

Análise da Influência do Tratamento Preservativo na Cor e Rugosidade de Superfícies de Madeiras Tropicais

Ricardo Faustino Teles^{1*}, Alexandre Florian da Costa², Mário Rabelo de Souza³

¹Coordenação de Produção Moveleira – CDPM, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – IFB, Brasília/DF, Brasil

²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF, Brasil

³Laboratório de Produtos Florestais – LPF, Serviço Florestal Brasileiro – SFB, Brasília/DF, Brasil

RESUMO

Embora os tratamentos químicos aumentem a durabilidade da madeira, efeitos indiretos são obtidos com o emprego de alguns desses produtos, como a modificação da sua cor original e alterações em sua superfície. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a superfície de três madeiras tropicais impregnadas com preservativo CCA por meio da colorimetria e da rugosidade. Três espécies de madeiras tropicais foram utilizadas, representando grupos de baixa, média e alta densidades. A cor de todas as madeiras foi alterada de forma significativa, ficando escuras, com diminuição dos pigmentos vermelhos e amarelos e com tendência ao esverdeamento da superfície. Com relação à rugosidade, todas as amostras apresentaram aumento da média aritmética da rugosidade (R_a) e da média da altura máxima (R_z), aumentando a aspereza da superfície.

Palavras-chave: colorimetria, rugosidade, CCA.

Analysis of the Preservative Treatment Influence on Tropical Timbers Surfaces Color and Roughness

ABSTRACT

Although the chemical treatments increase wood durability, there are side effects due to the use of some products, such as the change of its original color and in its surface. The present work aimed to evaluate the surface of three tropical wood species impregnated with CCA preservative using colorimetric and roughness techniques. We used three tropical wood species representing groups of low, medium and high density. The color of the wood samples changed significantly, darkening with reduction of red and yellow pigments and a tending to surface's greening. Regarding roughness, all samples showed an increase in the arithmetic mean roughness (R_a) and the mean maximum height (R_z), increasing surface roughness.

Keywords: colorimetry, roughness, CCA.

1. INTRODUÇÃO

A preservação de madeiras é definida como o conjunto de produtos, métodos, técnicas e pesquisas destinadas a alterar, medir ou estudar a durabilidade da madeira, podendo ser dividida em preservação natural, indireta, biológica e química (Cavalcante, 1983). A preservação indireta pode ser conceituada como o tratamento do meio em que a madeira está sendo utilizada; enquanto a preservação biológica envolve o emprego de organismos vivos na prevenção ao ataque dos organismos xilófagos.

Os tratamentos sob pressão são considerados os mais eficientes, em razão da distribuição e penetração do preservativo na peça tratada. Tais tratamentos são classificados em processos de célula cheia e de célula vazia, em função da maneira pela qual é feita a aplicação do preservativo nas fibras da madeira (Galvão et al., 2004; Lepage, 1986). As madeiras tratadas por esses métodos podem ser empregadas em qualquer situação, mesmo nas que apresentam alto índice de ataque por organismos xilófagos, como no caso de contato direto com o solo (Rocha, 2000).

O CCA é o preservativo hidrossolúvel de mais ampla utilização em todo o mundo. De acordo com Lepage (1986), existem três formulações básicas dessa solução: os tipos A, B e C, e todas contêm cerca de 19% de óxido de cobre (CuO). O tipo C é o mais usado por apresentar maior resistência à lixiviação e melhor desempenho no campo. O sal seco ou a solução preservativa deve ser preparado com pureza acima de 95% na base anidra.

Para Hon (2001), a cor da madeira deriva da composição química das substâncias presentes no xilema: taninos, fenóis, flavonoides, estilbenos, quinonas e outros. Essas substâncias é que conferem cores diferenciadas ao lenho. A cor, entretanto, não é estável em uma madeira, uma vez que ela tende a alterar-se com o passar do tempo, escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz, que reage com os componentes químicos como a lignina.

Segundo Camargos (1999), o sistema CIE (Comission International de L'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) é um método que define a sensação da cor e baseia-se em três elementos: a claridade ou luminosidade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade. Os elementos claridade (L^*), saturação (C)

e tonalidade (a^* , b^* ou h) definem o sistema conhecido como CIE Lab atualmente utilizado na colorimetria.

As variações existentes entre as cores estão associadas a três propriedades: a tonalidade ou matiz, que corresponde ao comprimento de onda peculiar de uma cor; a saturação ou cromaticidade, que é a medida de pureza ou intensidade de uma cor; a luminosidade ou claridade, que corresponde à graduação de claridade ou obscuridade de uma cor (González et al., 2010; Neumann & Quina, 2002).

A avaliação de uma superfície pode ser feita por meio da sua rugosidade. Por definição, a rugosidade compreende o conjunto de desvios microgeométricos, caracterizado pelas pequenas saliências e entrâncias presentes em uma superfície (ABNT, 2002). Estas irregularidades podem ser determinadas através da medição da altura, largura e forma dos picos e vales produzidos por operações de usinagem na madeira ou por suas características anatômicas.

Para Magoss (2008), a qualidade da superfície do material depende de vários fatores que podem ser relacionados tanto às propriedades da madeira como às condições de usinagem do maquinário. Entre as propriedades da madeira, podem ser citados a espécie, a densidade, o teor de umidade, bem como características anatômicas como o número, distribuição e diâmetro do lúmen das fibras, vasos e traqueídeos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a superfície de três espécies florestais tropicais frente ao uso do produto preservativo CCA por meio de técnicas colorimétricas e de rugosidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Confeção e tratamento das amostras de madeira

Para o estudo foram selecionadas três espécies de madeiras tropicais, o marupá (*Simarouba amara* Aubl.), o tauari (*Couratari* sp.) e o cumaru (*Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd.), representando os grupos de baixa, média e alta densidade, respectivamente, conforme classificação proposta por Melo et al. (1990).

Para a confecção das amostras, foram adquiridas pranchas no mercado madeireiro local de cada espécie, as quais tiveram seu teor de umidade aferido por meio de medidor de umidade elétrico capacitivo.

As amostras foram confeccionadas por meio da usinagem das pranchas em dimensões de 200 × 30 × 300 mm (largura × espessura × comprimento) e cortadas no sentido longitudinal tangencial e radial. Posteriormente, as amostras foram selecionadas aleatoriamente, sendo destas 7 amostras no sentido longitudinal tangencial e 8 no sentido longitudinal radial de cada sentido, totalizando 15 amostras empregadas no experimento.

O experimento reuniu dois grupos de amostras, sendo o primeiro composto por amostra sem tratamento químico e outro impregnados sob pressão com CCA tipo C (arseniato de cobre cromatado) por meio do processo *Bethell* de célula cheia tratadas em uma usina de preservação de madeira. Ao final do processo de tratamento, foi coletada uma amostra da solução preservante, objetivando determinar a concentração de cada ingrediente ativo presente na formulação de tratamento, por meio da técnica de espectrometria de raios X, sendo utilizado um Espectrômetro de Raio X Shimadzu –EDX-720.

2.2. Colorimetria

Os parâmetros colorimétricos foram definidos de acordo com a técnica de refletância difusa no intervalo visível do espectro eletromagnético.

Para esse ensaio, foi empregado um espectrofotocolorímetro Color Eye - XTH - X-rite acoplado a um microcomputador, com iluminante D65 e ângulo de 10°, em temperatura ambiente. Em cada amostra foram determinadas 10 leituras na face exposta da madeira.

A metodologia adotada para a determinação dos parâmetros colorimétricos foi o sistema CIELAB 1976, conforme Camargos (1999). As propriedades colorimétricas determinadas foram L* (claridade), coordenadas a* e b*, C (saturação) e h (ângulo de tinta).

A saturação (C) foi determinada pela Equação 1:

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

Em que:

a* = coordenada cromática sobre o eixo verde-vermelho;

b* = coordenada cromática sobre o eixo azul-amarelo.

O ângulo de tinta (h) foi determinado pela Equação 2:

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

Adicionalmente, foi determinada a variação total da cor (Equação 3), de acordo com a norma ASTM D2244/2009 (ASTM, 2009).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^* + \Delta a^* + \Delta b^*} \quad (3)$$

Em que:

ΔE = variação entre a leitura inicial e a leitura após o tratamento químico.

2.3. Rugosidade

A caracterização da superfície das amostras de madeira foi realizada por meio do equipamento rugosímetro *Surftest SJ-401*, da marca Mitutoyo. O aparelho faz parte da classe dos equipamentos que utilizam o processo de apalpação para traçar os perfis das superfícies. É constituído por uma unidade de comando com uma impressora térmica integrada, uma unidade acionadora e um sensor.

A determinação dos parâmetros de rugosidade, Ra (média aritmética da rugosidade) e Rz (média das alturas no perfil de rugosidade) das superfícies estão de acordo com as especificações da norma JIS B 0601 (JIS, 2001), com *cutt-off* de 0,8 mm e percurso de avaliação de 12,5 mm. Em cada amostra foram realizadas três medições no sentido perpendicular às fibras.

Os parâmetros R_a e R_z foram determinados de acordo com as Equações 4 e 5, respectivamente (Mitutoyo Corporation, 2004).

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (4)$$

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (5)$$

Em que:

R_a = média aritmética da rugosidade, μm ;

R_z = média da altura máxima, μm ;

Y_i = desvios do perfil, μm ;

Y_{pi} = picos mais altos, μm ;

Y_{vi} = vales mais profundos, μm

2.4 Análise estatística

A influência do tratamento preservativo nas características colorimétricas e na superfície da madeira foi avaliada por meio de uma análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de F por meio da análise

das médias dos valores obtidos para esses ensaios com as amostras analisadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a concentração dos ingredientes ativos da solução de CCA utilizada na impregnação das amostras de madeira. A concentração da solução foi de 1,8% e pH de 2,3.

Observou-se que a solução apresentou desbalanceamento químico entre os ingredientes ativos, com valores de cobre acima e do arsênio abaixo dos limites estabelecidos para o padrão do CCA tipo C (Lepage, 1986). O pH encontrou-se dentro dos limites estabelecidos.

Os maiores valores de retenção dos ingredientes ativos nas madeiras foram para o cromo e para o arsênio, visto que estes possuíram maiores concentrações no

Tabela 1. Concentração dos ingredientes ativos da solução de CCA empregados nas amostras de marupá, tauari e cumaru.

Table 1. Concentration of active ingredients of CCA solution applied in samples of marupá, tauari and cumaru.

| Ingrediente | Resultado da análise (%) | Balaceamento químico |
|---|--------------------------|----------------------|
| Cromo (CrO ₃) | 0,69 | 50,4 |
| Cobre (CuO) | 0,29 | 21,2 |
| Arsênio (As ₂ O ₃) | 0,39 | 28,5 |
| Total | 1,4 | 100,0 |

Tabela 2. Valores médios dos corpos de prova de marupá, tauari e cumaru antes, depois e a diferença do tratamento com CCA pelo processo *Bethell*.

Table 2. Average values of marupá, tauari and cumaru wood species before, after and difference of treatment with CCA by *Bethell* full cell process.

| Valores | Marupá | | | Tauari | | | Cumaru | | | |
|---------|------------------------|-----------|-------------------------|------------------------|-----------|-------------------------|------------------------|-----------|-------------------------|------|
| | Vol (cm ³) | Massa (g) | DA (g/cm ³) | Vol (cm ³) | Massa (g) | DA (g/cm ³) | Vol (cm ³) | Massa (g) | DA (g/cm ³) | |
| Média | Antes | 31,80 | 12,93 | 0,41 | 31,21 | 19,33 | 0,62 | 30,03 | 30,68 | 1,02 |
| | Depois | 32,69 | 13,67 | 0,42 | 31,38 | 20,14 | 0,64 | 30,04 | 30,87 | 1,03 |
| | Dif. | 0,88 | 0,74 | 0,01 | 0,16 | 0,81 | 0,02 | 0,01 | 0,19 | 0,01 |
| DP | Antes | 1,17 | 0,86 | 0,02 | 2,20 | 1,73 | 0,05 | 1,65 | 1,73 | 0,02 |
| | Depois | 1,23 | 0,87 | 0,02 | 3,95 | 1,79 | 0,03 | 1,87 | 1,71 | 0,02 |
| | Dif. | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 1,75 | 0,06 | 0,02 | 0,22 | 0,02 | 0,00 |
| CV(%) | Antes | 4% | 7% | 4% | 7% | 9% | 7% | 5% | 6% | 2% |
| | Depois | 4% | 6% | 4% | 7% | 9% | 5% | 6% | 6% | 2% |
| | Dif. | 0% | 1% | 0% | 0% | 0% | 2% | 1% | 0% | 0% |

Onde: DA = densidade aparente, DP = desvio-padrão e CV = coeficiente de variação.

balanço estequiométrico. Tais ingredientes ativos ficaram com valores de concentrações próximos aos indicados por Lepage (1986), sendo que o cobre e o cromo encontrados nas madeiras apresentaram valores acima do padrão. O mesmo autor indica que se deve prestar atenção quando do uso do CCA em usinas de preservação a fim de se evitar o desbalanceamento da solução preservante e formação de depósito de sais no tanque de trabalho decorrente da adição da solução recuperada pelo vácuo final, embora a complementação com a adição de sais seja um procedimento adequado para atenuar o desbalanceamento da solução.

A Tabela 2 apresenta os valores médios do volume, massa e densidade aparente dos corpos de prova das madeiras de marupá, tauari e cumaru antes, depois e a diferença do tratamento com CCA.

A análise dos valores de retenção do preservativo revelou que nas amostras de cumaru foi observado uma pequena penetração do produto químico, ficando este retido somente na superfície das amostras, resultado de acordo com o apresentado por IBAMA (1989). Já para as madeiras de marupá e tauari, ocorreu maior retenção da solução, modificando a massa final das amostras.

3.1. Colorimetria

A Tabela 3 apresenta os resultados dos parâmetros colorimétricos antes e após o tratamento químico.

Pela análise dos dados, constatou-se que ocorreram escurecimento e diminuição da luminosidade das superfícies de todas as madeiras estudadas. Essa situação

Tabela 3. Parâmetros colorimétricos das madeiras de marupá, tauari e cumaru antes e após o tratamento químico com CCA.**Table 3.** Colorimetric parameters of marupá, tauari and cumaru wood species before and after chemical treatment with CCA.

| Propriedade | Marupá | | Tauari | | Cumaru | |
|-------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | ST | CCA | ST | CCA | ST | CCA |
| L* | 84,5 | 65,8* | 71,7 | 60,5* | 56,3 | 45,8* |
| | (0,9) | (1,9) | (2,7) | (1,9) | (2,2) | (2,4) |
| | 1% | 3% | 4% | 3% | 4% | 5% |
| a* | 2,8 | 1,7* | 5,8 | 4,2* | 10,5 | 7,4* |
| | (0,3) | (0,6) | (0,7) | (0,8) | (1,1) | (0,8) |
| | 9% | 36% | 11% | 19% | 11% | 10% |
| b* | 23,1 | 20,3* | 25,9 | 22,8* | 24,6 | 18,4* |
| | (2,0) | (0,8) | (1,1) | (0,7) | (1,6) | (1,4) |
| | 8% | 4% | 4% | 3% | 7% | 8% |
| C* | 23,2 | 20,4* | 26,5 | 23,2* | 26,8 | 19,9* |
| | (2,0) | (0,8) | (1,1) | (0,7) | (1,8) | (1,4) |
| | 8% | 4% | 4% | 3% | 7% | 7% |
| h° | 83,0 | 85,1* | 77,4 | 79,6* | 67,0 | 68,0* |
| | (0,5) | (1,7) | (1,3) | (1,9) | (1,7) | (2,3) |
| | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% |

Onde: ST = madeiras sem tratamento. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio-padrão. Valores em percentual referem-se ao coeficiente de variação. *Refere-se a diferença significativa pelo teste de F ($p < 0,05$).

pode ter sido proporcionada pela fixação do cobre na subcamada S1 da parede celular, sugerindo a associação deste elemento químico com a lignina. Porém, Lepage (1986) indica ainda a possibilidade de associação do cobre com a celulose ligado aos grupos OH⁻. Embora a madeira de cumaru não tenha apresentado retenção da solução preservante, a modificação colorimétrica indica que o CCA foi retido na superfície da madeira.

A alteração dos parâmetros colorimétricos foi muito apreciável para todas as madeiras analisadas, ficando mais escurecidas e com tendência ao esverdeamento, conforme metodologia indicada por Hikita et al. (2001). O marupá apresentou modificação acentuada da cor ocasionada principalmente pela deposição do cobre e do cromo na parede celular da madeira (Lepage, 1986). A Tabela 4 apresenta os valores da variação colorimétrica, da luminosidade e da alteração total da cor para as madeiras estudadas após o tratamento químico. A madeira que apresentou maior modificação colorimétrica foi o marupá, seguido do cumaru e tauari. Observou-se que o efeito do CCA na superfície da madeira modifica de forma acentuada o eixo cromático amarelo-azul (b*), bem como a luminosidade (L*), sendo esta o principal componente da alteração total da cor das madeiras ocasionado pelo seu escurecimento.

Tabela 4. Alteração das variáveis colorimétricas das madeiras de marupá, cumaru e tauari após o tratamento químico com CCA.**Table 4.** Colorimetric ranges of marupá, cumaru and tauari after chemical treatment with CCA.

| Madeira | Δa^* | Δb^* | ΔL^* | ΔE |
|---------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Marupá | -1,1 ⁺ | -2,8 ⁺ | -18,7 ⁺ | 18,9 ⁺ |
| Cumaru | -3,0 ⁺ | -6,2 ⁺ | -10,5 ⁺ | 12,6 ⁺ |
| Tauari | -1,6 ⁺ | -3,1 ⁺ | -11,3 ⁺ | 11,8 ⁺ |

⁺Refere-se a diferença significativa pelo teste de F ($p < 0,05$).

A Figura 1 ilustra as curvas de reflectância obtidas para as madeiras estudadas antes e após o tratamento químico. As distâncias entre as curvas mostra a tendência da diminuição do pigmento amarelo (570 a 590nm), principalmente para a madeira de marupá, e o decréscimo do pigmento vermelho (620 a 750nm) para todas as madeiras. Observou-se ainda uma diferença acentuada entre a reflectância nas madeiras, principalmente o marupá, após o tratamento químico, o que demonstra a alteração em todo o comportamento colorimétrico na superfície.

3.2. Rugosidade

A Tabela 5 apresenta os resultados da rugosidade antes e após o tratamento com químico com CCA. Realizou-se um teste de F ($p < 0,05$) para avaliar diferenças

Tabela 5. Valores dos parâmetros de rugosidade para as madeiras de marupá, cumaru e tauari sem tratamento e tratadas com CCA.

Table 5. Values of roughness parameters for marupá, cumaru and tauari wood species untreated and impregnated with CCA.

| Propriedade | Cumaru | | Marupá | | Tauari | |
|-------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | ST | CCA | ST | CCA | ST | CCA |
| R_a (µm) | 4,0 | 6,1* | 4,8 | 9,4* | 4,6 | 6,8* |
| | (0,6) | (1,3) | (0,8) | (2,1) | (0,6) | (0,6) |
| | 14% | 21% | 17% | 22% | 14% | 9% |
| R_z (µm) | 25,9 | 35,9* | 30,3 | 50,1* | 27,9 | 39,2* |
| | (4,3) | (5,2) | (5,8) | (7,7) | (4,2) | (5,2) |
| | 16% | 14% | 19% | 15% | 15% | 13% |

Onde: ST = madeiras sem tratamento. Os valores apresentados entre parênteses referem-se ao desvio-padrão. Valores em percentual referem-se ao coeficiente de variação. *Refere-se a diferença significativa entre a madeira sem tratamento e tratada quimicamente pelo teste de F ($p < 0,05$).

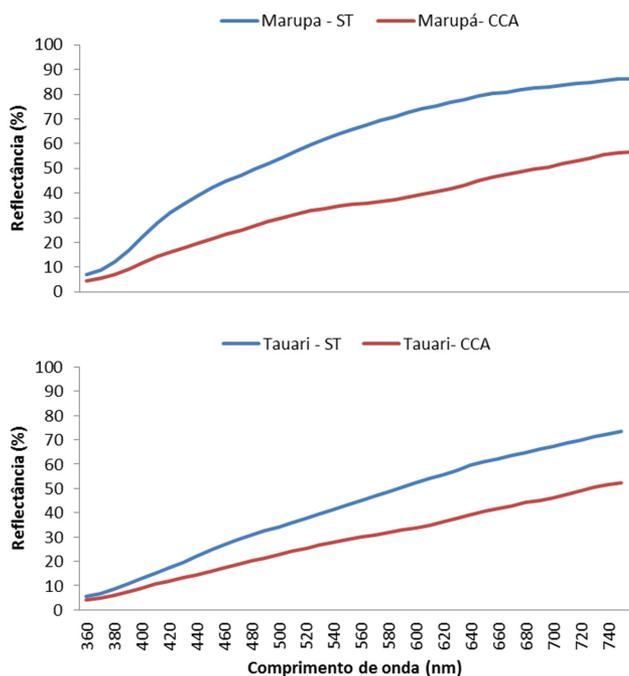


Figura 1. Curvas de reflectância para as madeiras de marupá, tauari e cumaru antes e pós tratamento químico com CCA. Onde: ST = sem tratamento.

Figure 1. Reflectance data for marupá, tauari and cumaru before and after chemical treatment with CCA. Where: ST = untreated wood.

entre os valores encontrados para as superfícies tangenciais e radiais, não tendo sido encontradas diferenças significativas entre essas faces. Dessa forma, foram consideradas todas as amostras na análise entre tratadas e sem tratamento químico. Os resultados não mostraram diferenças significativas pela ANOVA, ao nível de 5% de significância, entre as madeiras tratadas e sem tratamento.

Os valores de R_a encontrados para todas as espécies sem tratamento estão abaixo dos observados por Kilic et al. (2006) para madeiras de *Populus tremula* lixadas com lixa grão 60 (6,68 µm) e próximos ao encontrado por Usta & Aydinlar (2008) para a madeira de *Cedrus libani* (4,65 µm). Martins et al. (2011) observaram valores de R_a iguais a 9,08 e 9,34 para o processo de plaina e lixamento respectivamente para a madeira de

Eucalyptus benthamii. O efeito do lixamento prévio padronizou as superfícies, deixando o comportamento semelhante em todas as madeiras.

Amorim et al. (2013) observaram por meio de análise de regressão linear a tendência do aumento da média da rugosidade com a diminuição da densidade aparente para 11 espécies de madeiras tropicais. De forma similar, no presente estudo as madeiras que apresentaram maiores rugosidades foram o marupá, seguido do tauari e do cumaru, representantes dos grupos de baixa, média e alta densidade, de acordo com Melo et al. (1990).

De acordo com os resultados, observou-se uma tendência de aumento da rugosidade em função da presença do CCA. Taylor et al. (1999) indicaram que a rugosidade da superfície da madeira é influenciada pela estrutura anatômica, particularmente as cavidades celulares. Os resultados observados no presente estudo podem estar associados à pressão aplicada para a impregnação do produto preservante pelo

método com pressão, forçando a abertura das células das madeiras e impregnando-as com os sais do CCA, provavelmente os vasos.

A Figura 2 apresenta a superfície da madeira de marupá antes e após o tratamento químico adquiridas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). É possível observar o aumento da textura da madeira de marupá após o tratamento químico, indicado o aumento da rugosidade da superfície, bem como o rompimento de elementos de vasos e fibras da madeira. Entretanto, esse efeito de ruptura dos elementos celulares não pode ser considerado um evento generalizado, uma vez que a impregnação com o CCA ocorre na parede celular da madeira, sendo esse resultado apenas na superfície da madeira.

Além do efeito nos elementos celulares da madeira, é possível observar a presença de resíduos, os quais podem ser oriundos de impurezas na solução preservante, ficando aderidos após o tratamento químico.

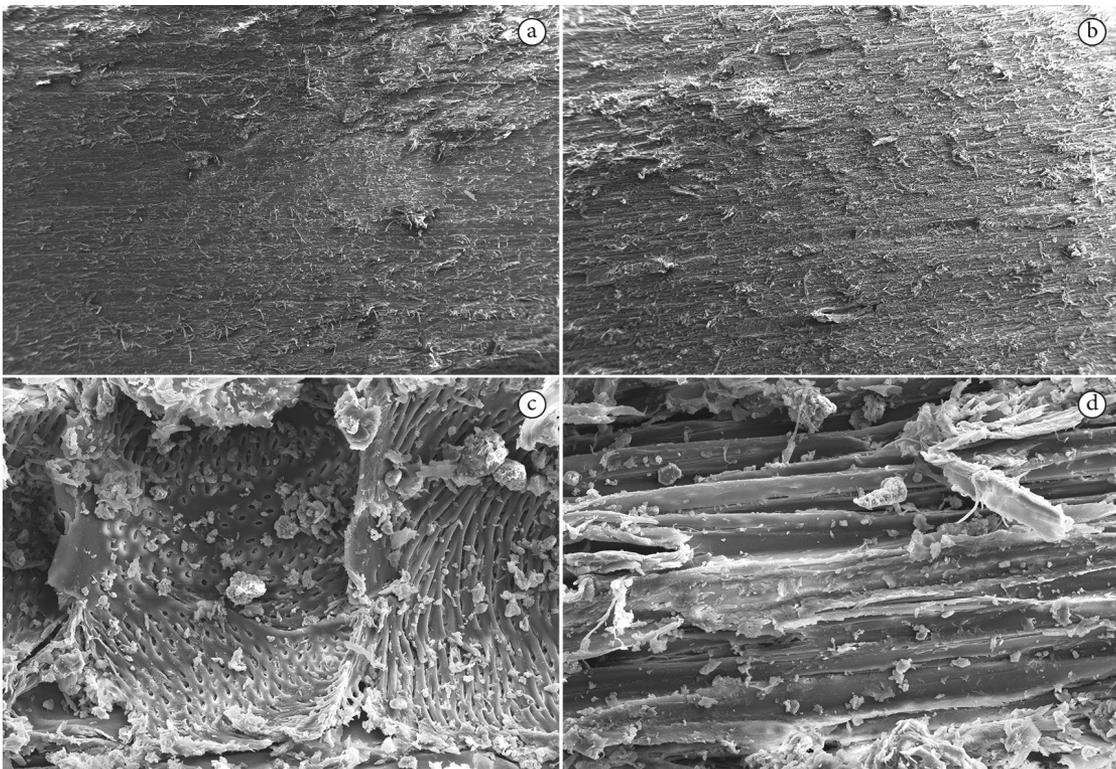


Figura 2. Imagens obtidas por MEV da superfície da madeira de marupá sem tratamento químico (a) e tratadas com CCA (b) (aumento de 20x), apresentando o rompimento de elementos de vasos (c) e fibras (d) (aumento de 500x).
Figure 2. Images obtained by SEM of the surface of untreated marupá wood (a) and treated with CCA (b) (magnification 20x), showing the disruption of vessel elements (c) and fibers (d) (magnification 500x).

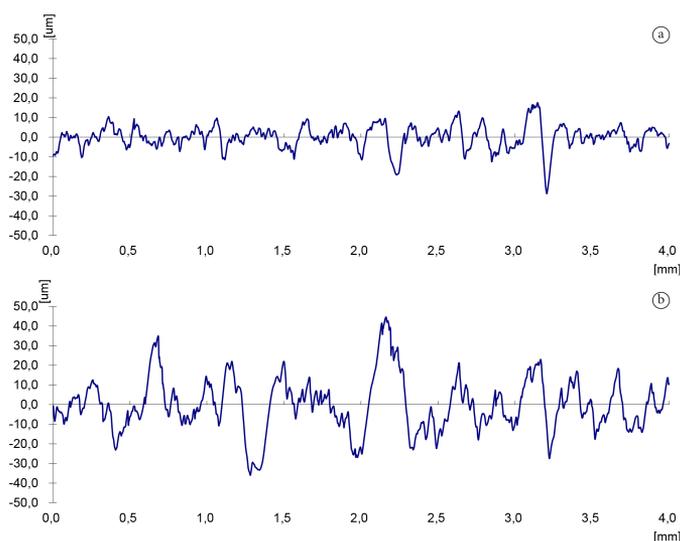


Figura 3. Perfil da rugosidade da madeira de marupá sem tratamento (a) e tratada com CCA (b).
Figure 3. Roughness profile of untreated marupá wood (a) and treated with CCA (b).

A densidade da madeira e a porosidade são propriedades inversamente correlacionadas. Assim, a porosidade é inferior quando a densidade é maior, o que implica uma superfície com textura mais fina. Entretanto, ressalta-se que a grã da madeira exerce influência direta na trabalhabilidade e na qualidade da superfície, e assim também deve ser considerada em estudos dessa natureza.

A Figura 3 apresenta os perfis da rugosidade da superfície da madeira de marupá, na qual as tratadas apresentaram as maiores distâncias entre as alturas dos picos e vales, bem como as maiores distâncias.

4. CONCLUSÃO

A cor de todas as madeiras foi alterada de forma significativa pelo tratamento químico com o CCA, ficando escuras e com diminuição dos pigmentos vermelhos e amarelos, com a tendência ao esverdeamento da superfície. Em relação a rugosidade, todas as amostras apresentam aumento dos parâmetros R_a e R_z , aumentando a aspereza da superfície, com o rompimento de elementos celulares.

AGRADECIMENTOS

À empresa Montana Química S.A. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 22 fev., 2014

Aceito: 10 set. 2014

*AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Ricardo Faustino Teles

Coordenação de Produção Moveleira, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, Campus Samambaia, Subcentro Leste, Complexo Boca da Mata, Lote 02, CEP 72304-300, Samambaia, Brasília, DF, Brasil
 e-mail: ricardo.teles@ifb.edu.br

REFERÊNCIAS

- American Society For Testing and Materials – ASTM. *ASTM D2244: standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates*. Philadelphia; 2009.
- Amorim MRS, Ribeiro PG, Martins SA, Menezzi CHS, Souza MR. Surface wettability and roughness of 11 Amazonian tropical hardwoods. *Floresta e Ambiente* 2013; 20(1): 99-109. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.069>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. *NBR ISO 4287: especificações geométricas do produto (GPS): rugosidade: método do perfil: termos, definições e parâmetros da rugosidade*. Rio de Janeiro; 2002. 18 p.

- Camargos JAA. *Colorimetria aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais* [dissertação]. Brasília: Universidade de Brasília; 1999.
- Cavalcante MS. Implantação e desenvolvimento da preservação demadeiras no Brasil. *Pesquisa & Desenvolvimento* 1983; 14(1): 1-57.
- Galvão APM, Magalhães, WLE, Mattos, PP. *Processos práticos para preservar a madeira*. Colombo: Embrapa Florestas; 2004. 49 p.
- Gonzalez JC, Félix TLF, Gouveia FN, Camargos JAA, Ribeiro PG. Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamentos. *Ciência Florestal* 2010; 20(4): 657-664. <http://dx.doi.org/10.5902/198050982424>.
- Hikita Y, Toyoda T, Azuma M. Weathering testing of timber: discoloration. In: Imamura Y. *High performance utilization of wood for outdoor uses*. Kyoto: Press-Net; 2001.
- Hon DNS. Weathering and photochemistry of wood. In: Hon DNS, Shiraishi, N. *Wood and cellulosic chemistry*. 2. ed. New York: Marcel Dekker; 2001.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. *Madeiras da Amazônia: descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional do Tapajós*. Brasília: IBAMA-LPF; 1989.
- Japanese Industrial Standards – JIS. *JIS B 0601: Geometrical Product Specifications (GPS) profile method-terms, definitions and surface texture parameters*. Japão; 2001.
- Kilic M, Hiziroglu S, Burdurlu E. Effect of machining on surface roughness of wood. *Building and Environment* 2006; 41(8): 1074-1078. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.008>.
- Lepage ES. *Manual de preservação de madeiras*. São Paulo: IPT; 1986. 2 vol.
- Magoss E. General regularities of wood surface roughness. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 2008; 4(1): 81-93.
- Martins SA, Ferraz JM, Santos CMT, Del Menezzi CHS, Souza MR. Efeito da usinagem na rugosidade da superfície da madeira de *Eucalyptus benthamii*. *Floresta e Ambiente* 2011; 18(2): 135-143. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.031>.
- Melo JE, Coradin, VTR, Mendes, JC. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: *Anais do 6º Congresso Florestal Brasileiro*; 1990; Campos do Jordão. São Paulo: SBS/SBSF; 1990. p. 695-699. vol. 3.
- Mitutoyo Corporation. *SJ-401 Surface Roughness Tester: user's manual*. Aurora; 2004.
- Neumann MG, Quina FH. A fotoquímica no Brasil. *Química Nova* 2002; 25(1): 34-38.
- Rocha MP. *Biodegradação e preservação da madeira*. Curitiba: FUPEF, Universidade Federal do Paraná; 2000. 94 p.
- Taylor JB, Carrano AL, Lemaster RL. Quantification of process parameters in a wood sanding operation. *Forest Products Journal*. 1999; 49(5): 41-46.
- Usta I, Aydinlar E. Effects of bleaching process on the roughness values of wood surfaces of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) and Black poplar (*Populus nigra* L.) using NaOH (sodium hydroxide), H₂O₂ (hydrogen peroxide) and Ca(OH)₂ (calcium hydroxide). In: *Proceedings of the 39th Annual Meeting*; 2008; Instambul. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation; 2008. 10 p. IRG/WP/08-40403.