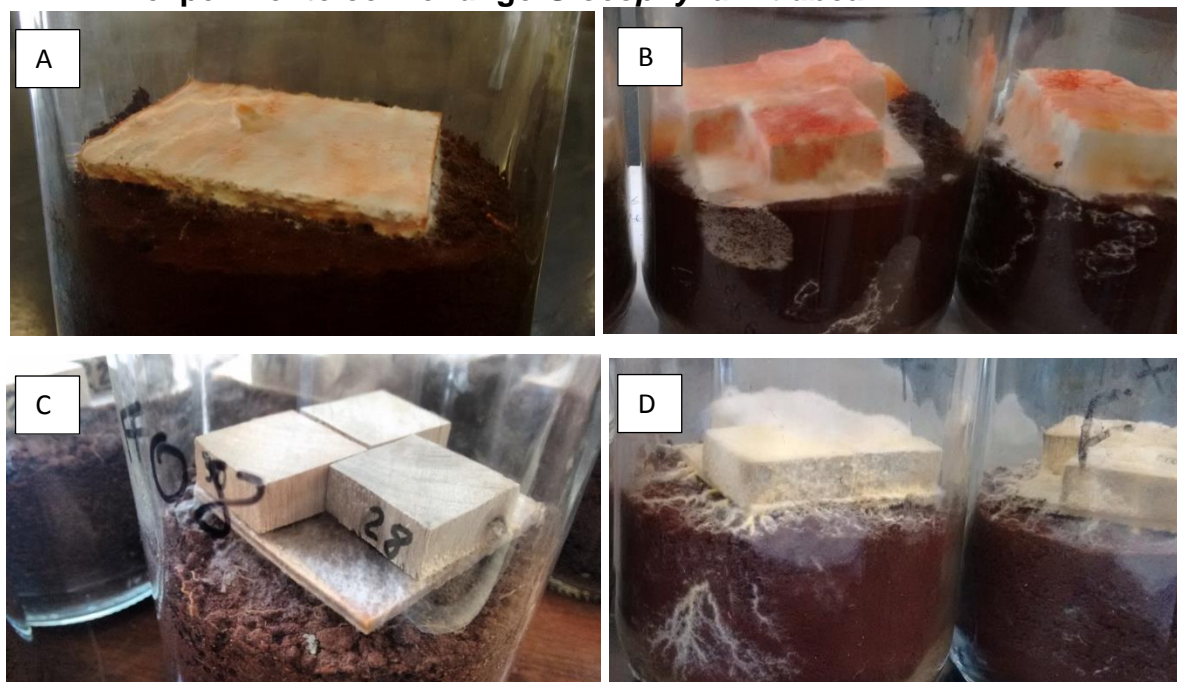
Para o tratamento com produto químico CCA-C (Arseniato de Cobre Cromatado), foi utilizado o produto comercial MOQ K33-C®; para o produto químico IPBC (iodopropinil-butilcarbamato) + Cipermetrina foi utilizado o produto comercial TI-20®. Para ambos, o método de tratamento realizado na autoclave passou pelas fases de Vácuo inicial = 600 mmHg / 30 minutos; Pressão = 11kg/cm<sup>2</sup> / 60 minutos; Vácuo final = 600 mmHg / 15 minutos.

### 3.5 Avaliação da susceptibilidade a fungos xilófagos na madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi)

Foram utilizadas 60 corpos de prova de cada espécie, sendo 20 sem preservativo químico, 20 com CCA-C e 20 com IPBC + Cipermetrina. Cada tratamento de 20 corpos de prova eram divididas em 2 análises, 10 para fungos de podridão branca (*Pycnoporus sanguineus*) e 10 para fungos de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*). Dessa forma, foi avaliada a ação desses agentes degradadores quanto ao nível de degradação que causam.

Para a análise de susceptibilidade a fungos, foram observadas as normas ASTM D-2017 (2006a), baseada no Ensaio de Apodrecimento Acelerado do Tipo “Soil-Block” (Figura 15).

**Figura 15 – Amostras de madeiras submetidas a análise de susceptibilidade a fungos xilófagos pelo método “Soil-Block” . onde: A – Placa alimentadora início do experimento com fungo *Pycnoporus sanguineus*; B – Amostras no final do experimento com fungo *Pycnoporus sanguineus*; C – Amostras no início do experimento com o fungo *Gloeophyllum trabeum*; e, D – Amostras no final do experimento com o fungo *Gloeophyllum trabeum*.**



Para a aplicação do método “Soil-Block”, foi utilizado solo Latossolo Roxo com pH corrigido para a faixa entre 5 e 8; a correção foi feita através da mistura com calcário dolomítico PRNT 91,5%. Foram aplicados 400g de calcário para cada 100kg de solo, elevando o pH de 5,1 para 6,1. O solo coletado foi peneirado para a retirada de qualquer impureza, o calcário foi aplicado diretamente sobre o solo e homogeneizado com o auxílio de uma ferramenta manual (enxada). Antes de ser aplicado aos recipientes de vidro, é importante a aferição da umidade do solo, essa aferição foi realizada com 3 amostras independentes do solo já com pH corrigido e pronto para a utilização.

Em um recipiente de vidro, foram dispostos 250 g de solo, hidratado com quantidade de água destilada calculada a partir da Equação (8). Os frascos com solo receberam uma placa de 5 x 5 x 0,3cm de lenho inicial de pinus sem resina chamada de alimentador. O alimentador é responsável por possibilitar a colonização do fungo antes da aplicação do corpo de prova. Os frascos com solo e alimentador foram levados à autoclave para esterilização, sendo submetidos a  $121 \pm 1$  °C por 1 hora.

$$Q_{H_2O} = [1,30 * (A - B)] * [M_{SOLO}/(100 + B)] \quad (8)$$

Sendo:

$Q_{H_2O}$  = Quantidade de água a ser adicionada (g);

A = Capacidade de retenção de água do solo (%);

B = Teor de umidade do solo ao ar (estocado) (%);

$M_{SOLO}$  = Massa de solo seco ao ar a ser adicionada no frasco (g).

O fungo foi preparado em placas de petri com material nutritivo B.D.A. (Batata-Dextrose-ágar), onde fica armazenado por 20 dias em B.O.D. (Demanda Bioquímica de Oxigênio) às condições de  $26,7 \pm 1$ °C e  $70 \pm 4$ % de umidade relativa para a colonização total da placa. Essa colônia foi a fonte de inóculo para a degradação da madeira.

Após esterilizados, o alimentador recebeu um inóculo do fungo de 1 cm<sup>2</sup> para colonização. Foi utilizado um repicador estéril para realizar a passagem do fungo de uma placa de petri anteriormente colonizada para o frasco de vidro com solo e

alimentador. Os frascos foram levados à B.O.D. para que colonize toda a placa alimentadora, aclimatizados às condições de  $26,7 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 4\%$  de umidade relativa por um período de 15 dias.

Após o período de 15 dias, os frascos já colonizados pelo fungo receberam os corpos de prova dos tratamentos a serem avaliados. Os corpos de prova foram retirados da porção central da tora em dimensões de  $9 \times 25 \times 25$  mm, os corpos de prova foram lixados, devem estar isentos de rachaduras e aclimatados a 12% de umidade interna na madeira. É necessário pesar cada um dos corpos de prova para a obtenção da massa inicial ( $M_i$ ), foram dispostos até 3 copos de prova para cada placa alimentadora e dispostos novamente na B.O.D. às condições de  $26,7 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 4\%$  por um período de 12 semanas.

Após 12 semanas de ensaio, os corpos de prova foram retiradas para avaliação. As amostras foram retiradas e limpas em água corrente com o auxílio de uma escova de cerdas, para a retirada de todos os resíduos de micélios de fungos. Os corpos de prova limpos foram pesadas para a aferição da massa úmida, então foram secas em estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  até atingirem a umidade 0% para pesagem e aferição da massa seca ou massa final ( $M_f$ ). A quantificação da ação degradadora do fungo foi feita pelo cálculo de perda de massa (PM), demonstrado na Equação (7).

$$PM(\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \quad (7)$$

Sendo:

PM = Perda de Massa (%);

$M_i$  = Massa Inicial do corpo de prova (g);

$M_f$  = Massa Final do corpo de prova (g).

### **3.6 Avaliação da susceptibilidade a inseto xilófagos na madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi)**

Foi realizada a avaliação da ação de insetos xilófagos (cupins), pelo método de ensaio chamado “Ensaio Acelerado de Laboratório da Resistência Natural ou de

Madeira Preservada ao Ataque de Térmitas do Gênero *Cryptotermes* da Família Kalotermitidae” (IPT, 1980) (Figura 22).

Foram utilizadas 30 corpos de prova de cada espécie, sendo 10 sem preservativo químico, 10 com CCA-C e 10 com IPBC+Cipermetrina. Foram amostradas 10 árvores e todas submetidas à ação de insetos xilófagos (cupins) da espécie *Cryptotermes brevis*, cupim de madeira seca. Cada amostra é composta por um par de corpos de prova nas medidas 7 x 23 x 70 mm, dispostas juntas e pareadas (Figura 16). Como controle, foram utilizados 10 pares de amostras compostas de pinus, na sua maior proporção, de lenho inicial e sem apresentar resina. Dessa forma, foi avaliada a ação desses agentes degradadores quanto ao nível de degradação que causam nas espécies estudadas *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* e os resultados foram comparados com a espécie controle (Pinus).

**Figura 16 – Amostras de madeiras submetidas à susceptibilidade aos cupins de madeira seca *Cryptotermes brevis*.**



Todos os corpos de prova foram secos em estufa elétrica a  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , para aferição da massa inicial (Mi). Então, os corpos de prova foram submetidas ao ambiente controlado a  $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $70 \pm 2\%$  UR para serem climatizadas. Os corpos de prova foram então unidos em pares sobre essas amostras e colocada uma manga de PVC de 1 ½”.

Os cupins foram coletados em campos em colônias naturais para de onde foram separados 39 operários e 1 soldado para cada amostra preparada. Os insetos foram mantidos nas amostras, aclimatados no escuro a  $27 \pm 2$  °C a uma umidade relativa do ar de  $70 \pm 2\%$ , nessas condições foram mantidos por 60 dias.

Após o período de experimento (60 dias), as amostras foram retiradas e secas em estufa elétrica a  $103 \pm 2$ °C, para aferição da massa seca final (Mf). A quantificação da ação dos cupins foi feita pela contabilidade de número de cupins mortos, pela contabilidade do número de furos nas amostras, por comparação de desgaste pela espécie controle e pelo cálculo de perda de massa.

O cálculo de perda de massa levou em consideração a massa de cada uma das amostras antes e depois do ataque do cupim, foi utilizada a Equação (7) apresentada no tópico anterior. Para o cálculo de mortalidade de cupins foi utilizada a Equação (8).

$$CM\% = \frac{N_i - N_f}{N_i} \times 100 \quad (8)$$

Sendo:

CM = Taxa de mortalidade de cupins após ensaio de resistência natural (%);

N<sub>i</sub> = Número de cupins no início do ensaio de resistência natural (40);

N<sub>f</sub> = Número de cupins no final do ensaio de resistência natural (und.).

A comparação de desgaste foi realizada observando e classificando as amostras com notas de 0 a 4, considerando o dano causado pela ação do cupim. A espécie controle (Pinus) representa o aspecto da maior nota (nota 4), todas as notas seguem a seguinte relação: 0 = nenhum dano; 1 = dano superficial; 2 = dano moderado; 3 = dano acentuado; e 4 = dano profundo.

### **3.7 Avaliação da cor da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) com e sem tratamento químico.**

Para avaliação da característica de cor da madeira de *K. senegalensis* (Mogno Africano), *K. ivorensis* (Mogno Africano) e *C. brasiliense* (Guanandi), foi realizada a avaliação da cor da madeira sem preservativo químico e com preservativo químico.

Foram utilizados 30 amostras de cada espécie, sendo 10 sem preservativo químico, 10 com CCA-C e 10 com IPBC+Cipermetrina. Cada amostra com as dimensões 100 x 75 x 30 mm foi lixada com lixa de grã 120 para ter a superfície lisa e sem imperfeições (Figura 17). As amostras foram climatizadas em estufa a 12% de umidade.

**Figura 17 – Amostras preparadas para ensaio de cor na madeira, demonstrando a peça bruta inacabada com a rugosidade natural e o processo de lixamento.**



Foram feitas avaliações, que seguem a metodologia de análise da coloração pelo sistema CIE  $L^*a^*b^*$  seguindo a norma ASTM E-308 (1999).

As amostras aclimatadas foram submetidas à quantificação do seu padrão de cores a partir do uso do equipamento Espectrofotômetro portátil da marca BYK Gardner, modelo CD-6834, com diâmetro de área de medição 11mm e ângulo de geometria óptica de  $8^\circ$  (Figura 18). O espectrofotômetro foi calibrado para leituras com iluminante D65 (luz do dia) e grau de observador de  $10^\circ$ .

**Figura 18 – Calibração e uso do Espectrofotômetro Portátil para coleta de informações colorimétricas de madeira.**



O equipamento faz a leitura das tonalidades de cores da madeira no sistema aditivo de CIE  $L^*a^*b^*$  (Commision Internationale L'Eclairage – CIE que propõe o sistema Lab). Sendo que  $L^*$  (Luminosidade), as variáveis  $a^*$  e  $b^*$  são variáveis cromáticas que representam:  $a^*$ , o espectro de cores no eixo X entre verde e vermelho, e a variável  $b^*$  representa a variação no eixo Y no espectro entre azul e amarelo, o valores de saturação de cor (C) e o ângulo de tinta (h).

A partir das coletas do espectrofotômetro, foram calculadas as reduções ou aumento em cada parâmetro de cor da madeira, correlacionando a cor da madeira natural com a cor da madeira após o tratamento químico, seguindo as Equações 9 a 14.

$$\Delta L^* = L_F^* - L_I^* \quad (9)$$

$$\Delta a^* = a_F^* - a_I^* \quad (10)$$

$$\Delta b^* = b_F^* - b_I^* \quad (11)$$

$$\Delta E^* = E_F^* - E_I^* \quad (12)$$

$$\Delta C^* = C_F^* - C_I^* \quad (13)$$

$$\Delta h^0 = h_F^0 - h_I^0 \quad (14)$$

sendo:

$\Delta L^*$  - alteração de redução ou aumento no brilho da madeira tratada quimicamente;

$\Delta a^*$  - alteração de redução ou aumento no eixo vermelho-verde da cor da madeira tratada quimicamente;

$\Delta b^*$  - alteração de redução ou aumento no eixo amarelo-azul da cor da madeira com tratada quimicamente;

$\Delta E^*$  - alteração de redução ou aumento na cor da madeira tratada quimicamente;

$\Delta C^*$  - alteração de redução ou aumento da saturação da cor da madeira tratada quimicamente;

$\Delta h^0$  - alteração de redução ou aumento da tonalidade da madeira tratada quimicamente;

$L_I^*$ ,  $a_I^*$ ,  $b_I^*$  - parâmetros colorimétricos das madeiras sem tratamento químico;

$L_F^*$ ,  $a_F^*$ ,  $b_F^*$  - parâmetros colorimétricos das madeiras com tratamento químico.

### 3.8 Análise estatística

Para todas as variáveis estudadas, foi aplicado o teste de normalidade de dados do tipo Kolmogorov-Smirnov. Os resultados considerados normais foram avaliados por métodos paramétricos, os resultados não normais foram avaliados por métodos não paramétricos.

Para a análise estatística do experimento, que caracteriza a massa específica básica, a penetração de produto químico na madeira e a variáveis colorimétricas da avaliação de cor da madeira, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizados (DIC), adotado o método de análise de variância (ANOVA). Para comparação simples entre as médias, foi aplicado o teste estatístico de Tukey a 5% de significância dos dados.

Para análise estatística do índice de rachadura, retenção de produto químico na madeira, resistência da madeira a fungos e resistência da madeira a cupins foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis, com aplicação da comparação de médias a 5% de significância dos dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Determinação da massa específica básica da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi)

A análise da massa específica básica das espécies *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) mostrou que não houve diferença estatística em árvores jovens, plantadas comercialmente (Tabela 8). O teste estatístico foi considerado normal pela análise de Kolmogorov-Smirnov com ponto crítico menor que D teste  $p < d = 0,71$ .

Outro fator observado nesse experimento foram os índices de rachadura de topo de tora, teste estatístico foi considerado normal pela análise de Kolmogorov-Smirnov com ponto crítico menor que D teste  $p < d = 0,45$ .

**Tabela 8 – Massa Específica básica e índice de rachadura de toras da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) do desbaste de um plantio comercial**

Espécie	N	C.V. (%)	Massa Específica Básica (g/cm <sup>3</sup> )	N	C.V. (%)	Índice de Rachadura de Toras (%)
<i>Khaya ivorensis</i>	10	8,11	0,453 a	20	70,29	17,69 a
<i>Calophyllum brasiliense</i>	10	19,36	0,480 a	20	77,50	12,20 a
<i>Khaya senegalensi</i>	10	4,86	0,516 a	20	89,96	16,57 a
CV (%)			13,04			77,98

Onde: Letras minúsculas representam a comparação estatística por Tukey a 5% de probabilidade

Observando os valores de densidade, a espécie *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) tem em média 0,453 g/cm<sup>3</sup>, o *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) 0,480 g/cm<sup>3</sup>, e *Khaya senegalensis* (Mogno Africano) 0,516 g/cm<sup>3</sup>. Com a Classificação de Marques et al., (1997) *K. ivorensis* e *C. brasiliense* (Guanandi) são consideradas Madeira Leve, e *K. senegalensis* é considerada Madeira de Média densidade.

A tendência de *K. senegalensis* ser mais densa que *k. ivorensis* (0,588 e 0,491 g/cm<sup>3</sup> respectivamente) também foi observado por França (2014), mesmo que esse autor tenha trabalhado com amostras de 19 anos.

Nos resultados do IRT (Índice de Rachadura de Tora) desse experimento, a

espécie *K. ivorensis* apresentou CV 70,29% com uma variação de IRT entre 0,0 e 44,0%, com média de 17,69%, a espécie *K. senegalensis* CV 89,96% e IRT entre 0,5 e 56,9%, com média de 16,57% e *C. brasiliense* CV 77,50% e IRT entre 0,0 e 34,4%, com média de 12,20%.

Embora outro resultado demonstre resultado diferente para essa espécie, com IRT médio de 0,20% avaliando a espécie *K. ivorensis* aos 19 anos (VIDUARRE et al., 2017). Assim é possível supor que o índice de rachadura encontrado nas espécies *K. ivorensis*, *K. senegalensis* e *C. brasiliense* aos 7 anos pode ter sido influenciado pela idade.

Os defeitos de rachadura da madeira estão relacionados com as tensões de crescimento da madeira e também com a forma com que as madeiras são secas, rachaduras são mais evidentes com processos de secagem inadequados (LEPAGE, et al., 2017). O que possibilita a reflexão de que um processo de adequação da secagem pode diminuir os efeitos de IRT identificados para as espécies estudadas.

Quanto ao índice de rachadura de toras IRT, Trevisan et al. (2014) evidenciam que a rachadura de topo tende a ser maior na base da árvore, diminuindo proporcionalmente ao longo do fuste da árvore. No presente experimento, as amostras de *K. ivorensis*, *K. senegalensis* e *C. brasiliense* foram retiradas da base da árvore, o que pode também ter influenciado no resultado.

Segundo Trevisan (2010), toras de *Eucalyptus grandis* de 18 anos de idade apresentaram índice de rachadura de topo 1,6% para árvores dominantes e 1,2% para árvores centrais. Comparando com os resultados obtidos nesse experimento, é possível observar que as toras de *K. ivorensis*, *K. senegalensis* e *C. brasiliense* aos 7 anos tendem a rachar mais que um *E. grandis* mais velho (18 anos).

#### **4.2 Relação da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) com a preservação química**

O tratamento preservativo com produto químico CCA-C mostrou que as espécies avaliadas têm diferença significativa entre si, quanto à porcentagem de área tratada/penetração e quanto à retenção desse produto químico.

Sendo que a espécie *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) teve a maior penetração dentre as espécies avaliadas com cerca de 85% do lenho preservado.

As espécies *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) (48,6%) e *Khaya senegalensis* (Mogno Africano) (57,1%) diferiram pouco entre si, sem efeito estatístico de diferença, mostrando a similaridade de espécies com o mesmo gênero (Tabela 9).

**Tabela 9 – Penetração e retenção de solução preservativa CCA-C em madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi).**

Espécie	N	C.V. (%)	Penetração: área tratada (%)	N	C.V. (%)	Retenção (kg I.A./m <sup>3</sup> )
<i>Khaya ivorensis</i>	10	73,80	48,58 a	10	47,72	2,54 a
<i>Calophyllum brasiliense</i>	10	20,37	85,17 b	10	18,85	8,57 b
<i>Khaya senegalensi</i>	10	63,41	57,18 ab	10	45,00	2,78 a

Onde: Letras minúsculas representam a comparação estatística a 5% de probabilidade

A tabela 9 evidencia que a retenção de produto químico hidrossolúvel foi menor nas espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (2,54 e 2,78 kg I.A./m<sup>3</sup>) quando comparado com *C. brasiliense* (8,57 kg I.A./m<sup>3</sup>).

Observamos que as duas espécies com menor penetração (*K. ivorensis*, 48,58% e *K. senegalensis* 57,18%) também foram as espécies que menos tiveram retenção (*K. ivorensis*, 2,54 kg I.A./m<sup>3</sup> e *K. senegalensis* 2,78 kg I.A./m<sup>3</sup>), e que a espécie com maior penetração de produto químico (*C. brasiliense* 85,17%) também foi a espécie que mais reteve produto químico (*C. brasiliense* 8,57 kg I.A./m<sup>3</sup>). Lepage et al. (2017) explica que o processo de retenção do produto químico CCA na madeira se dá, principalmente, pela formação de ligações químicas com a lignina e a celulose, sendo que antes disso é preciso que ocorra um fluxo líquido do produto químico para a parte interna da madeira, caracterizado pela penetração do produto químico.

O autor Lepage et al. (2017) elucida que o fluxo de líquido nas folhosas ocorre por vasos e por traqueídeos radiais. Segundo França et al. (2015), as espécies apresentam vasos pouco numerosos (*K. senegalensis*, frequência = 8,8 poros/mm<sup>2</sup> e diâmetro médio = 98,7 µm e *K. ivorensis* = 5,9 poros/mm<sup>2</sup> e diâmetro médio = 132,3 µm) e também os raios são pouco numerosos (*K. senegalensis* frequência 4,2 raios/mm<sup>2</sup> e *K. ivorensis* 5,6 raios/mm<sup>2</sup>). E, segundo Barreiros et al. (2016), a espécie *C. brasiliense* apresenta frequência de vasos 7,4 poros/mm<sup>2</sup> com diâmetro médio 114,4 µm.

Com a proximidade dos valores de diâmetro e frequência de poros expostos acima, é provável que a diferenciação anatômica não seja explicação plausível para a diferença de absorção de produto químico nessa madeira. Embora França (2014) tenha identificado porosidade difusa nas amostras das espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* e tenha identificado a presença de gomas obstruindo vasos. À exemplo de que Silva et al. (2010) descreveram para outra espécie, onde a madeira de *C. citriodora* com porosidade 29,25% apresentou 3,29% de extrativos e permeabilidade 347 cm<sup>3</sup>/(cm.atm.s) no alburno e porosidade 20,59% 14,47% de extrativos e permeabilidade 0 cm<sup>3</sup>/(cm.atm.s) no cerne.

Apesar do resultado de porcentagem de lenho preservado ter demonstrado que as espécies de *Khaya* sp. apresentam metade do lenho tratado, a avaliação visual da qualidade do tratamento demonstrou uma dificuldade em manter regularidade dessa preservação. As espécies de *Khaya* sp. não tiveram nenhuma penetração total nos corpos de prova, e juntas tiveram 4 casos de penetração nula (Tabela 10).

**Tabela 10 – Qualidade da penetração de produto químico CCA-C em peças cilíndricas de madeira tratadas em autoclave industrial pelo processo de célula cheia.**

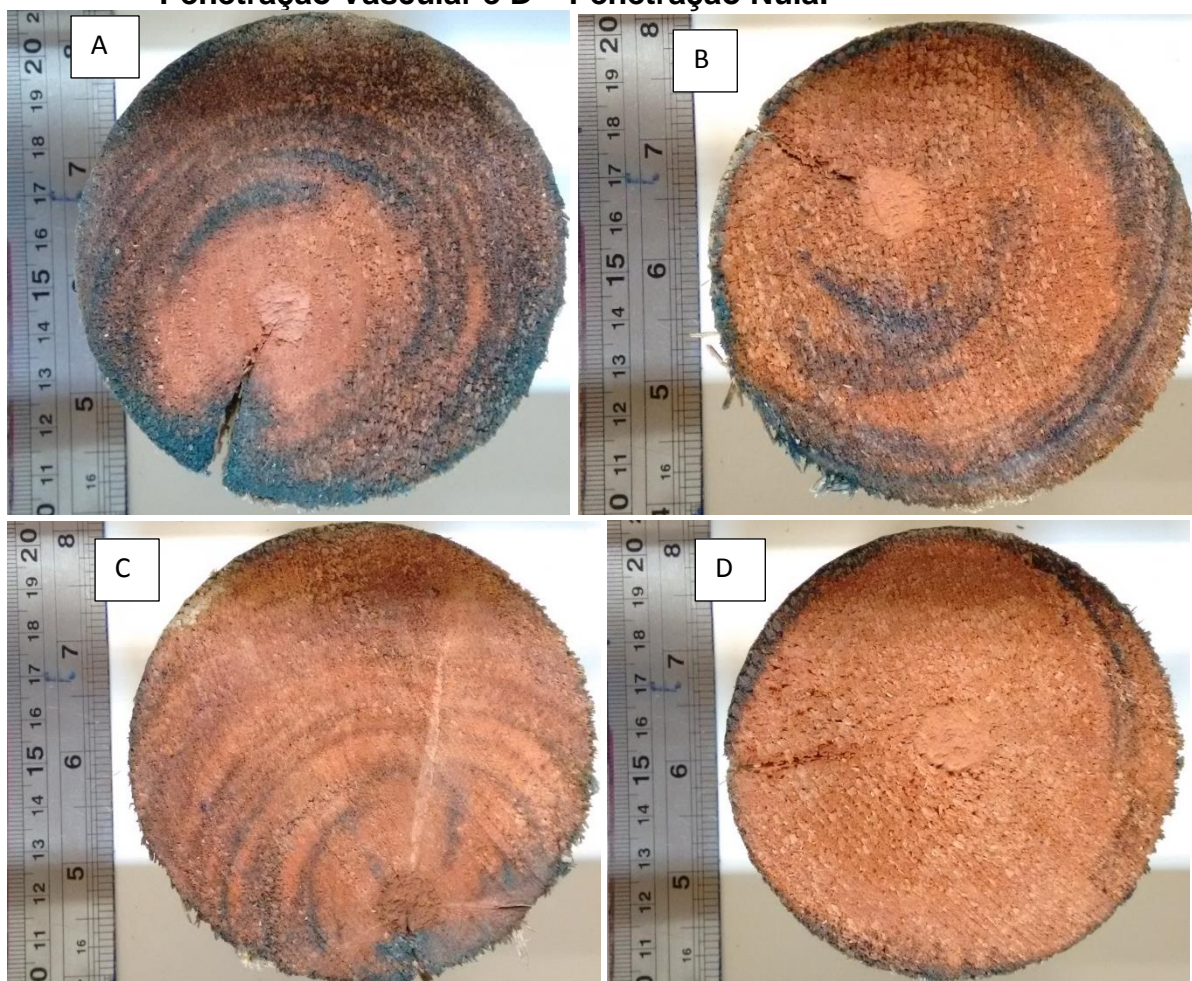
Espécie	Qualidade da penetração	Frequência Absoluta (unid.)	Frequência Relativa (%)
<i>Khaya ivorensis</i> (Mogno Africano)	PT	0	0,0
	PP	2	20,0
	PI	5	50,0
	PV	0	0,0
	PN	3	30,0
<i>Calophyllum brasiliensis</i> (Guanandi)	PT	4	40,0
	PP	4	40,0
	PI	2	20,0
	PV	0	0,0
	PN	0	0,0
<i>Khaya senegalensis</i> (Mogno Africano)	PT	0	0,0
	PP	0	0,0
	PI	7	70,0
	PV	2	20,0
	PN	1	10,0

Sendo: PT = Penetração total; PP = Penetração Parcial Periférica; PI = Penetração Irregular; PV = Penetração Vascular; e PN = Penetração Nula

Os resultados corroboram com o proposto por Falesi e Buena (1999), indicando que as espécies *K. senegalensis* e *K. ivorensis* são difíceis de impregnar com produto químico. A presença de goma obstruindo vasos, identificada por França (2014), explica a dificuldade de penetração, consequentemente causando uma dificuldade na impregnação.

A Figura 19 ilustra alguns resultados referentes à revelação com cromoazurol (revelador de cromo), indicando a presença de produto químico em madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*.

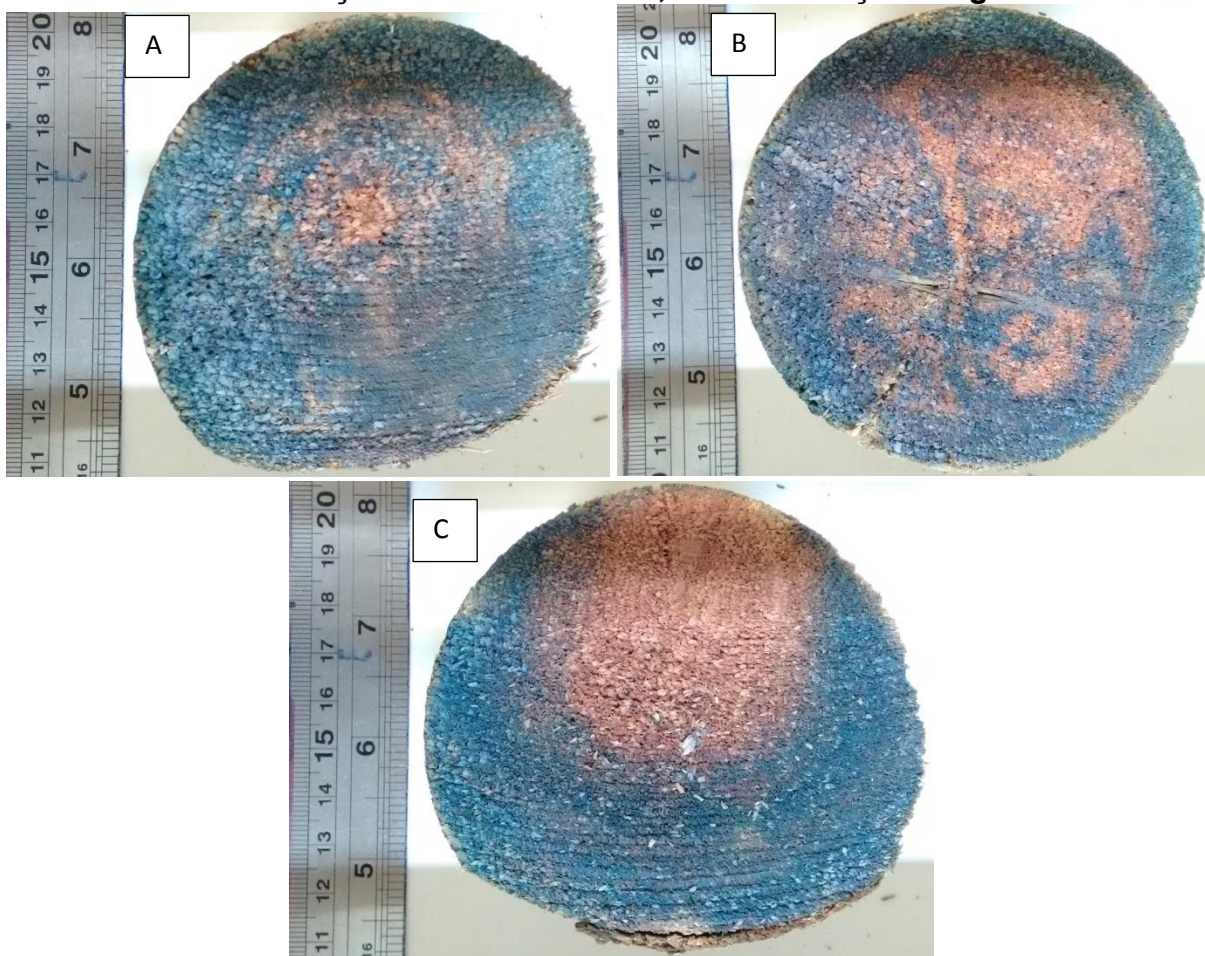
**Figura 19 – Amostras de madeira de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* submetidas ao teste de penetração de produto químico, identificando A – Penetração Parcial Periférica; B – Penetração Irregular, C – Penetração Vascular e D – Penetração Nula.**



A Figura 19 demonstra o resultado da penetração de produto químico hidrossolúvel CCA-C na madeira de *Khaya* sp. evidenciando a presença de Cromo em partes do lenho após o processo de preservação. E, nesses exemplos, fica demonstrado a dificuldade de penetração desse produto químico nessas condições.

Para a espécie *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) o tratamento preservativo foi satisfatório, por ter permitido a penetração de uma grande parte do lenho, inclusive com peças que apresentaram penetração total. A Figura 20 ilustra alguns resultados referentes à revelação com cromoazurol (revelador de cromo), indicando a presença de produto químico em madeiras de *C. brasiliense*.

**Figura 20 – Amostras de madeira de *C. brasiliense* submetidas ao teste de penetração de produto químico, identificando A – Penetração Total; B – Penetração Parcial Periférica; C – Penetração Irregular.**



Apesar de utilizar outra técnica de tratamento, Carvalho (1994) observou que da madeira de *C. brasiliense* apresenta cerne com difícil preservação pelo método do banho quente-frio, enquanto que o alburno é moderadamente preservável.

Até a década de 90 acreditava-se que a madeira de *C. brasiliense* apresentava baixa permeabilidade pela presença de óleo-resina e tilos obstruindo parcialmente seus poros, tornando assim difícil o tratamento sob pressão (RAMOS e LAGOS, 1988; MAINIERI e CHIMELO, 1989; CARVALHO, 1994). Fato que não ficou evidenciado nesse experimento.

### 4.3 Resistência da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) a fungos xilófagos nas espécies *Pycnoporus sanguineus* e *Gloephyllum trabeum*.

Determinou-se o efeito do preservativo químico na resistência da madeira à degradação por fungos xilófagos e a resistência natural dessa madeira, aos mesmos agentes degradadores. Com isso, foi observado que para a madeira sem tratamento não existe diferença estatística entre as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* na degradação por fungos *Pycnoporus sanguineus*. A espécie *C. brasiliense* se diferenciou estatisticamente das demais espécies estudadas. Também foi observado, que não existe diferença estatística entre as espécies *K. ivorensis*, *C. brasiliense* e *K. senegalensis* na degradação natural por fungo *Gloephyllum trabeum*. O uso dos preservativos químicos CCA-C e IPBC + Cipermetrina causou um efeito positivo na resistência à degradação dessas espécies, diminuindo consideravelmente a perda de massa, os resultados são apresentados nas Tabelas 11 e 12.

**Tabela 11 – Efeito da preservação química e a comparação entre espécies na perda de massa em ensaio de degradação por fungo *Pycnoporus sanguineus* no método de ensaio de degradação tipo “Soil-Block”.**

Espécie	Perda de massa – Tratamentos (%)								
	Sem químico			CCA-C			IPBC + Cipermetrina		
	N	D.P. (%)	(%)	N	D.P. (%)	(%)	N	D.P. (%)	(%)
<i>Khaya ivorensis</i>	10	10,05	38,90 B c	10	1,04	0,87 A b	10	0,53	0,08 A a
<i>Calophyllum brasiliense</i>	10	6,14	19,92 A c	10	0,80	0,92 AB b	10	0,34,	0,07 A a
<i>Khaya senegalensis</i>	10	6,10	36,30 B c	10	1,12	2,06 B b	10	0,71	0,78 B a

Onde: Letras maiúscula - espécies e letras minúscula – tratamentos, representam a comparação estatística a 5% de probabilidade

**Tabela 12 – Efeito da preservação química e a comparação entre espécies na perda de massa em ensaio de degradação por fungo *Gloephyllum trabeum* no método de ensaio de degradação tipo “Soil-Block”.**

Espécie	Perda de massa – Tratamentos (%)								
	Sem químico			CCA-C			IPBC + Cipermetrina		
	N	D.P. (%)	(%)	N	D.P. (%)	(%)	N	D.P. (%)	(%)
<i>Khaya ivorensis</i>	10	6,40	38,15 A b	10	0,75	0,45 A a	10	0,34	0,36 A a
<i>Calophyllum brasiliense</i>	10	6,20	38,79 A b	10	0,89	0,98 A a	10	0,36	0,38 A a
<i>Khaya senegalensis</i>	10	7,51	32,40 A b	10	1,17	1,69 A a	10	0,54	0,72 A a

Onde: Letras maiúscula - espécies e letras minúscula – tratamentos, representam a comparação estatística a 5% de probabilidade

A Tabela 11 evidencia que a perda de massa em corpos de prova preservados com CCA-C variou entre 0,87 e 2,06% e em corpos de prova com IPBC + Cipermetrina variou entre 0,07 e 0,78%, resultados que garantem significativamente que os preservativos são eficientes nas espécies *K. ivorensis*, *C. brasiliense* e *K. senegalensis*. A Tabela 12 evidencia que o fungo *G. trabeum* criou um efeito de perda de massa não significativo para todas as três espécies de madeira preservadas quimicamente. Comprovando o citado por Lepage et al. (2017), referindo-se ao IPBC e ao CCA-C como produtos com ação fungicida.

O efeito do produto químico é notável, reduzindo a degradação da madeira à índices muito baixos. Para as 3 espécies estudadas *K. ivorensis*, *C. brasiliense* e *K. senegalensis* houve diferença significativa entre amostras preservadas e amostras não preservadas. Observando a nomenclatura de classificação da ASTM D-2017 (2006a), temos todas as amostras preservadas com CCA-C e IPBC+Cipermetrina, das 3 espécies, classificadas como Muito Resistente (MR) à degradação por fungos xilófago *P. sanguineus* e *G. trabeum*.

As amostras sem preservativos químicos tiveram perda de massa mais acentuada, 19,9% para *C. brasiliense*, 36,3% para *K. senegalensis* e 38,9% para *K. ivorensis* quando submetidas ao *P. sanguineus*. E perda de massa 38,79% para *C. brasiliense*, 38,16% para *K. senegalensis* e 32,40% para *K. ivorensis*, quando submetidas ao *Gloeophyllum trabeum*.

Ficou caracterizado a diferença de degradação do *C. brasiliense* sem tratamento químico, com perda de massa 19,92% quando submetido a *P. sanguineus* e 38,79% quando submetido a *G. trabeum*, os fungos agirão de forma diferente na madeira. Segundo Lepage et al. (2017), o fungo de podridão parda (*G. trabeum*) age quebrando a molécula de celulose para se alimentar, deixando o resíduo pardo da lignina. O fungo de podridão branca (*P. sanguineus*). degradam todos os componentes da parede celular, embora em alguns casos degrade preferencialmente a lignina, restando a celulose quase intacta, o que confere a coloração esbranquiçada.

Seguindo a classificação da ASTM D-2017 (2006a), a espécie *C. brasiliense* sem preservativo químico foi classificada como Resistente (R) à degradação por fungo xilófago *P. sanguineus* e de Resistência Moderada (RM) ao *G. trabeum*. As espécies *K. senegalensis* e *K. ivorensis* foram classificadas como de Resistência Moderada (RM) à degradação por fungo xilófago *P. sanguineus* e *G. trabeum*.

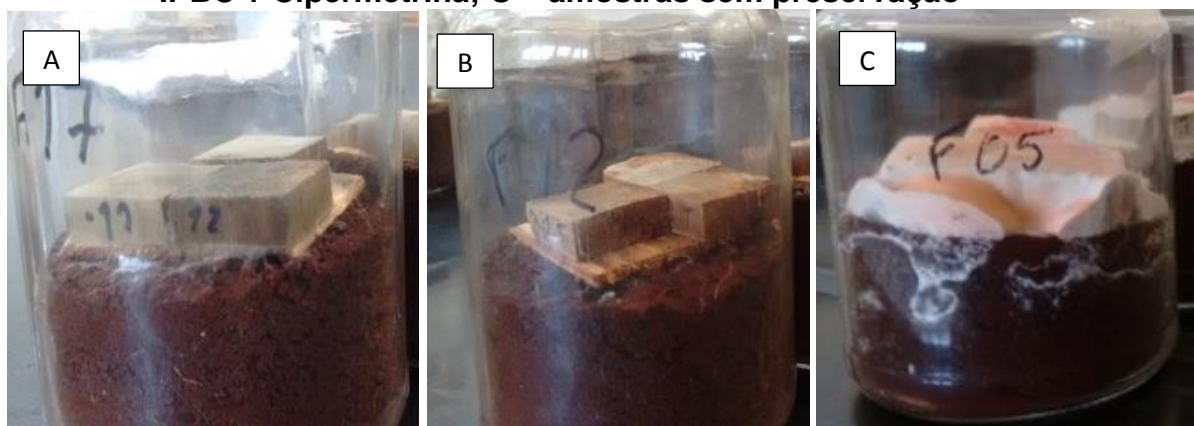
A perda de massa das espécies de *Khaya* sp. está acima do citado em literatura, embora a referência que se pode citar tenha trabalhado com árvores mais velhas, 19 anos. Realizando ensaios em laboratório, França (2014) observou que não há diferença estatística na perda de massa entre cerne e albúrnio com médias de perda de massa 28,18% para *K. ivorensis* e 28,86% para *K. senegalensis* quando submetidos a fungos de podridão parda (*Postia placenta*). O mesmo comportamento ocorreu com fungo de podridão branca (*Trametes versicolor*), com médias de perda de massa 28,27% para *K. ivorensis* e 24,31% para *K. senegalensis*.

Não foi encontrado um precedente na literatura, comparativo da espécie *C. brasiliense*, reflexo da baixa quantidade de literatura de referência sobre as características dessa espécie.

Na comparação com a espécie *E. grandis*, observamos que as espécies de *K. senegalensis* e *K. ivorensis* apresentam degradação ligeiramente superior e a espécie *C. brasiliense* apresenta degradação abaixo daquela espécie conhecida, quando submetidas ao fungo *P. sanguineus*. Segundo Calonego (2009), a perda de massa de *E. grandis* é 34,32%. E segundo Rocha (2011), a perda de massa de *E. grandis* é 25,94%.

No caso desta pesquisa as amostras tratadas quimicamente não permitiram o desenvolvimento dos fungos nos frascos, enquanto que os frascos com amostras sem tratamento tiveram uma colonização dos fungos. Esse efeito ficou evidente desde a observação visual dos frascos (Figura 21).

**Figura 21 – Amostras de madeira submetidas a ensaio de degradação por fungo *Pycnoporus sanguineus* demonstrando a diferença entre amostras tratadas e sem tratamento químico: A – representa amostras preservadas com CCA-C; B – amostras preservadas com IPBC + Cipermetrina; C – amostras sem preservação**



Efeito observado na Figura 21 reforça o resultado da análise da perda de massa das amostras apresentado anteriormente. Fica visível que após 12 semanas de incubação o produto químico preservativo fez o efeito positivo de evitar a ação do fungo sobre a madeira tratada. O efeito exemplificado para o fungo *P. sanguineus* também foi observado nos frascos com *G. trabeum*, e foi identificado nos frascos com CCA-C e nos frascos com IPBC+Cipermetrina.

No caso do produto químico CCA-C, este apenas impediu a perda de massa da madeira pelo fungo, embora tenha permitido que o fungo tivesse contato com a madeira e continuasse vivo. O que pode ser explicado pela estabilidade física do produto quando reage com a madeira. Segundo Lepage et al. (2017), esse produto químico reage com a madeira criando produtos estáveis  $\text{CuCrO}_4$ ,  $\text{CrAsO}_4$ ,  $\text{Cr(OH)}_4\text{CrO}_4$  e  $\text{Cu}^{2+}$ . Esses produtos conferem baixa lixiviação do produto químico CCA-C.

A ação acética do produto químico à base de IPBC + Cipermetrina sobre o ambiente do frasco, criando, inclusive, a mortalidade dos esporos de fungo que haviam colonizado a placa alimentadora de *Pinus*. Com 7 dias de ensaio, as amostras de madeira preservadas com IPBC + Cipermetrina já haviam criado uma linha divisória nítida que pode ser visualizada na Figura 22.

**Figura 22 – Caracterização da reação de isolamento do fungo causado por amostras preservadas com produto químico IPBC+Cipermetrina.**

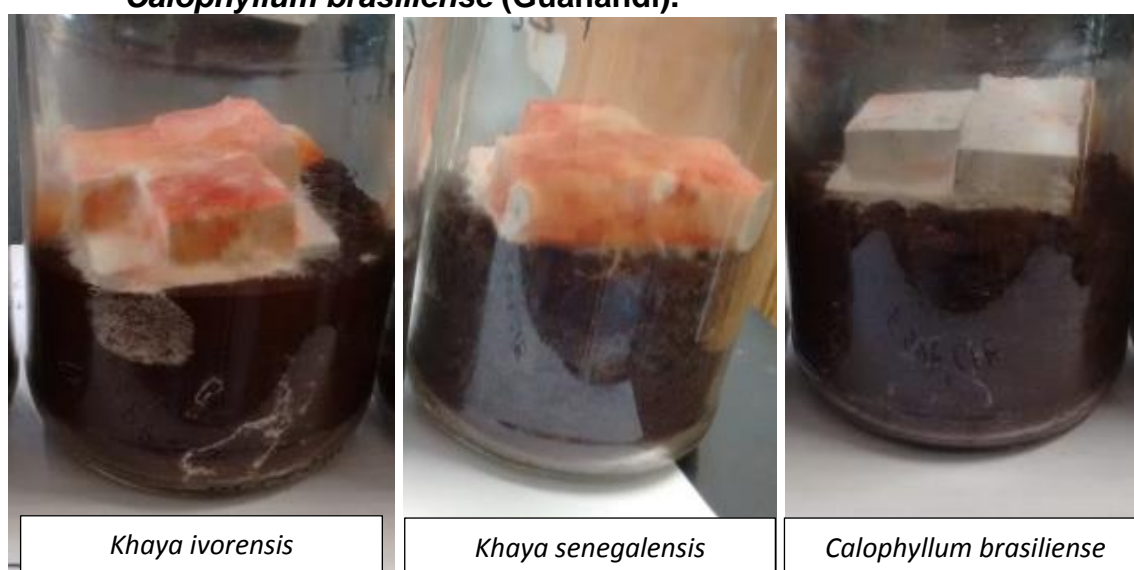


O produto químico IPBC + Cipermetrina foi mais eficiente que o CCA-C, repetidamente nas três espécies submetidas a degradação de *P. sanguineus*. A degradação dos corpos de prova tratados com CCA-C nas espécies *K. ivorensis*, *C. brasiliense* e *K. senegalensis* foram respectivamente 0,87, 0,92 e 2,06%, a degradação dos corpos de prova tratados com IPBC + Cipermetrina nas espécies *K. ivorensis*, *C. brasiliense* e *K. senegalensis* foram respectivamente 0,08, 0,07 e 0,78%. O produto químico IPBC, segundo Lepage et al. (2017) é indicado para profilaxia de madeiras, essa ação de prevenir ou atenuar fica evidente na Figura 28 quando observada a ação do fungicida.

Esse efeito citado não é preocupante do ponto de vista da saúde humana para quem tem contato com o produto, pois segundo o IBAMA (2017), o composto comercial desse produto químico, chamado de TI-20, é classificado pela ANVISA com classe toxicológica III – Medianamente tóxico.

Observando visualmente as amostras sem produto químico em todos os frascos das espécies de *Khaya* sp., o fungo se desenvolveu até atingir a coloração avermelhada, característica do *Pycnoporus sanguineus*, enquanto que nos frascos com *C. brasiliense* o mesmo fungo se desenvolveu menos, com as diferenças visíveis demonstradas na Figura 23.

**Figura 23 – Caracterização da reação de desenvolvimento de fungo *Pycnoporus sanguineus* em amostras de madeira de *Khaya ivorensis* (Mogno Africano), *Khaya senegalensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi).**



Observando a Figura 23 é possível identificar o desenvolvimento do fungo entre as amostras sem tratamento químico de *C. brasiliense* e de espécies do gênero *Khaya* sp.. Todos os frascos da espécie *C. brasiliense* tiveram o desenvolvimento inferior do fungo quando comparado com as outras espécies, onde os corpos de prova foram todos tomados pelo fungo. A diferença de desenvolvimento é nítida por ter ficado menos avermelhado e com menor volume de crescimento do fungo *P. sanguineus* nas amostras de *C. brasiliense*. A perda de massa de *C. brasiliense* foi 19,92%, enquanto as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* perderam, respectivamente, 38,90 e 36,30% da sua massa inicial. Com as amostras submetidas ao fungo *Gloeophyllum trabeum*, essa diferenciação não ficou evidente visualmente, tão pouco ficou evidente a diferenciação numérica da perda de massa. Essa constatação reclassifica a indicação de Lorenzi (2008) e Flores (2010), afirmando que a madeira de *C. brasiliense* tem boa durabilidade natural a fungos, sendo que para o fungo *G. trabeum* houve maior susceptibilidade.

#### **4.4 Resistência da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) ao cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*.**

A análise da susceptibilidade das espécies *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) ao cupim *Cryptotermes brevis*, em amostras com e sem preservativos químicos, identificou que existe influência do produto químico no comportamento do inseto e que existe influência da espécie na ação do cupim.

A primeira característica observada foi a mortalidade rápida de indivíduos que estavam em contato com o produto químico IPBC+Cipermetrina. Após 1 hora de contato com a amostra impregnada com esse produto, os insetos já demonstravam desorientação e comportamento atípico, característicos de intoxicação. Após 7 horas de contato já não havia mais movimentação dos insetos, aparentando mortalidade de todos os indivíduos em todas as amostras. O inseticida piretróide cipermetrina é o responsável por essa ação rápida. Segundo Lepage et al. (2017), a cipermetrina é um inseticida piretróide não sistêmico que atua por contato e ingestão, o que o torna um cupinicida por excelência.

Ao final do período de 60 dias de contato, não houve ataque nas amostras com IPBC+Cipermetrina, mais de 97,5% dos cupins já estavam mortos nas amostras com CCA-C e os cupins ainda demonstravam grande atividade nas amostras sem preservativo químico. A tabulação dos resultados é apresentada na Tabela 13.

**Tabela 13 – Efeito do tratamento preservativo no ataque de *Cryptotermes brevis* na madeira de *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*.**

Espécie	Tratamento	Perda massa (%)	Nota desgaste média	Mortalidade insetos (%)
<i>Khaya ivorensis</i>	Sem Tratamento	0,71 b AB (62,89)	3,60 b BC (14,34)	51,0 b AB (25,44)
	IPBC+Cipermetrina	0,03 a (210,90)	0,00 a (-)	100 a (0,0)
	CCA-C	0,00 a (-)	0,00 a (-)	99,5 a (1,06)
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Sem Tratamento	1,34 b B (52,45)	4,00 b C (0,0)	35,5 c A (29,47)
	IPBC+Cipermetrina	0,09 a (206,26)	0,00 a (-)	100 a (0,0)
	CCA-C	0,21 a (129,72)	0,00 a (-)	97,5 b (3,2)
<i>Khaya senegalensis</i>	Sem Tratamento	0,28 a A (118,54)	2,30 b A (21,0)	60,0 b B (32,45)
	IPBC+Cipermetrina	0,00 a (-)	0,00 a (-)	100 a (0,0)
	CCA-C	0,13 a (110,75)	0,00 a (-)	99,25 a (1,70)
Pinus	Testemunha	2,14 AB (112,19)	3,20 B (38,41)	45,5 AB (32,84)

Onde: Letras minúscula – comparação entre os três tratamentos de cada espécie (Não compara tratamentos entre espécies). Letra maiúscula – comparação da testemunha com as demais espécies (na condição sem tratamento químico). Coeficiente de Variação entre parentes (C.V%). Nota 0 = nenhum dano; Nota 1 = dano superficial; Nota 2 = dano moderado; Nota 3 = dano acentuado; e Nota 4 = dano profundo

A Tabela 13 evidencia a eficiência dos produtos químicos preservativos, as amostras com produto IPBC+Cipermetrina tiveram nota de desgaste 0 e mortalidade 100% dos insetos em todas as repetições. As amostras com produto CCA-C tiveram nota de desgaste 0 em todas as repetições, mas 9 repetições ainda apresentavam entre 1 e 3 insetos vivos. A sobrevivência desses insetos pode estar relacionada com a ação do produto químico preservativo, pois segundo Lepage et al. (2017), o CCA-C é um produto que ao se fixar na madeira só é retirado pela ingestão de um agente xilófago. Enquanto a Cipermetrina é um inseticida que age por contato ou ingestão, assim o inseto passa a ter uma absorção pelo tarso da pata, o que explica também a velocidade de paralização de 7 horas.

Segundo a classificação da ASTM 3345 (2006b), é possível diferenciar as espécies e tratamentos quanto à mortalidade de *C. brevis*. As amostras preservadas com IPBC+Cipermetrina causaram mortalidade Total – 100% dos cupins. As amostras preservadas com CCA-C causaram mortalidade Alta – 67 a 99% dos cupins. As amostras de *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense* sem preservativo químico causaram uma mortalidade Moderada – 34 a 66% dos cupins.

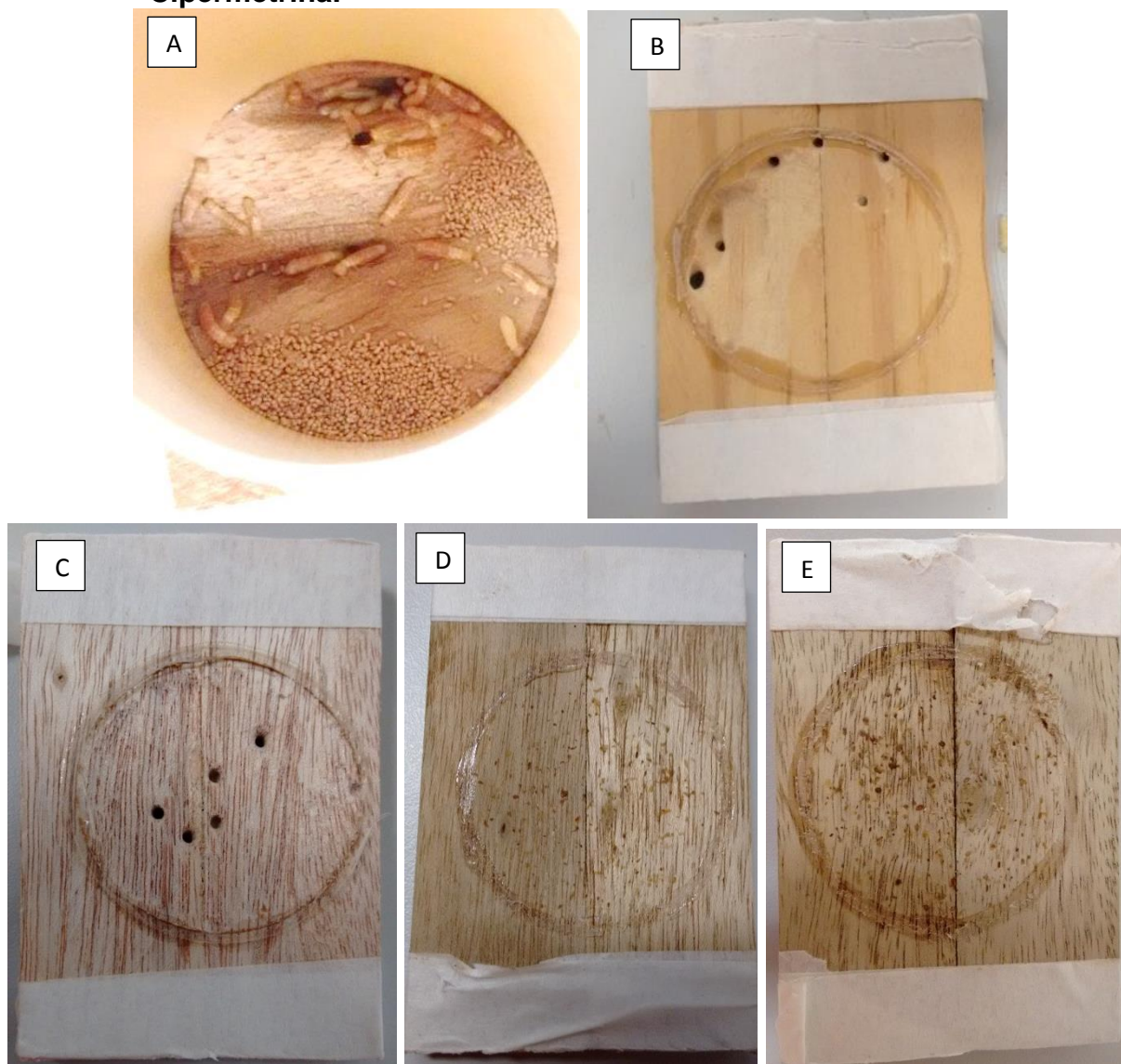
Realizando ensaios de susceptibilidade a cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), França (2014) observou que não há diferença estatística na mortalidade de insetos, nota de desgaste e número de orifícios entre cerne e alborno das espécies avaliadas. Com médias de mortalidade 38,18% para *K. ivorensis* e 40,00% para *K. senegalensis*; com médias de desgaste 1,49 para *K. ivorensis* e 1,71 para *K. senegalensis*; e médias de número de orifícios 0,14 para *K. ivorensis* e 0,00 para *K. senegalensis*. Esses resultados são comparáveis aos encontrados por essa pesquisa, apresentados na Tabela 14.

Com o presente estudo, fica evidente que a espécie *C. brasiliense* (1,34% de perda de massa) é consideravelmente mais susceptível ao ataque de *C. brevis* do que a espécie controle (Pinus) (2,14% de perda de massa). Evidenciado por ter nota de desgaste média e superior e por apresentar mortalidade de insetos inferior a espécie controle (Pinus).

Coneglian (2011) observando o lenho juvenil e lenho adulto caracterizou a perda de massa de *Hevea brasiliensis* sob a ação de *C. brevis* com perda de massa respectiva de 9,42 e 13,85%, e nota de desgaste média respectiva de 2,78 e 3,39%. Rocha (2011) observando a relação de degradação de *E. grandis* sob a ação de *C. brevis* identificou mortalidade média de 45,94% e nota de desgaste média de 3,62.

Os resultados do material controle de Pinus de Rocha (2011) são muito próximos ao desse experimento, na avaliação de porcentagem de mortalidade de cupins (presente 45,5%, Rocha 49,06%) e na avaliação de nota de desgaste média (presente 3,2, Rocha 3,75). Na Figura 24 é possível observar o ataque de *C. brevis* na amostra controle.

Figura 24 – Caracterização do comportamento de *Cryptotermes brevis* em ensaio de resistência a cupins em amostra sem preservativo químico; B - danos causados em amostras controle Pinus; C - danos causados em amostras Sem tratamento; D - danos causados em amostras com CCA-C; E - danos causados em amostras com IPBC + Cipermetrina.



#### 4.5 Variação de coloração de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) tratados quimicamente com CCA-C e IPBC+Cipermetrina.

A aplicação do preservativo químico CCA-C e o IPBC+Cipermetrina alteram o padrão de cores da madeira. De forma específica, cada preservativo tem um efeito

característico que diferencia a cor da madeira tratada com cada um dos produtos químicos, as especificidades são apresentadas na Tabela 14.

**Tabela 14 – Efeito do tratamento preservativo nas variáveis colorimétrica das espécies Mogno africano e Guanandi**

<i>Khaya ivorensis</i>												
Tratamento	L*	$\Delta L^*$	a*	$\Delta a^*$	b*	$\Delta b^*$	E*	$\Delta E^*$	c	$\Delta C^*$	h	$\Delta h$
Sem Tratamento	71,75c (3,37)	--	7,14c (15,41)	--	16,32a (11,36)	--	73,96c (3,06)	--	17,82a (11,72)	--	66,42a (2,64)	--
IPBC + Cipermetrina	64,84b (4,13)	-6,90	8,91b (25,73)	1,77	21,46b (17,04)	5,14	69,01b (3,27)	-4,94	23,26b (18,04)	5,43	67,64a (3,55)	1,22
CCA-C	59,64a (2,36)	-12,10	4,02a (22,23)	-3,11	18,57a (5,20)	2,26	62,61a (1,80)	-11,34	19,02a (5,82)	1,20	77,84b (2,75)	11,42
<i>Calophyllum brasiliense</i>												
Tratamento	L*	$\Delta L^*$	a*	$\Delta a^*$	b*	$\Delta b^*$	E*	$\Delta E^*$	c	$\Delta C^*$	h	$\Delta h$
Sem Tratamento	65,70b (4,84)	--	6,84b (9,31)	--	15,66a (8,07)	--	67,90b (4,65)	--	17,09a (7,98)	--	66,35a (1,89)	--
IPBC + Cipermetrina	63,69b (4,56)	-2,01	7,43b (15,63)	0,58	19,36b (12,46)	3,71	67,04b (4,00)	-0,86	20,71b (12,89)	3,62	69,01b (2,21)	2,66
CCA-C	59,55a (3,47)	-6,14	4,73a (8,55)	-2,11	17,29ab (7,61)	1,63	62,22a (2,80)	-5,68	16,82a (18,79)	-0,27	74,65c (1,15)	8,29
<i>Khaya senegalensis</i>												
Tratamento	L*	$\Delta L^*$	a*	$\Delta a^*$	b*	$\Delta b^*$	E*	$\Delta E^*$	c	$\Delta C^*$	h	$\Delta h$
Sem Tratamento	68,73c (8,71)	--	8,15c (13,22)	--	18,12a (5,71)	--	71,59b (7,89)	--	19,85a (6,03)	--	65,78a (4,03)	--
IPBC + Cipermetrina	63,24b (8,00)	-5,49	9,63b (14,51)	1,48	22,69b (14,81)	4,58	67,98b (7,19)	-3,61	24,67b (14,19)	4,82	66,89a (3,43)	1,11
CCA-C	55,95a (8,75)	-12,78	4,11a (15,07)	-4,04	18,81a (7,64)	0,70	59,21a (7,96)	-12,38	19,26a (7,62)	-0,59	77,63b (2,11)	11,85

Onde: Letras minúsculas representam a comparação estatística entre tratamentos comparados por Tukey a 5% de probabilidade. O  $\Delta$  representa redução ou aumento do tom de cor da madeira tratada quimicamente em comparação com a madeira *in natura*.

Observando a Tabela 14, verifica-se que as espécies *K. ivorensis*, *K. senegalensis*. e *C. brasiliense* apresentaram, respectivamente, brilho L\* de 71,75, 68,73 e 65,70 e parâmetros de cor a\* 7,14, 8,15 e 6,84, b\* 16,32, 18,12 e 15,66, E\* 73,96, 71,59 e 67,90, c\* 17,82, 19,85 e 17,09, e h° 66,42, 65,78 e 66,35. Porém esses resultados podem apresentar algumas variações baseada na quantidade de extrativos e na posição em que a madeira é retirada da árvore. Segundo Mori et al., (2004) o teor de extrativos presente na madeira afeta mais os parâmetros de cor do

que o teor de lignina. Em clones *Eucalyptus* spp., o teor de extrativos totais apresenta uma correlação positiva com os parâmetros  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$ , e uma correlação negativa com a claridade ( $L^*$ ) e a tonalidade ( $h^\circ$ ). Mori et al., (2005) indicam o fato de que a madeira de clones de *Eucalyptus* spp se apresenta mais clara e menos avermelhada, menos saturada e com menor tonalidade em direção ao topo do fuste. Observando que os padrões colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$  da madeira retirada a 1,30 m de altura, foram respectivamente 72,96, 9,79, 19,85, 22,27 e  $64,01^\circ$ , enquanto que na madeira retirada a 2,80 m de altura, as mesmas avariáveis foram de 74,84, 9,15, 19,17, 21,36 e  $64,69^\circ$ .

As espécies *K. ivorensis*, *K. senegalensis*. e *C. brasiliense* apresentam naturalmente brilho  $L^*$ , respectivo de 71,75, 68,73 e 65,70, todas madeiras mais claras que *Tabebuia impetiginosa* (ipê roxo), *Mezilaurus itauba* (itaúba), *Manilkara huberi* (maçaranduba), *Bagassa guianensis* (tatajuba) e *Couratari sp.* (tauari). Segundo Silva et al. (2007), os valores de  $L^*$  das espécies são tatajuba 47,09, tauari 50,43, ipê-roxo 34,67, maçaranduba 35,74 e a itaúba 43,22.

Sendo que a forma de acabamento (uso de plaina ou lixa de granulometria 80, 120, 180 e 220) associada com o intemperismo altera a coloração natural da madeira. Em estudo com a espécie *K. ivorensis*, a cor da madeira após o processo de envelhecimento causa  $\Delta E$  de 9,44 quando utilizado acabamento com plaina e  $\Delta E$  9,24 quando utilizado acabamento com lixa 220 (PACE, 2013; PACE et. al., 2014).

Observando a Tabela 14, verifica-se que o produto químico CCA-C cria uma variação no brilho  $\Delta L^*$  de -12,78, -12,1 e -6,14, respectivamente, nas espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*, caracterizando um escurecimento na madeira tratada com esse preservativo químico. O CCA-C causou também uma variação de variação  $\Delta a^*$  de -4,04, -3,11 e -2,11, respectivamente, nas espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*, caracterizando um uma cor mais verde na madeira tratada com esse preservativo químico. Embora a aplicação do CCA-C não tenha alterado significativamente a variação do parâmetro entre amarelo e azul com  $\Delta b^*$  de 0,7, 2,26 e 1,63, respectivamente, nas espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*.

Para os resultados apresentados nessa pesquisa, os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  diminuíram com a presença do CCA-C na madeira, porém, o parâmetro  $b^*$  teve variação não significativa nas espécies estudadas, *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*, quando comparado com a madeira natural (sem aplicação de

preservativo químico CCA-C). Segundo Brito (2017), o tratamento preservativo com CCB altera significativamente os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $E^*$ ,  $h^\circ$  e  $c^*$ . Sendo que em 8 diferentes espécies *Eucalyptus* sp. apresentaram redução nos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Segundo Romagnoli et al. (2013), os níveis colorimétricos  $b^*$  na espécie *Tabebuia serratifolia* estão associados aos teores de alguns compostos extraíveis da madeira, mais especificamente a naftoquinonas, o lapachol e a desidro $\alpha$ -lapachona. Por esse motivo, acredita-se que as espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense* tenham apresentado o resultado diferente das espécies de *Eucalyptus* sp.

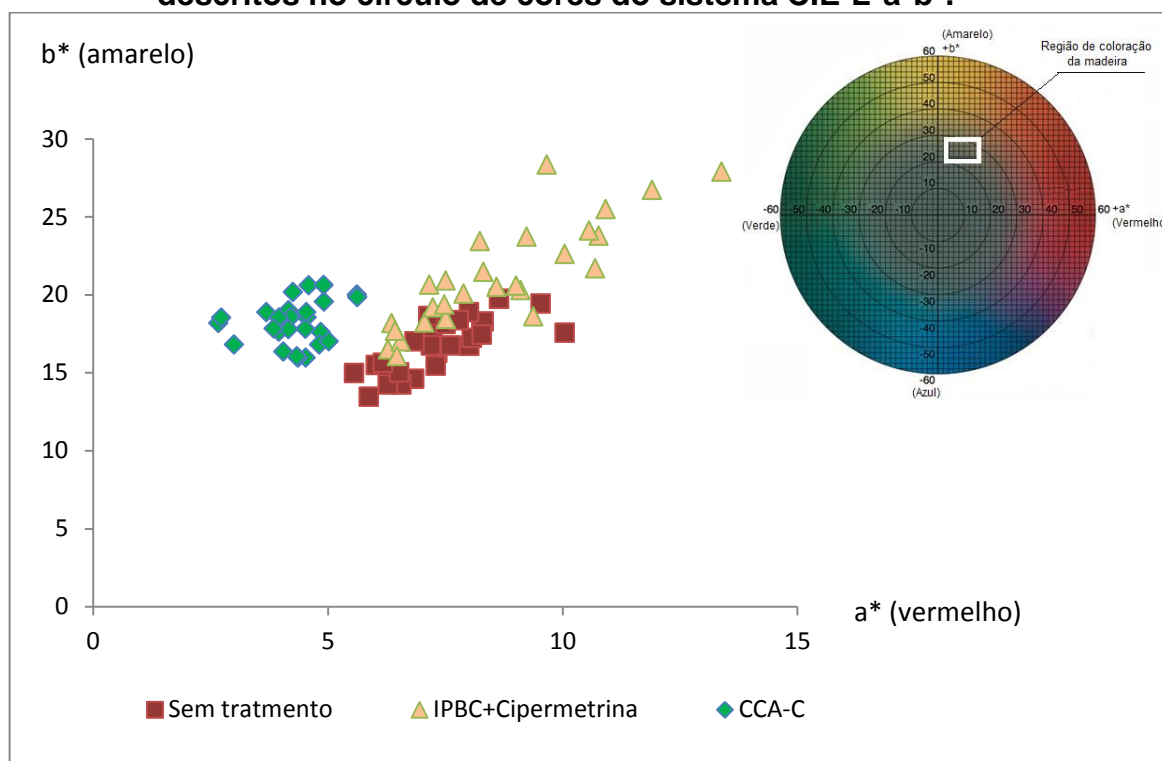
O CCA-C causou alteração na cor  $\Delta E^*$  de -12,38, -11,34 e -5,68, respectivamente, nas espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*, e causou alteração na tonalidade  $\Delta h^*$  de 11,85, 11,42 e 8,29, respectivamente, nas espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense*. Esse produto químico não causou alteração na saturação de cor nas espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *C. brasiliense* com, respectivamente,  $\Delta c^*$  de -0,59, 1,20 e -0,27.

A aplicação do produto químico IPBC+Cipermetrina não causou alteração estatística o brilho e na variável entre verde e vermelho da espécie *C. brasiliense*, com  $\Delta L^*$  de -2,01 e  $\Delta a^*$  de 0,58. O produto químico alterou a variável  $b^*$  deixando a madeira mais vermelha com  $\Delta b^*$  de 3,71, alterou também saturação da cor de  $\Delta c^*$  3,62 e a tonalidade  $\Delta h^*$  de 2,66 na espécie *C. brasiliense*.

Os padrões colorimétricos das espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* foram influenciados pelo produto químico IPBC+Cipermetrina com alteração no brilho  $\Delta L^*$  de -5,49 e -6,9, respectivamente, alteração na variável  $\Delta a^*$  de 1,48 e 1,77,  $\Delta b^*$  de 4,58 e 5,14, na saturação de cor  $\Delta c^*$  de 4,82 e 5,43. Esse produto químico não alterou significativamente a tonalidade,  $\Delta h^*$  de 1,11 e 1,22 da madeira de *K. senegalensis* e *K. ivorensis*.

Em termos gráficos, o efeito dos tratamentos preservativos com CCA-C e IPBC+Cipermetrina nas variáveis colorimétricas  $a^*$  e  $b^*$  podem ser observados na Figura 25.

**Figura 25 – Efeito do tratamento preservativo nas variáveis colorimétrica  $a^*$   $b^*$  descritos no círculo de cores do sistema CIE- $L^*a^*b^*$ .**



Todos os resultados das amostras ocupam uma área pequena na variação cromática possível. Nessa área ocupada as amostras tratadas com CCA-C ficaram mais à esquerda (próxima ao eixo vertical) na escala  $a^*$  Verde-Vermelho.

As amostras tratadas com produto químico IPBC + Cipermetrina ficaram espalhadas em uma área que começa onde estão as amostras sem preservativo químico e terminam em um ponto mais alto na escala  $b^*$  (amarelo) e mais à direita na escala  $a^*$  (vermelho).

## 5 CONCLUSÕES

No estudo para qualificar e classificar as características de degradação da madeira e penetração e retenção de produto químico em processo tratamento em autoclave da madeira de *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi), jovem, aos 7 anos, proveniente de desbaste de floresta comercial, concluiu-se que:

- a) A espécie *Khaya senegalensis* (Mogno Africano) tem classificação de massa específica básica como madeira de peso médio com  $0,516 \text{ g/m}^3$ , enquanto que *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) e *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) são classificadas como madeira leve, respectivamente  $0,453$  e  $0,480 \text{ g/cm}^3$ .
- b) A espécie *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) tem relação de penetração e retenção de produto hidrossolúvel adequado para classes de risco 4, quando submetido a procedimento de preservação sob pressão.
- c) As espécies *Khaya senegalensis* (Mogno Africano), *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) apresentam baixa penetração e baixa retenção de produto hidrossolúvel quando submetido a procedimento de preservação sob pressão.
- d) A aplicação de preservativo químico CCA-C (Arseniato de Cobre Cromatado - tipo C) altera a cor da madeira deixando-a mais escura ( $\Delta L^*$  negativo) e deixa a madeira com tom mais verde ( $\Delta a^*$  negativo).
- e) A aplicação de preservativo químico IPBC+Cipermetrina altera a cor da madeira de *Khaya senegalensis* e *Khaya ivorensis* (Mogno Africano) deixando-a mais escura ( $\Delta L^*$  negativo) e deixa a madeira com tom de cor mais vermelha ( $\Delta a^*$  positivo) e mais amarela ( $\Delta b^*$  positivo).
- f) A aplicação de preservativo químico IPBC+Cipermetrina não altera significativamente a cor da madeira de *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) na variável colorimétrica de luminosidade (brilho)  $\Delta L^*$  e na variação entre verde e vermelho  $\Delta a^*$ , embora altere a cor para mais amarela ( $\Delta b^*$  positivo).
- g) O uso de produtos químicos preservativos a base de CCA-C (Arseniato de Cobre Cromatado - tipo C) e IPBC+Cipermetrina são eficientes soluções na prevenção da ação de fungo degradador *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum* e na prevenção da ação de cupins de madeira seca *Cryptotermes brevis*.

- h) A espécie *Calophyllum brasiliense* pode ser classificada como resistente (R) a ação do fungo xilófago *Pycnoporus sanguineus* e classificada como de resistência moderada (RM) a *Gloeophyllum trabeum*.
- i) As espécies *Khaya senegalensis* e *Khaya ivorensis* podem ser classificadas como de resistência moderada (RM) a ação do fungo xilófago *Pycnoporus sanguineus* e a *Gloeophyllum trabeum*.



## REFERÊNCIAS

ABREU, R. L. S.; SALES-CAMPOS, C.; HANADA, R. E.; VASCONCELLOS, J.; FREITAS, J. A. Avaliação de Danos por Insetos em Toras Estocadas em Industrias Madeiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.26, n.6, p.789 – 796, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-16143**: preservação de madeira – sistema de categorias de uso. São Paulo, 2013. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6232**: Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão. Rio de Janeiro, 2013. 20p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7190**: Projeto de Estrutura de Madeira. São Paulo, 1997. 107 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2017**: standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Annual Book of ASTM Standards. v. 4.10, West Conshohocken, 2006a.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-3345**: standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. Annual Book of ASTM Standards. v. 4.10, West Conshohocken, 2006b.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D 4445-03**: standard test method for fungicides for controlling sapstain and mold on unseasoned lumber (laboratory method). Philadelphia, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM E-308**. Standard practice for computing the colors of objects by using the CIE system. West Conshohocken: ASTM International, 32p., 1999.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D 2017**: standard test method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Annual Book of ASTM standard, v.0410, p. 324-328, 1994.

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION (AWPA), 2007. **AWPA Book of Standards 2009: Method A11-93 Standard Method for Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by Atomic Absorptio Spectroscopy**, Birmingham, Alabama USA, 2007.

BARREIROS, R. M.; AMARAL, S. S.; MATOS, C. A. O. de; COSTA, A. S. ESTUDO QUANTITATIVO DA VARIAÇÃO ESTRUTURAL MORFOLÓGICA NA MADEIRA DE *Calophyllum brasiliense*. **Revista Cerne**, V. 22, n. 1, p. 77-84, 2016.

BOUÇAS, C. **Cresce plantio comercial de madeira de lei no país**. Seagri (Secretaria da agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura). Valor Econômico, Salvador – BA, 2006. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/noticias/2006/05/25/cresce-plantio-comercial-de-madeira-de-lei-no-pa%C3%ADs> Ultimo acesso em 08/01/2018.

BRAZOLIN, S.; LANA, E. L.; MONTEIRO, M. B. B.; LOPEZ, G. A. C.; PLETZ, E. Preservação da Madeira – Sistemas de Classes de Risco. **MADEIRA Arquitetura e Engenharia**. vol. 5, nº 13, 2004, 13p.

BRITO, A.F. **Resistencia da madeira de várias espécies de eucalipto a organismos xilófagos e intemperismo após tratamento com CCB por substituição de seiva**. Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Tese (Doutorado), 2017, 122p.

BULTMAN, J. D. Reserarch at the Naal Research of Workshop on Biodeterioration of tropical Woods: na overview. In: Bultman, J. D. (Ed.), **Proceeding of Workshop on Biodetermination of Tropical Woods: Chemical Basis for Natural Resistence**. Naval Research Labotarory, Washington DC, pg. 1-6, 1976.

CALONEGO, F. W. **Efeito da termorreificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Tese (Doutorado), 2009, 149p.

CAMARGOS, J A. A.; GONÇALEZ, J. C. A Colorimetria Aplicada como Instrumento na Elaboração de uma Tabela de Cores de Madeira **Brasil Florestal**, Nº 71, setembro de 2001

CARLI, E; RIBEIRO, E. S.; BATISTA, B. M. F.; PASSA, M. C.; de SOUZA, R. A. T. M. ASÉCTOS QUÍMICO, BOTÂNICO E ETNOBOTÂNICO DA ESPÉCIE *Calophyllum brasiliense* Cambess. **Biodiversidade**, V. 11, n. 1, 2012, p. 43 – 56.

CARVALHO, P. E. R.; “**Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**”. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CONEGLIAN, A. **Efeito da resistência natural e tratamentos químicos no lenho juvenil e adulto de *hevea brasiliensis* mull. arg. ao fungo manchador *Botryodiplodia theobromae* e cupim *Cryptotermes brevis***. Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Tese (Doutorado), 2011, 141p.

DAGA, J. **Caracterização físico-mecânica da madeira de lenho juvenil de *Calophyllum brasiliense* (guanandi) proveniente de desbaste**. Garça-SP, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal – FAEF, Monografia, 2012, 37p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SP, Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 2006, 306p.

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.

FEIST, W. C.; MRAZ, E. A. Comparasion of Outdoor and Accelerated Weathering of Unprotected Softwoods. **Forest Products Journal**. v. 28, n. 3, p. 38-42, 1978.

FINDLAY, E. P. K., Durability of African Mahogany – *Khaya ivorensis*. **Empire Forestry Review**, v. 36, n. 1, p. 91-93, March 1957.

FLINTA, C.M.; “**Practicass de plantacion forestal en America Latina**”. Roma: FAO (Cuadernos de Fomento Forestal, 15), 1960. 498p.

FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense* Cambess. Academia Nacional de Ciências da Costa Rica, Costa Rica, Part II – Spécies Description, p. 353 – 356. In: **MANUAL DE SEMILLAS DE ÁRBOLES TROPICALES**. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Serviço Florestal, 894p., 2010.

FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; BRAÚNA, E. E. P. Características Anatômicas e Propriedades Físico-Mecânicas das Madeiras de Duas Espécies de Mogno Africano. **Revista CERNE**, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015.

FRANÇA, T. S. F. A. **Características tecnológicas da madeira de duas especies de mogno africano (*Khaya Ivorensis* A. Chev E *Khaya Senegalensis* (Desr.) A. Juss)**. Jerônimo Monteiro – ES, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Dissertação, 2014, 105p.

FUKUMOTO, H. K. **Caracterização dendrométrica do Mogno Africano *Khaya senegalensis***. Garça-SP, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal – FAEF, Monografia, 2011, 25p.

GALVÃO, A. P. M.; MAGAHÃES, W. L. E.; de MATTOS, P. P. **Processos práticos para preservar a madeira**. Colombo – PR: Embrapa Floresta, 2004, 49p. (Embrapa Floresta, Documentos 96).

GONÇALEZ, J.C.; JANIN, G.; SANTORO, A.C.S.; COSTA, A.F. da; VALLE, A.T. do. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Brasil Florestal**, n.72, p.47-58, 2001.

GLOBO RURAL. **Guanandi surge como opção para reflorestamento com madeira de lei**. Portal G1 globo.com, 09/2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2011/09/guanandi-surge-como-opcao-para-reflorestamento-com-madeira-de-lei.html> Ultimo acesso 08/01/2018.

HANADA, R. E.; SALES-CAMPOS, C.; ABREU, R. L. S.; PFENNING, L. Fungos Emboloradores e Manchadores de Madeira em Toras Estocadas em Indústrias Madeireiras no Município de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista ACTA AMAZONICA**, n. 33, v. 3, p 483-488, 2003.

Holdridger, L. 1996. **Ecologia basada en zona de vida**. San José, Costa Rica IICA. 260 p

IBAMA, **PRODUTOS PRESERVATIVOS DE MADEIRA REGISTRADOS NO IBAMA**. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 2017. Último acesso 04/01/2018, Disponível em: <http://ibama.gov.br/preservativos-de-madeiras/produtos-preservativos-de-madeiras-registrados-no-ibama>

INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNIOLÓGICAS. **Métodos de ensaio e análise de preservação de madeira**: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae. São Paulo, 1980, 1p.

ITTO 2004. **Tropical Timber Market Report**. 1-15 March 200. International Tropical Timber Organisation, Secretariat, Yokohama, Japan.

JANIN, G.; GONCALEZ, J; ANANIAS, R.; CHARRIER, B.; FERNANDES, G.; DILEM, A. A Esthetics Appreciation of Wood Colour And Patterns By Colorimetry. Part1. Colorimetry Theory For The Cielab System. **MADERAS: CIÊNCIA Y TECNOLOGIA**, V.3, P 3-13, 2001

KONICA M. S. **Comunicação precisa da cor**. 63 p., 1998

KÖPPEN, W. **Climatlogia**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948, 317 p.

LEPAGE, E.; SALIS, A. G. de; GUEDES, E. C. R. **Tecnologia de Proteção da Madeira**. São Paulo-SP, Montana Química, 2017, 225p.

LEPAGE, E.; SALIS, A. G. de. **ATUALIZAÇÃO EM PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS – CURSO COMPACTO**. São Paulo – SP, 2015, 62p.

LIMA, F. C. C. **Avaliação de nove espécies de *Eucalyptus* spp. em tratamento preservativo industrial**. Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Dissertação (Mestrado), 2012, 82p.

LIMA, F. C. C.; GORENSTEIN, M. R. Inventário de um povoamento de *Eucalyptus citriodora* (HOOK) no município de Fernão, região Centro-Oeste – SP. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS APLICADAS DA FAEF, 10., Garça. **Anais**. Garça, 2007, v.2, p. 235-240.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 58, p. 111-125, dez. 2000.

LOPES, E.D.; UCHÔAS, E.G.; GOMES, J.M., COLLARES, R.A. Desempenho inicial no campo de mogno africano implantado em área de pastagem na região semi-árida do médio Vale do Jequitinhonha. In: **Anais II Simpósio de Integração LavouraPecuária-Floresta**; 2012; Montes Claros. Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais; 2012. p. 131-136.

LORENZI, HARRI. Árvores **Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil / Harri Lorenzi**. - Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2008. Vol 1. Ed.: 5, 98 pág.

MACHADO, J. S.; CRUZ, H.; NUNES, L. Mitos e Factos Relacionados com o Desempenho de Elementos de Madeira em Edifícios. **3º ENCORE**, LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, p. 1281 – 1290, 2003

MAGALHÃES, W. L. E.; GUIOTOKU, M. MARTINS, E. G.; SILVA, L. B. Desenvolvimento de Madeira de Grevílea Revestida com Verniz, Tinta e Stain Exposta a Intemperismo Natural. **ANAIS do 10º Encontro Brasileiro de Madeiras e em Estruturas de Madeira – EBRAMEM 2006**. São Pedro – SP, 2006, 9p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, São Paulo, 2º ed. 418p., 1989.

MARCONATO, C.; IASI, V. **Madeira de lei Australiana**. Revista Globo Rural, Abril de 2016, Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2016/04/madeira-de-lei-australiana.html> Ultimo acesso 08/01/2018.

MARQUES, M. H. B.; MELO, J. E.; MARTINS, V. A. **MADEIRAS DA AMAZÔNIA: Características e utilizações**. Brasília, IBAMA, 1997.

MARTINS, M. F., BELTRAME, R., DELUCIS, R. A., GATTO, D. A., PEDRO CADEMARTORI, H. G., SANTOS, G. A. Colorimetria como ferramenta de agrupamento de madeira de clones de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**. 2015.

MARTINS, S. A.; SANTOS, C. M. T.; GONÇALVES, J. C.; CAMARGOS, J. A. A. Envelhecimento Artificial Acelerado por Radiação Ultravioleta de Madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 87-96, jan./mar. 2011.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília – DF, IBDF/DPq-LDF, 1988, 56p.

MENDOZA, F.; DEJMEK, P.; AGUILERA, J.M. Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, p.285-295, 2006.

- MORI, C.L.S. de O.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.; TRUGILHO, P.F.; GONÇALEZ, J.C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 1, p.137-146, 2005.
- MORI, C.L.S. de O.; MORI, F.A.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA, A.C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de Eucaliptos. **Ciência Florestal**, Curitiba, v.14, n. 2, p.123-132, 2004.
- NAVARRO, E. C. Viabilidade econômica Comparativa Entre o *Calophyllum brasiliense* (Guanandi) e *Eucalyptus grandis* para serraria e processos. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Ano VI, n. 10, agosto 2007, 56p.
- PACE, J. H. C.; DIAS JÚNIOR, A. F.; CARVLHO, A. M. de; LATORRACA, J. V. de F.; SANTOS, P. V. dos. Efeito d Envelhecimento Acelerado em Duas Espécies de Folhosas na Colorimetria da Madeira. Recife – PE, **VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais**, p. 393-396; 2014.
- PACE, J. H. C. **Avaliação do acabamento superficial na madeira de *Corymbia citriodora* (HOOK) E *Khaya ivorensis* A. Chev.** Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Monografia (Conclusão de curso), 2013, 29p.
- PERES FILHO, O.; dos SANTOS, A. K. G.; DORVAL, A.; BERTI FILHO, E.; MOURA, R. G. Coleópteras em Madeira Estocada em Pátio de Serraria. **Revista Agricultura**, p. 212 – 228, 2006.
- RADIVOJEVIC, S.; COOPER, P. A. The Effects of Woos Species and Treatment Retention on Kinetics of CCA-C Fixation Reactions. **Wood Sci Technol**, nº 44, p. 269 – 282, 2010.
- RAMOS, R. F. B.; LAGOS, J. L. M.; “**Catalogo de cien especies forestales de Honduras: distribución, propiedades y usos**”. Siguatepeque: Escuela Nacional de Ciencias Forestales, 1988. 200p.
- REILLY, D. F.; ROBERTSON, R. M. **Evoluation of the wood quality and utilisation potential of plantation grow *Khaya senegalensis* (African mahogany)**. Information Booklet IB6, Australian Government - Rural Industries Research and Development Corporation, Northern Territory Government, 2006, 93p.
- RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO J. R. S. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya* spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.
- ROCHA, C. D. **Efeito da vaporização na madeira de *Eucalyptus grandis* SOBRE as suas propriedades químicas e resistência natural a fungos e cupins.** Botucatu – SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Tese (Doutorado), 2011, 121p.
- ROMAGNOLI, M.; SEGOLONI, E.; LUNA, M.; MARGARITELLI, A.; GATTI, M.; SANTAMARIA, U.; VINCIGUERRA, V. Wood colour in Lapacho (Tabebuia

serratifolia): chemical composition and industrial implications. **Wood Science and Technology**, New York, v. 47, n. 4, p. 701–716, 2013.

SILVA, C. A., MONTEIRO, M. B. B., BRAZOLIN, S., LOPEZ, G. A. C., RICHTER, A., BRAGA, M. R. Biodeterioration of brazilwood *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae - Caesalpinioideae) by rot fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, New York, v. 60, p. 285-292, 2007.

SILVA, M. R. da; MACHADO, G. O.; DEINER, L. J. ; CALIL JUNIOR, C. Permeability Measurements of Brazilian Eucalyptus. **Materials Research** (São Carlos. Impresso), v. 13, p. 281-286, 2010.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. G. M. da; ARANTES, M. D. C. Variabilidade Física E Antômica Da Madeira De *Khaya ivorensis* A. Chev. Em Diferentes Espaçamentos De Plantio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 519-526, jun. 2016.

SOTANDE, O. A.; YAGER, G. O.; ZIRA, B. D.; USMAN, A. Termiticidal Effect of Neem Extracts on the Wood of *Khaya senegalensis*. **Research Journal of Forestry**, Academic Journals Inc, 2011, 11p.

SOUZA, A. M.; de. **Estrutura genética de populações naturais de *Calophyllum brasiliense* Camb. na bacia do Alto Rio Grande**. 2006. 154 p. (Tese - Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica Sistemática - **Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005. 607 p.

TELES, R. F.; COSTA, A. F. Influência do Intemperismo acelerado nas Propriedades Colométricas das Madeiras de Angelim Pedra. **NATIVA**, Sinop, v. 02, n. 02, p. 65-70, abr./jun. 2014.

TEMIZ, A.; TERZIEV, N.; EIKENES, M.; HAFREN, J. Effect of Accelerated Weathering on Surface Chemistry of Modified Wood. **Applied Surface Science**, v. 253, n. 12, p. 5355-5362, 2007.

TEMIZ, A.; YILDIZ, U. C.; AYDIN, I.; EIKENES, M.; ALFREDSEN, G.; ÇOLAKOĞLU, G. Surface Roughness and Color Characteristics of Wood Treated With Preservatives After Accelerated Weathering. **Applied Surface Science**, v. 250, n. 1-4, p. 35-42, 2005.

TRAFFIC, International Institute of Tropical Forestry. **African Mahogany**. Disponível: <http://www.fs.fed.us> Último acesso em Dez, 2002.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; DENARDI, L. Efeito do Desbaste nas Rachaduras de Topo de Toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**. Santa Maria, V. 24, n. 1, p. 193-204, 2014

TREVISAN R. **Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** Universidade Federal de Santa Maria – UFSM-RS, Tese (Doutorado), 2010, 174 p.

TREVISAN, H.; TIEPPO, F. M. M.; CARVALHO, A. G.; LELIS, R. C. C. Avaliação de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de Cinco Espécies Florestais em Função da Deterioração em Dois Ambientes. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.31, n.1, p. 93-101, 2007.

VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M. da; CASTRO, M. de; COELHO, J. C. F.; BRITO, A. S.; MOULIN, J. C. Relação da Grã com Algumas Variáveis do Crescimento e Propriedades da Madeira de *Khaya ivorensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 45, n. 114, p. 249-259, jun. 2017.

## APÊNDICE A –Análises estatísticas avaliação da massa específica básica

Tabela de análise de Variância

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	2	0,019554	0,009777	2,765	0,0808
Erro	27	0,095461	0,003536		
Total corrigido	29	0,115015			
CV (%)	12,31				
Média geral	0,48				Número de observações: 30

Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,124709434980	Pr<D=0,710350377406
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância

Tratamentos	Média	Resultado do teste
<i>K. ivorensis</i>	0,453336	a1
<i>C. brasiliense</i>	0,479798	a1
<i>K. senegalensis</i>	0,515637	a1

## APÊNDICE B – Análises estatísticas avaliação do índice de rachaduras

<b>Teste de Kruskal-Wallis</b>	
<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Kruskal-Wallis qui-quadrado	7,34364667
Graus de Liberdade	5
P-valor	0,196311431

<b>Tabela dos Agrupamentos</b>		
<b>Fatores</b>	<b>Médias (Rank)</b>	<b>Grupos</b>
<i>Khaya ivorensis</i> Bloco 2	41,9	a
<i>Khaya senegalensis</i> Bloco2	32,1	a
<i>Calophyllum brasiliense</i> Bloco2	30,95	a
<i>Khaya senegalensis</i> Bloco1	29,4	a
<i>Khaya ivorensis</i> Bloco 1	26,95	a
<i>Calophyllum brasiliense</i> Bloco1	21,7	a

<b>Tabela de Comparações Múltiplas - FWER (Comparação Múltipla)</b>					
	<b>Diferença Observada</b>	<b>Estatística</b>	<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>	<b>P-valor ajustado</b>
11 - 12	-14,95	1,957119376	-30,26482735	0,364827352	0,777157
11 - 21	5,25	0,687282724	-10,06482735	20,56482735	0,880894
11 - 22	-4	0,52364398	-19,31482735	11,31482735	0,880894
11 - 31	-2,45	0,320731938	-17,76482735	12,86482735	0,880894
11 - 32	-5,15	0,674191625	-20,46482735	10,16482735	0,880894
12 - 21	20,2	2,644402101	4,885172648	35,51482735	0,160385
12 - 22	10,95	1,433475396	-4,364827352	26,26482735	0,880894
12 - 31	12,5	1,636387439	-2,814827352	27,81482735	0,880894
12 - 32	9,8	1,282927752	-5,514827352	25,11482735	0,880894
21 - 22	-9,25	1,210926705	-24,56482735	6,064827352	0,880894
21 - 31	-7,7	1,008014662	-23,01482735	7,614827352	0,880894
21 - 32	-10,4	1,361474349	-25,71482735	4,914827352	0,880894
22 - 31	1,55	0,202912042	-13,76482735	16,86482735	0,880894
22 - 32	-1,15	0,150547644	-16,46482735	14,16482735	0,880894
31 - 32	-2,7	0,353459687	-18,01482735	12,61482735	0,880894

### APÊNDICE C –Análises estatísticas avaliação da penetração

Tabela de análise de Variância

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	2	7319,754	3659,877082	3,885	0,0329
Erro	27	25432,35	941,939090		
Total corrigido	29				
CV (%)	48,22	32752,10			
Média geral	63,64		Número de observações: 30		

Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,169317555790	Pr<D=0,326125829738
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância

Tratamentos	Média	Resultado do teste
<i>K. ivorensis</i>	48,577252	a1
<i>C. brasiliense</i>	57,183635	a1 a2
<i>K. senegalensis</i>	85,166830	a2

### APÊNDICE D – Análises estatísticas avaliação da retenção

<b>Teste de Kruskal-Wallis</b>	
<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Kruskal-Wallis qui-quadrado	19,52
Graus de Liberdade	2
P-valor	5,77146E-05

<b>Tabela dos Agrupamentos</b>		
<b>Fatores</b>	<b>Médias (Rank)</b>	<b>Grupos</b>
Calophyllum brasiliense	25,5	a
Khaya senegalensis	11,3	b
Khaya ivorensis	9,7	b

<b>Tabela de Comparações Múltiplas - FWER (Comparação Múltipla)</b>					
	<b>Diferença</b>		<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>	<b>P-valor ajustado</b>
	<b>Observada</b>	<b>Estatística</b>			
<i>C. brasiliense</i> – <i>K. ivorensis</i>	15,8	6,772810919	11,01337262	20,58662738	0,000001
<i>C. brasiliense</i> – <i>K. senegalensis</i>	14,2	6,086956649	9,413372623	18,98662738	0,000003
<i>K. ivorensis</i> – <i>K. senegalensis</i>	-1,6	0,68585427	-6,386627377	3,186627377	0,498652

## APÊNDICE E – Análises estatísticas avaliação da fungo *P sanguineo*

<b>Teste de Kruskal-Wallis</b>	
<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Kruskal-Wallis qui-quadrado	72,48697061
Graus de Liberdade	8
P-valor	1,56895E-12

<b>Tabela dos Agrupamentos</b>		
<b>Fatores</b>	<b>Médias (Rank)</b>	<b>Grupos</b>
<i>Khaya ivorensis</i> _ Sem prod. químico	80,8	a
<i>Khaya senegalensis</i> _ Sem prod. químico	79,5	a
<i>Calophyllum brasiliense</i> _ Sem prod. químico	66,2	b
<i>Khaya senegalensis</i> _CCA	49,5	c
<i>Calophyllum brasiliense</i> _CCA	35	cd
<i>Khaya senegalensis</i> _ IPBC+Cipermetrina	32,45	d
<i>Khaya ivorensis</i> _CCA	32,3	d
<i>Khaya ivorensis</i> _ IPBC+Cipermetrina	17,25	e
<i>Calophyllum brasiliense</i> _ IPBC+Cipermetrina	16,5	e

<b>Tabela de Comparações Múltiplas - FWER (Comparação Múltipla)</b>					
	<b>Dif.Observada</b>	<b>Estatística</b>	<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>	<b>P-valor</b>
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _Sem	-31,2	5,918560737	-41,68873469	-20,71126531	0,000001
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _TI20	18,5	3,509403001	8,011265314	28,98873469	0,012518
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _CCA	2,7	0,512183141	-7,788734686	13,18873469	0,97737
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-45,8	8,688143646	-56,28873469	-35,31126531	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	17,75	3,367129906	7,261265314	28,23873469	0,018625
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. senegalensis</i> _CCA	-14,5	2,750613163	-24,98873469	-4,011265314	0,051349
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. senegalensis</i> _Sem	-44,5	8,441536949	-54,98873469	-34,01126531	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. senegalensis</i> _TI20	2,55	0,483728522	-7,938734686	13,03873469	0,97737
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>C. brasiliense</i> _TI20	49,7	9,427963738	39,21126531	60,18873469	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _CCA	33,9	6,430743878	23,41126531	44,38873469	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-14,6	2,769582909	-25,08873469	-4,111265314	0,041349
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	48,95	9,285690643	38,46126531	59,43873469	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>C. senegalensis</i> _CCA	16,7	3,167947574	6,211265314	27,18873469	0,028154
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>C. senegalensis</i> _Sem	-13,3	2,522976212	-23,78873469	-2,811265314	0,04156
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	33,75	6,402289259	23,26126531	44,23873469	0

<i>senegalensis</i> _TI20					
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _CCA	-15,8	2,99721986	-26,28873469	-5,311265314	0,039776
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-64,3	12,19754665	-74,78873469	-53,81126531	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _TI20	-0,75	0,142273095	-11,23873469	9,738734686	0,97737
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-33	6,260016164	-43,48873469	-22,51126531	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-63	11,95093995	-73,48873469	-52,51126531	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-15,95	3,025674479	-26,43873469	-5,461265314	0,039776
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-48,5	9,200326787	-58,98873469	-38,01126531	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	15,05	2,854946766	4,561265314	25,53873469	0,049183
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-17,2	3,262796304	-27,68873469	-6,711265314	0,024244
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-47,2	8,953720089	-57,68873469	-36,71126531	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-0,15	0,028454619	-10,63873469	10,33873469	0,97737
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	63,55	12,05527355	53,06126531	74,03873469	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	31,3	5,937530483	20,81126531	41,78873469	0,000001
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	1,3	0,246606697	-9,188734686	11,78873469	0,97737
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	48,35	9,171872168	37,86126531	58,83873469	0
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-32,25	6,117743069	-42,73873469	-21,76126531	0,000001
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-62,25	11,80866686	-72,73873469	-51,76126531	0
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-15,2	2,883401385	-25,68873469	-4,711265314	0,049183
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-30	5,690923786	-40,48873469	-19,51126531	0,000004
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	17,05	3,234341685	6,561265314	27,53873469	0,024718
<i>K. senegalensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	47,05	8,92526547	36,56126531	57,53873469	0

## APÊNDICE F – Análises estatísticas avaliação da fungo *G. trabeum*

<b>Teste de Kruskal-Wallis</b>	
<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Kruskal-Wallis qui-quadrado	65,75629572
Graus de Liberdade	8
P-valor	3,41952E-11

<b>Tabela dos Agrupamentos</b>		
<b>Fatores</b>	<b>Médias (Rank)</b>	<b>Grupos</b>
<i>Calophyllum brasiliense</i> _ Sem prod. químico	78,5	a
<i>Khaya ivorensis</i> _ Sem prod. químico	77,1	a
<i>Khaya senegalensis</i> _ Sem prod. químico	70,9	a
<i>Khaya senegalensis</i> _CCA-C	45,5	b
<i>Calophyllum brasiliense</i> _CCA-C	34,8	bc
<i>Khaya senegalensis</i> _ IPBC+Cipermetrina	31,5	bc
<i>Khaya ivorensis</i> _CCA-C	26,9	bc
<i>Calophyllum brasiliense</i> _ IPBC+Cipermetrina	22,4	c
<i>Khaya ivorensis</i> _ IPBC+Cipermetrina	21,9	c

<b>Tabela de Comparações Múltiplas - FWER (Comparação Múltipla)</b>					
	<b>Diferença Observada</b>	<b>Estatística</b>	<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>	<b>P-valor ajustado</b>
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _Sem	-43,7	6,988734522	-56,14135001	-31,25864999	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _TI20	12,4	1,983073411	-0,041350013	24,84135001	0,659728
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _CCA	7,9	1,263409673	-4,541350013	20,34135001	0,936464
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-42,3	6,764839137	-54,74135001	-29,85864999	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	12,9	2,063036049	0,458649987	25,34135001	0,592378
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-10,7	1,711200444	-23,14135001	1,741350013	0,936464
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-36,1	5,773302431	-48,54135001	-23,65864999	0,000003
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	3,3	0,527753408	-9,141350013	15,74135001	0,936464
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>C. brasiliense</i> _TI20	56,1	8,971807933	43,65864999	68,54135001	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _CCA	51,6	8,252144195	39,15864999	64,04135001	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _Sem	1,4	0,223895385	-11,04135001	13,84135001	0,936464
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	56,6	9,05177057	44,15864999	69,04135001	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	33	5,277534078	20,55864999	45,44135001	0,000022
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	7,6	1,215432091	-4,841350013	20,04135001	0,936464
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	47	7,51648793	34,55864999	59,44135001	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _CCA	-4,5	0,719663738	-16,94135001	7,941350013	0,936464

<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-54,7	8,747912548	-67,14135001	-42,25864999	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _TI20	0,5	0,079962638	-11,94135001	12,94135001	0,936464
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-23,1	3,694273855	-35,54135001	-10,65864999	0,006786
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-48,5	7,756375842	-60,94135001	-36,05864999	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-9,1	1,455320003	-21,54135001	3,341350013	0,936464
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-50,2	8,02824881	-62,64135001	-37,75864999	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	5	0,799626375	-7,441350013	17,44135001	0,936464
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-18,6	2,974610117	-31,04135001	-6,158649987	0,061835
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-44	7,036712104	-56,44135001	-31,55864999	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-4,6	0,735656265	-17,04135001	7,841350013	0,936464
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	55,2	8,827875185	42,75864999	67,64135001	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	31,6	5,053638693	19,15864999	44,04135001	0,000053
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	6,2	0,991536706	-6,241350013	18,64135001	0,936464
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	45,6	7,292592544	33,15864999	58,04135001	0
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-23,6	3,774236492	-36,04135001	-11,15864999	0,005481
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-49	7,83633848	-61,44135001	-36,55864999	0
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-9,6	1,535282641	-22,04135001	2,841350013	0,936464
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-25,4	4,062101987	-37,84135001	-12,95864999	0,002123
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	14	2,238953851	1,558649987	26,44135001	0,418525
<i>K. senegalensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	39,4	6,301055839	26,95864999	51,84135001	0

**APÊNDICE G –Análises estatísticas avaliação de cupim**

<b>Teste de Kruskal-Wallis</b> Mortalidade de insetos (%)	
<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Kruskal-Wallis qui-quadrado	86,70152414
Graus de Liberdade	9
P-valor	7,45589E-15

<b>Teste de Kruskal-Wallis</b> Perda de massa 0%	
<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Kruskal-Wallis qui-quadrado	54,1301767
Graus de Liberdade	9
P-valor	1,78325E-08

<b>Teste de Kruskal-Wallis</b> Maior nota de desgaste	
<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Kruskal-Wallis qui-quadrado	93,11272143
Graus de Liberdade	9
P-valor	3,8572E-16

Tabela dos Agrupamentos						
<i>Fatores</i>	Mortalidade de insetos (%)		Perda de massa 0%		Maior nota de desgaste	
	<b>Médias (Rank)</b>	<b>Grupo</b>	<b>Médias (Rank)</b>	<b>Grupos</b>	<b>Médias (Rank)</b>	<b>Grupos</b>
<i>C. brasiliense</i> _CCA-C	59,55	b	49,95	bc	31	d
<i>C. brasiliense</i> Sem prod. químico	11,7	d	89,1	a	90	a
<i>C. brasiliense</i> IPBC+Cipermetrina	75	a	38,7	c	31	d
<i>K. ivorensis</i> _CCA-C	69,4	ab	26,5	c	31	d
<i>K. ivorensis</i> Sem prod. químico	22,9	cd	74,3	ab	83,6	ab
<i>K. ivorensis</i> IPBC+Cipermetrina	75	a	29,3	c	31	d
<i>K. senegalensis</i> _CCA-C	69,05	ab	42,35	c	31	d
<i>K. senegalensis</i> Sem prod. químico	28,1	c	52,6	bc	67,7	c
<i>K. senegalensis</i> IPBC+Cipermetrina	75	a	27,1	c	31	d
Pinus_ Sem prod. químico	19,3	cd	75,1	ab	77,7	b

Tabela de Comparações Múltiplas - FWER (Comparação Múltipla) Mortalidade de insetos (%)

	Diferença		Limite Inferior	Limite Superior	P-valor ajustado
	Observada	Estatística			
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _Sem	47,85	10,71516335	38,97823821	56,72176179	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _TI20	-15,45	3,459754937	-24,32176179	-6,578238209	0,014911
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _CCA	-9,85	2,20573373	-18,72176179	-0,978238209	0,479195
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	36,65	8,207120934	27,77823821	45,52176179	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	-15,45	3,459754937	-24,32176179	-6,578238209	0,014911
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-9,5	2,127357404	-18,37176179	-0,628238209	0,54188
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	31,45	7,04267267	22,57823821	40,32176179	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-15,45	3,459754937	-24,32176179	-6,578238209	0,014911
<i>C. brasiliense</i> _CCA - Pinus_Sem	40,25	9,013277424	31,37823821	49,12176179	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>C. brasiliense</i> _TI20	-63,3	14,17491828	-72,17176179	-54,42823821	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _CCA	-57,7	12,92089708	-66,57176179	-48,82823821	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-11,2	2,508042414	-20,07176179	-2,328238209	0,23685
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	-63,3	14,17491828	-72,17176179	-54,42823821	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-57,35	12,84252075	-66,22176179	-48,47823821	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-16,4	3,672490677	-25,27176179	-7,528238209	0,008552
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-63,3	14,17491828	-72,17176179	-54,42823821	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem - Pinus_Sem	-7,6	1,701885924	-16,47176179	1,271761791	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _CCA	5,6	1,254021207	-3,271761791	14,47176179	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _Sem	52,1	11,66687587	43,22823821	60,97176179	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _TI20	0	0	-8,871761791	8,871761791	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	5,95	1,332397532	-2,921761791	14,82176179	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	46,9	10,50242761	38,02823821	55,77176179	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	0	0	-8,871761791	8,871761791	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 - Pinus_Sem	55,7	12,47303236	46,82823821	64,57176179	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	46,5	10,41285466	37,62823821	55,37176179	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	-5,6	1,254021207	-14,47176179	3,271761791	1
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	0,35	0,078376325	-8,521761791	9,221761791	1
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	41,3	9,2484064	32,42823821	50,17176179	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-5,6	1,254021207	-14,47176179	3,271761791	1
<i>K. ivorensis</i> _CCA - Pinus_Sem	50,1	11,21901115	41,22823821	58,97176179	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	-52,1	11,66687587	-60,97176179	-43,22823821	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-46,15	10,33447834	-55,02176179	-37,27823821	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-5,2	1,164448263	-14,07176179	3,671761791	1
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-52,1	11,66687587	-60,97176179	-43,22823821	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem - Pinus_Sem	3,6	0,80615649	-5,271761791	12,47176179	1
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	5,95	1,332397532	-2,921761791	14,82176179	1
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	46,9	10,50242761	38,02823821	55,77176179	0
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	0	0	-8,871761791	8,871761791	1
<i>K. ivorensis</i> _TI20 - Pinus_Sem	55,7	12,47303236	46,82823821	64,57176179	0
<i>K senegalensis</i> _CCA – <i>K senegalensis</i> _Sem	40,95	9,170030075	32,07823821	49,82176179	0
<i>K senegalensis</i> _CCA – <i>K senegalensis</i> _TI20	-5,95	1,332397532	-14,82176179	2,921761791	1
<i>K. senegalensis</i> _CCA - Pinus_Sem	49,75	11,14063483	40,87823821	58,62176179	0
<i>K senegalensis</i> _Sem – <i>K senegalensis</i> _TI20	-46,9	10,50242761	-55,77176179	-38,02823821	0
<i>K. senegalensis</i> _Sem - Pinus_Sem	8,8	1,970604754	-0,071761791	17,67176179	0,725791
<i>K. senegalensis</i> _TI20 - Pinus_Sem	55,7	12,47303236	46,82823821	64,57176179	0

Tabela de Comparações Múltiplas - FWER (Comparação Múltipla) Perda de massa 0%

	Diferença Observada	Estatística	Limite Inferior	Limite Superior	P-valor ajustado
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _Sem	-39,15	4,326611087	-57,12672744	-21,17327256	0,00133
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _TI20	11,25	1,243279048	-6,726727445	29,22672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _CCA	23,45	2,591546104	5,473272555	41,42672744	0,267539
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-24,35	2,691008428	-42,32672744	-6,373272555	0,212308
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	20,65	2,282107764	2,673272555	38,62672744	0,471966
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	7,6	0,839904068	-10,37672744	25,57672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-2,65	0,292861287	-20,62672744	15,32672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	22,85	2,525237889	4,873272555	40,82672744	0,292873
<i>C. brasiliense</i> _CCA - Pinus_Sem	-25,15	2,779419383	-43,12672744	-7,173272555	0,172369
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>C. brasiliense</i> _TI20	50,4	5,569890135	32,42327256	68,37672744	0,000011
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _CCA	62,6	6,918157191	44,62327256	80,57672744	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _Sem	14,8	1,635602659	-3,176727445	32,77672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	59,8	6,608718851	41,82327256	77,77672744	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	46,75	5,166515155	28,77327256	64,72672744	0,000053
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	36,5	4,0337498	18,52327256	54,47672744	0,003791
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	62	6,851848975	44,02327256	79,97672744	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem - Pinus_Sem	14	1,547191704	-3,976727445	31,97672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _CCA	12,2	1,348267056	-5,776727445	30,17672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-35,6	3,934287476	-53,57672744	-17,62327256	0,005083
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _TI20	9,4	1,038828716	-8,576727445	27,37672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-3,65	0,40337498	-21,62672744	14,32672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-13,9	1,536140335	-31,87672744	4,076727445	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	11,6	1,281958841	-6,376727445	29,57672744	0,94728
<i>C. brasiliense</i> _TI20 - Pinus_Sem	-36,4	4,022698431	-54,37672744	-18,42327256	0,003825
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-47,8	5,282554533	-65,77672744	-29,82327256	0,000034
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	-2,8	0,309438341	-20,77672744	15,17672744	0,94728
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-15,85	1,751642036	-33,82672744	2,126727445	0,94728
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-26,1	2,884407391	-44,07672744	-8,123272555	0,137376
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	-0,6	0,066308216	-18,57672744	17,37672744	0,94728
<i>K. ivorensis</i> _CCA - Pinus_Sem	-48,6	5,370965487	-66,57672744	-30,62327256	0,000025
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	45	4,973116192	27,02327256	62,97672744	0,00011
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	31,95	3,530912496	13,97327256	49,92672744	0,019002
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	21,7	2,398147141	3,723272555	39,67672744	0,370861
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	47,2	5,216246317	29,22327256	65,17672744	0,000044
<i>K. ivorensis</i> _Sem - Pinus_Sem	-0,8	0,088410955	-18,77672744	17,17672744	0,94728
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	-13,05	1,442203696	-31,02672744	4,926727445	0,94728
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-23,3	2,57496905	-41,27672744	-5,323272555	0,268102
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	2,2	0,243130125	-15,77672744	20,17672744	0,94728
<i>K. ivorensis</i> _TI20 - Pinus_Sem	-45,8	5,061527146	-63,77672744	-27,82327256	0,000079
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-10,25	1,132765355	-28,22672744	7,726727445	0,94728
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	15,25	1,685333821	-2,726727445	33,22672744	0,94728
<i>K. senegalensis</i> _CCA - Pinus_Sem	-32,75	3,619323451	-50,72672744	-14,77327256	0,014627
<i>K. senegalensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	25,5	2,818099175	7,523272555	43,47672744	0,160349
<i>K. senegalensis</i> _Sem - Pinus_Sem	-22,5	2,486558096	-40,47672744	-4,523272555	0,309608
<i>K. senegalensis</i> _TI20 - Pinus_Sem	-48	5,304657271	-65,97672744	-30,02327256	0,000032

Tabela de Comparações Múltiplas - FWER (Comparação Múltipla) Maior nota de desgaste

	Diferença Observada	Estatística	Limite Inferior	Limite Superior	P-valor ajustado
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _Sem	-59	20,36609542	-64,75533972	-53,24466028	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>C. brasiliense</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _CCA	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-52,6	18,15689185	-58,35533972	-46,84466028	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-36,7	12,66840173	-42,45533972	-30,94466028	0
<i>C. brasiliense</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _CCA - Pinus_Sem	-46,7	16,1202823	-52,45533972	-40,94466028	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>C. brasiliense</i> _TI20	59	20,36609542	53,24466028	64,75533972	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _CCA	59	20,36609542	53,24466028	64,75533972	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _Sem	6,4	2,209203571	0,644660279	12,15533972	0,504883
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	59	20,36609542	53,24466028	64,75533972	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	59	20,36609542	53,24466028	64,75533972	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	22,3	7,697693691	16,54466028	28,05533972	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	59	20,36609542	53,24466028	64,75533972	0
<i>C. brasiliense</i> _Sem - Pinus_Sem	12,3	4,245813112	6,544660279	18,05533972	0,001005
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _CCA	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-52,6	18,15689185	-58,35533972	-46,84466028	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. ivorensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-36,7	12,66840173	-42,45533972	-30,94466028	0
<i>C. brasiliense</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>C. brasiliense</i> _TI20 - Pinus_Sem	-46,7	16,1202823	-52,45533972	-40,94466028	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _Sem	-52,6	18,15689185	-58,35533972	-46,84466028	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. ivorensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _CCA	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-36,7	12,66840173	-42,45533972	-30,94466028	0
<i>K. ivorensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>K. ivorensis</i> _CCA - Pinus_Sem	-46,7	16,1202823	-52,45533972	-40,94466028	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. ivorensis</i> _TI20	52,6	18,15689185	46,84466028	58,35533972	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _CCA	52,6	18,15689185	46,84466028	58,35533972	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _Sem	15,9	5,488490121	10,14466028	21,65533972	0,000007
<i>K. ivorensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	52,6	18,15689185	46,84466028	58,35533972	0
<i>K. ivorensis</i> _Sem - Pinus_Sem	5,9	2,036609542	0,144660279	11,65533972	0,714041
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _CCA	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-36,7	12,66840173	-42,45533972	-30,94466028	0
<i>K. ivorensis</i> _TI20 – <i>K. senegalensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>K. ivorensis</i> _TI20 - Pinus_Sem	-46,7	16,1202823	-52,45533972	-40,94466028	0
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _Sem	-36,7	12,66840173	-42,45533972	-30,94466028	0
<i>K. senegalensis</i> _CCA – <i>K. senegalensis</i> _TI20	0	0	-5,755339721	5,755339721	1
<i>K. senegalensis</i> _CCA - Pinus_Sem	-46,7	16,1202823	-52,45533972	-40,94466028	0
<i>K. senegalensis</i> _Sem – <i>K. senegalensis</i> _TI20	36,7	12,66840173	30,94466028	42,45533972	0
<i>K. senegalensis</i> _Sem - Pinus_Sem	-10	3,451880579	-15,75533972	-4,244660279	0,0153
<i>K. senegalensis</i> _TI20 - Pinus_Sem	-46,7	16,1202823	-52,45533972	-40,94466028	0

**APÊNDICE H – Análises estatísticas avaliação das variáveis colorimétricas L\***

**a\* b\* E\* c\* h\***

Tabela de análise de Variância da análise colorimétrica L\*

Tratamento	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CCA-C	2	176,6474	88,323738	7,045	0,0016
IPBC+Cipermetrina	2	663,6962	331,848117	26,47	0,0000
Sem prod. químico	2	739,7088	369,854403	29,50	0,0000
Erro	68	852,4872	12,536577		

Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,090145572791	Pr<D=0,506851819211
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica L\* na espécie *C. brasiliense*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	59,554111	a1
IPBC+Cipermetrina	63,688556	a2
Sem prod. químico	65,698222	a2

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica L\* na espécie *k. ivorensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	59,641222	a1
IPBC+Cipermetrina	64,842778	a2
Sem prod. químico	71,745889	a3

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica L\* na espécie *k. senegalensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	55,954444	a1
IPBC+Cipermetrina	63,243778	a2
Sem prod. químico	68,733333	a3

Tabela de análise de Variância da análise colorimétrica a\*

Tratamento	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CCA-C	2	36,14567	18,072836	15,29	0,0000
IPBC+Cipermetrina	2	110,1743	55,087161	46,61	0,0000
Sem prod. químico	2	146,8652	73,432633	62,13	0,0000
Erro	68	80,36399	1,181823		

## Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,090847168357	Pr<D=0,496760727770
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica a\* na espécie *C. brasiliense*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	4,734444	a1
IPBC+Cipermetrina	6,844667	a2
Sem prod. químico	7,428000	a2

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica a\* na espécie *k. ivorensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	4,021444	a1
IPBC+Cipermetrina	7,135444	a2
Sem prod. químico	8,908556	a3

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica a\* na espécie *k. senegalensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	4,114667	a1
IPBC+Cipermetrina	8,153889	a2
Sem prod. químico	9,633000	a3

Tabela de análise de Variância da análise colorimétrica b\*

Tratamento	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CCA-C	2	62,15974	31,079873	6,628	0,0023
IPBC+Cipermetrina	2	119,5168	59,758403	12,74	0,0000
Sem prod. químico	2	109,4061	54,703066	11,66	0,0000
Erro	68	318,8673	4,689226		

## Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,128516644425	Pr<D=0,127201349616
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica b\* na espécie *C. brasiliense*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	17,290333	a1 a2
IPBC+Cipermetrina	19,363444	a2
Sem prod. químico	15,655444	a1

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica b\* na espécie *k. ivorensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	18,574778	a1
IPBC+Cipermetrina	21,459444	a2
Sem prod. químico	16,318667	a1

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica b\* na espécie *k. senegalensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	18,813222	a1
IPBC+Cipermetrina	22,692222	a2
Sem prod. químico	18,116556	a1

Tabela de análise de Variância da análise colorimétrica E\*

Tratamento	GL	SQ	QM	FC	Pr>F <sub>c</sub>
CCA-C	2	168,7570	84,378539	7,654	0,0010
IPBC+Cipermetrina	2	582,1335	291,066759	26,40	0,0000
Sem prod. químico	2	729,4010	364,700546	33,08	0,0000
Erro	68	749,6736	11,024612		

## Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,076669199812	Pr<D=0,710968537633
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica E\* na espécie *C. brasiliense*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	62,216223	a1
IPBC+Cipermetrina	67,035927	a2
Sem prod. químico	67,897776	a2

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica E\* na espécie *k. ivorensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	62,613371	a1
IPBC+Cipermetrina	69,013478	a2
Sem prod. químico	73,955981	a3

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica E\* na espécie *k. senegalensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	59,207423	a1
IPBC+Cipermetrina	67,976447	a2
Sem prod. químico	71,585371	a2

Tabela de análise de Variância da análise colorimétrica c\*

Tratamento	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
CCA-C	2	85,13237	42,566188	6,438	0,0026
IPBC+Cipermetrina	2	146,8115	73,405781	11,10	0,0001
Sem prod. químico	2	158,3210	79,160515	11,97	0,0000
Erro	68	449,5997	6,611761		

## Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,127918315215	Pr<D=0,130495987991
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica c\* na espécie *C. brasiliense*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	16,817556	a1
IPBC+Cipermetrina	20,712778	a2
Sem prod. químico	17,089111	a1

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica c\* na espécie *k. ivorensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	19,022556	a1
IPBC+Cipermetrina	23,255222	a2
Sem prod. químico	17,817444	a1

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica c\* na espécie *k. senegalensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	19,264778	a1
IPBC+Cipermetrina	24,670333	a2
Sem prod. químico	19,852889	a1

Tabela de análise de Variância da análise colorimétrica h<sup>o</sup>

Tratamento	GL	SQ	QM	FC	Pr>F <sub>c</sub>
CCA-C	2	322,7160	161,358012	57,70	0,0000
IPBC+Cipermetrina	2	707,6670	353,833507	126,5	0,0000
Sem prod. químico	2	771,1725	385,586255	137,8	0,0000
Erro	68	190,1558	2,796409		

## Teste de Normalidade

Kolmogorov-Sminov	D=0,154749309858	Pr<D=0,036840543972
-------------------	------------------	---------------------

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica h<sup>o</sup> na espécie *C. brasiliense*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	74,645222	a3
IPBC+Cipermetrina	69,014000	a2
Sem prod. químico	66,352111	a1

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica h<sup>o</sup> na espécie *k. ivorensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	77,836222	a2
IPBC+Cipermetrina	67,635889	a1
Sem prod. químico	66,418667	a1

Teste de comparação de médias por Tukey a 5% de significância da variável colorimétrica h<sup>o</sup> na espécie *k. senegalensis*

Tratamentos	Média	Resultado do teste
CCA-C	77,631333	a2
IPBC+Cipermetrina	66,890556	a1
Sem prod. químico	65,779778	a1