



## **EFEITO DO TRATAMENTO COM PLASMA FRIO NA MOLHABILIDADE DE MADEIRAS TROPICAIS BRASILEIRAS**

Autores

**Resumo:** A inativação da superfície da madeira dificulta a interação do material com solventes de diferentes polaridades, prejudicando fenômenos de molhabilidade e adesão interfacial. O presente trabalho investigou o efeito de descargas de plasma frio na molhabilidade da superfície das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis*. As descargas de plasma foram realizadas em atmosferas de Ar e N<sub>2</sub> em diferentes condições de tratamento. As madeiras modificadas por plasma frio foram caracterizadas quanto a molhabilidade em água e glicerol, modificações topográficas por meio de rugosidade 3D e adesão revestimento-substrato por meio do ensaio de resistência à tração (método *pull-off*). Os principais resultados mostraram que um tratamento mínimo de 30 segundos em ambas as atmosferas de Ar e N<sub>2</sub> é suficiente para reduzir significativamente o ângulo de contato aparente em água e glicerol das madeiras tratadas. As modificações significativas na rugosidade superficial foram melhor representadas pelo parâmetro Sz na madeira de *Lecythis pisonis*. A resistência à tração pelo método *pull-off* não apresentou incremento significativo nas madeiras modificadas por plasma frio. De maneira geral, o plasma frio mostrou-se uma tecnologia viável para incrementar a energia de superfície das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis*. A ausência de uma maior adesão revestimento-substrato pode estar relacionada com fatores intrínsecos da madeira e que podem influenciar significativamente as interações interfaciais entre substrato e revestimento.

**Palavras-chave:** tecnologia de plasma, energia de superfície, ângulo de contato, rugosidade, adesão interfacial, superfície da madeira.

## **ENHANCING WOOD WETTABILITY OF BRAZILIAN TROPICAL WOODS TREATED BY COLD PLASMA**

**Abstract:** Wood surface inactivation make difficult the interaction between this material and solvents with different polarities, impairing phenomena such as wettability and interfacial adhesion. This work investigates the effect of cold plasma discharges on the wettability of *Dinizia excelsa* and *Lecythis Pisonis* wood surfaces. The cold plasma discharges were performed in Ar and N<sub>2</sub> atmospheres using different conditions of treatment. The plasma-treated woods were characterized by wettability in water and glycerol, topographical changes by 3D roughness and coating-substrate adhesion by tensile strength (pull-off method). The main results showed a minimum treatment for 30 seconds in both Ar and N<sub>2</sub> atmospheres was sufficient to decrease significantly the apparent contact angle in water and glycerol of the woods. The significant changes in the surface roughness were better shown by the Sz parameter in the *Lecythis Pisonis* wood. The tensile strength using pull-off method did not present significant increase for both plasma-treated woods. In general, the cold plasma was a feasible technology to improve the surface energy of *Dinizia excelsa* and *Lecythis pisonis* woods. The absence of higher coating-substrate adhesion can be related to the intrinsic factors of wood that influence significantly the interfacial interactions between substrate and coating.

**Keywords:** plasma technology, surface energy, contact angle, roughness, interfacial adhesion, wood surface.



## 1. INTRODUÇÃO

O plasma é considerado como o quarto estado da matéria (IÑAGAKI, 1996) e trata-se de um conjunto de partículas carregadas movimentando-se aleatoriamente (LIEBERMAN e LICHTENBERG, 1994), as quais interagem simultaneamente com outras partículas presentes na atmosfera de tratamento (SANKARAN, 2011). O tratamento por plasma caracteriza-se por ser um processo livre de solventes e de baixo impacto ambiental, o qual induz a modificações físicas e químicas na superfície de acordo com os propósitos de uso final do material (GAIOLAS et al., 2008). Tais modificações via plasma podem ocorrer por meio da funcionalização ou ativação, revestimento ou deposição, e remoção de camadas superficiais dos materiais (ROSSEL, 2007). Praticamente todas as ligações químicas contendo estruturas orgânicas podem ser dissociadas em uma descarga de plasma (DENES et al., 1997).

Nesse contexto, o plasma é uma tecnologia bem estabelecida em diversos setores industriais, tais como aeroespacial, automotivo e têxtil (SANKARAN, 2011), visto que permite o incremento de características da superfície de materiais, tais como resistência a abrasão, inércia química e biocompatibilidade (SARMADI et al., 1995; THIRÉ et al., 2004). No âmbito do setor florestal e madeireiro, a tecnologia de plasma é mais recente e utilizada principalmente para o incremento da molhabilidade e da adesão da superfície de madeira e de produtos à base de madeira (ASANDULESA et al., 2010; CADEMARTORI et al., 2015; NOVÁK et al., 2015; CADEMARTORI et al., 2016; HÜNNEKENS et al., 2016), e deposição de filmes finos para fins de proteção e repelência à solventes polares e/ou apolares (LEVASSEUR et al., 2012; POATY et al., 2013; PROFILI et al., 2016; TANG et al., 2017).

Apesar do emprego da tecnologia de plasma no setor florestal e madeireiro apresentar resultados promissores, há ainda uma carência de estudos relacionados a determinados materiais lignocelulósicos, tais como pisos de madeira. Especificamente, o mercado brasileiro de pisos de madeira tropical produziu em torno de 30,8 milhões de m<sup>3</sup> entre os anos de 2013 e 2014 (INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION, 2015), mostrando-se como um importante nicho do setor florestal e madeireiro no país. Durante o processo de fabricação, os pisos de madeira tropical são revestidos com diversas camadas de produtos químicos, de maneira a aumentar a vida útil do material em relação ao desgaste por abrasão e dureza superficial. No entanto, em casos específicos, a superfície dos pisos pode não apresentar as características ideais para interação com solventes polares, principalmente devido aos fenômenos de inativação que atuam sobre o material, tais como a migração de extrativos para a superfície, a oxidação da superfície e a modificação dos grupos hidroxila presentes na superfície (CHRISTIANSEN, 1991).

Baseado nesses aspectos, descargas de plasma frio em atmosfera de Ar (argônio) e N<sub>2</sub> (nitrogênio) foram utilizadas para modificar a superfície de pisos de madeira tropical de angelim-pedra (*Dinizia excelsa*) e castanha-sapucaia (*Lecythis pisonis*). Os pisos de madeira foram submetidos a diferentes condições de tratamento com o objetivo de aumentar a molhabilidade superficial e, conseqüentemente, o grau de interação e adesão com solventes polares.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Seleção e preparo do material

Peças de pisos de madeira sólida sem acabamento superficial de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke.) e castanha-sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) foram utilizadas como



substrato no presente estudo. O material foi doado pela Associação Nacional de Produtos de Pisos de Madeira (ANPM) com origem em florestas do Grupo Jari S.A. localizadas na região Bauxita, estado do Pará, Brasil.

O material com dimensões de 80 x 25 x 500 mm (largura x espessura x comprimento) foi mantido em câmara climática a temperatura de 20°C e umidade relativa de 65%. A preparação das amostras foi realizada em função dos ensaios de caracterização, levando em conta as limitações de espaço no interior do reator a plasma. Além disso, de maneira a auxiliar na análise e discussão dos resultados, a madeira de ambas as espécies foi caracterizada quanto ao teor de extrativos em etanol-tolueno (TAPPI T204 om-97) em triplicata e foram identificadas características marcantes da estrutura anatômica das madeiras por meio de lâminas histológicas confeccionadas a partir da metodologia descrita por Roeser (1972).

## 2.2 Tratamentos por plasma frio

Os tratamentos por plasma frio foram realizados em um reator de aço inoxidável desenvolvido na Embrapa Florestas (Figura 1). O reator opera a baixa pressão (presença de vácuo) e é equipado com uma válvula borboleta e um manômetro para mensuração da pressão interna. Uma fonte de potência a radiofrequência (RF) de 13.5 MHz está acoplada a um eletrodo circular de aço inoxidável com 30 cm de diâmetro, os quais estão interligados por meio de um casador de impedância em sistema capacitivo. Controladores automáticos de vazão (*mass flow*) monitoram a inserção dos gases no reator. A amostra a ser tratada é disposta na base do reator, formando um sistema capacitivo com o eletrodo circular. A distância entre a superfície da amostra e o eletrodo circular é de 27 mm.



Figura 1. Visão geral do reator de plasma frio (A); Descarga de plasma frio em andamento (B).

Para o tratamento dos pisos de madeira, a pressão do reator foi reduzida para 0,4 torr com posterior inserção de gás Ar (> 99% de pureza) durante 180s com vazão de 20 sccm para remoção de impurezas e contaminação. Subsequentemente, as descargas de plasma frio foram realizadas com uma potência de 100 W, dois tempos de tratamento (30 e 120 s) e dois tipos de gás (Ar e N<sub>2</sub>). Para todos os tratamentos, considerou-se uma distância fixa eletrodo-substrato de 27 mm e vazão do gás de 20 sccm. Após os tratamentos, as amostras foram mantidas em dessecador para evitar ao máximo o contato com o ambiente.



### 2.3 Molhabilidade

O efeito do tratamento por plasma frio na molhabilidade da superfície dos pisos de madeira foi investigado por meio de um goniômetro Krüss modelo DSA25 disponível no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Adotou-se o método gota séssil e os ensaios foram realizados 24 horas após os tratamentos por plasma frio. Três gotículas de água deionizada (tensão interfacial de 72,1 mN/m) e de glicerol (tensão interfacial de 63,1 mN/m) com volume de 5  $\mu$ l e 10  $\mu$ l, respectivamente foram dispensadas na superfície de cada amostra para a determinação do ângulo de contato (CA) aparente após 5 segundos da deposição da gotícula na superfície das amostras. Os ensaios foram realizados em amostras com dimensões de 25 x 25 x 25 mm (largura x espessura x comprimento).

### 2.4 Rugosidade superficial 3D

A rugosidade da superfície dos pisos de madeira não tratados e modificados por plasma frio foi avaliada por meio de um profilômetro ótico 3D (Talysurf CCI, Taylor Hobson) em modo não-contato (interferometria de luz branca).

Realizaram-se três mensurações em cada uma das amostras em um campo de visão de 0,83 mm x 0,83 mm. Com isso, mensuraram-se os parâmetros Sa (rugosidade média), Sq (rugosidade quadrática média) e Sz (rugosidade total, diferença entre o pico mais alto e o vale mais profundo) baseados na norma ISO 25178. Além disso, uma análise visual da topografia das amostras foi realizada com o intuito de auxiliar na interpretação dos resultados. Os ensaios foram realizados em amostras com dimensões de 25 x 25 x 25 mm (largura x espessura x comprimento).

### 2.5 Resistência à tração pelo método *pull-off*

O ensaio de resistência à tração pelo método *pull-off* foi realizado em amostras de pisos de madeira com dimensões de 25 x 25 x 80 mm (largura x espessura x comprimento). Seis amostras foram preparadas para cada um dos tratamentos selecionados para avaliação, pisos não tratados (controle) e modificados por plasma frio a 100W / 120 s em atmosfera de Ar e N<sub>2</sub>.

As amostras de pisos de madeira foram tratadas por plasma frio nas condições supracitadas e imediatamente aplicou-se um revestimento comercial denominado “fundo branco”. Segundo o fabricante, o produto possui peso específico de 1,30–1,34 g/cm<sup>3</sup>, volume de sólidos de 42-46% e a sua composição é resina alquídica, pigmentos ativos e inertes, aditivos e solventes alifáticos com pequena fração de aromáticos.

A aplicação do revestimento foi realizada por meio de uma pistola automática pulverizadora de pintura. A cura do revestimento aplicado sobre a superfície das amostras foi realizada em câmara climática a 20°C de temperatura e 65% de umidade relativa do ar. O tempo mínimo de cura foi definido em 96 h.

Posteriormente, peças metálicas (*dollies*) foram fixadas utilizando-se uma resina epóxi bi componente na superfície das amostras de pisos de madeira. Para cada amostra de piso de madeira, fixaram-se duas peças metálicas, as quais foram mantidas em câmara climática



durante 24 horas para cura completa da resina epóxi. A região de ensaio foi isolada por meio de uma serra-copo, a qual eliminou o revestimento em torno da peça metálica.

Os ensaios de resistência à tração foram realizados de acordo com a norma ASTM D4541 (ASTM, 2009). Uma carga axial de tração constante foi aplicada sob a peça metálica até o momento de ruptura entre a peça metálica e o revestimento na superfície dos pisos de madeira. A velocidade aplicada foi de 2.5 MPa/min.

## 2.6 Análise estatística

Os dados de molhabilidade, de resistência à tração e os parâmetros de rugosidade 3D foram analisados por meio de estatística descritiva e análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro. Os pressupostos de homogeneidade da variância e normalidade dos dados foram verificados. Em caso de rejeição da hipótese nula ( $p > 0,05$ ), os valores médios foram comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Molhabilidade

O tratamento por plasma frio aumentou significativamente a molhabilidade superficial das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* (Tabela 1). Todas as condições de tratamento adotadas foram suficientes para reduzir significativamente o CA. Nesse sentido, o tempo mínimo de 30 s, seja em atmosfera de Ar ou N<sub>2</sub> reduziu o CA em água em torno de 80% para ambas as madeiras. Da mesma maneira, o CA em glicerol apresentou comportamento similar de redução significativa do CA, porém a redução ocorreu em menor escala (45-50%).

Tabela 1. Valores médios de ângulo de contato aparente em água e glicerol das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* não tratadas e modificadas por plasma frio.

	Tratamento	Ângulo de contato (°)	
		Água	Glicerol
<i>Dinizia excelsa</i>	Controle	80,56 (10,79) a	74,57 (5,11) a
	100W- 30s - Ar	18,34 (5,75) b	48,15 (11,95) b
	100W – 30s – N <sub>2</sub>	20,75 (7,55) b	41,18 (4,83) bc
	100W – 120s - Ar	23,41 (7,12) b	47,85 (8,86) b
	100W – 120s – N <sub>2</sub>	18,86 (7,30) b	36,51 (9,67) c
<i>Lecythis pisonis</i>	Controle	85,64 (9,87) a	74,25 (7,38) a
	100W- 30s - Ar	15,86 (4,59) b	40,65 (5,77) b
	100W – 30s – N <sub>2</sub>	22,03 (11,11) b	47,11 (8,13) bc
	100W – 120s - Ar	15,42 (7,22) b	45,76 (3,89) bc
	100W – 120s – N <sub>2</sub>	11,34 (4,43) b	49,01 (5,49) c

Valores entre parênteses correspondem ao desvio-padrão. Letras minúsculas iguais na mesma coluna para cada espécie e solvente não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Portanto, o tratamento por plasma frio em atmosferas de Ar e N<sub>2</sub> proporcionou à superfície das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* a característica de alta absorção e espalhamento de solventes polares, comprovando o aumento da energia livre de superfície.



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Esse tipo de comportamento está relacionado ao poder das descargas de plasma em ativar a superfície da madeira, aumentando a polaridade da superfície e, conseqüentemente, afetando a penetração de líquidos polares (AVRAMIDIS et al., 2010). Além disso, descargas de plasma em baixa pressão podem resultar em alterações na estrutura anatômica da madeira, especialmente nos poros. Estas estruturas podem ser abertas devido à descarga de plasma, resultando no incremento da penetração de líquidos (JAMALI e EVANS, 2011). Do ponto de vista químico, a presença de oxigênio residual no interior do reator devido ao nível de pressão utilizado pode contribuir para a oxidação da superfície do material ao mesmo tempo que o gás carreador estimula as espécies reativas de oxigênio na descarga de plasma (PIGNATA et al., 2014), contribuindo para aumentar o grau de molhabilidade da madeira.

## 3.2 Rugosidade superficial 3D

A rugosidade superficial das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* apresentou comportamento distinto após os tratamentos por plasma frio em atmosferas de Ar e N<sub>2</sub>. O efeito do plasma frio na rugosidade superficial foi significativo apenas para a madeira de *Lecythis pisonis* (Tabela 2). Observa-se que o parâmetro Sz (valor médio da diferença entre altura absoluta dos picos e a profundidade dos vales mais profundos) aumentou significativamente após o tratamento por plasma frio da madeira de *Lecythis pisonis*, em torno de 27% para ambas as atmosferas (Ar e N<sub>2</sub>).

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros de rugosidade 3D das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* não tratadas e modificadas por plasma frio.

	Parâmetro (µm)	Controle	100W-120s-Ar	100W-120s-N <sub>2</sub>
Angelim- pedra	Sq	4,30 (0,37) a	4,59 (0,80) a	4,49 (0,87) a
	Sz	46,44 (6,13) a	50,58 (7,65) a	47,67 (6,75) a
	Sa	3,30 (0,35) a	3,39 (0,49) a	3,21 (0,49) a
	S10z	36,71 (4,57) a	40,07 (7,48) a	38,45 (6,69) a
	S5p	16,83 (2,89) a	19,75 (5,61) a	18,24 (3,61) a
	S5v	19,88 (2,78) a	22,47 (4,39) a	20,21 (3,66) a
Castanha- sapucaia	Sq	4,44 (0,68) a	6,40 (1,28) b	6,20 (0,63) b
	Sz	44,46 (6,67) a	61,17 (13,66) b	60,33 (4,82) b
	Sa	3,45 (0,58) a	5,00 (1,15) b	4,85 (0,43) b
	S10z	34,99 (3,38) a	48,57 (10,00) b	48,94 (5,97) b
	S5p	15,52 (2,69) a	22,85 (5,01) b	22,82 (3,96) b
	S5v	19,47 (1,68) a	25,72 (5,27) b	26,12 (2,91) b

Valores entre parênteses correspondem ao desvio-padrão. Letras minúsculas iguais na mesma linha para cada espécie não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

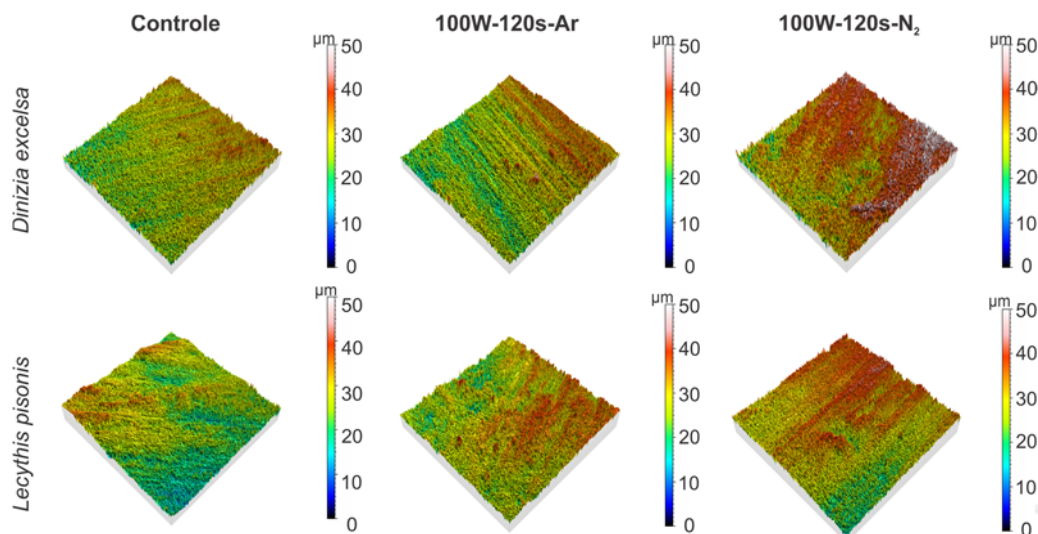


Figura 2. Ilustração da topografia 3D da madeira de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* não tratada e modificada por plasma frio.

As modificações topográficas (Figura 2) em materiais tratados por plasma decorrem de processos de degradação, cisão de cadeias e remoção física de moléculas ou fragmentos (NAVANEETHA PANDIYARAJ et al., 2015). A remoção dos fragmentos pode resultar no aumento de picos e vales sobre a superfície dos materiais, tal como observado nesse estudo por meio dos parâmetros Sz, S10z, S5p e S5v.

Independentemente da ausência de modificação significativa da rugosidade superficial da madeira de *Dinizia excelsa*, observa-se que a topografia (Figura 2) apresenta um aspecto mais rugoso. No entanto, tais modificações podem estar relacionadas apenas a fatores intrínsecos do próprio material, denotando ausência ou influência não visível por profilometria 3D do tratamento por plasma frio na superfície da madeira de *Dinizia excelsa*.

### 3.3 Resistência à tração pelo método *pull-off*

As modificações significativas na molhabilidade e na rugosidade superficial das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* tratadas por plasma frio não foram refletidas na adesão substrato-revestimento durante os ensaios de *pull-off* (Figura 3).

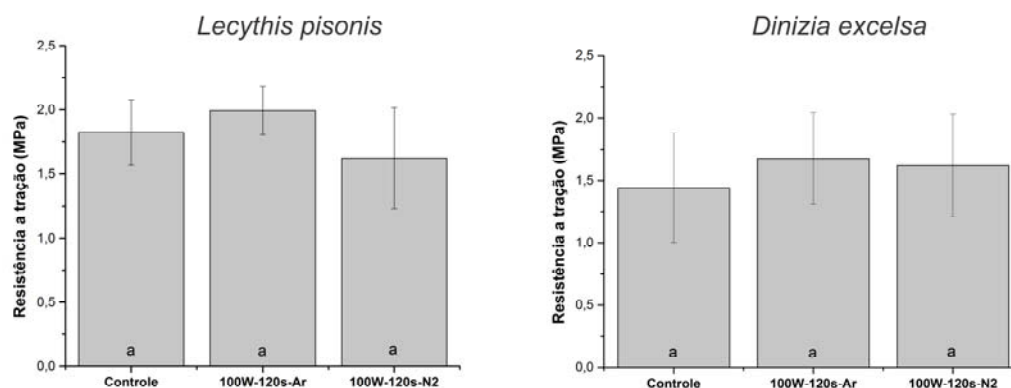


Figura 3. Valores médios de resistência à tração pelo método *pull-off* para as madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis* não-tratadas e tratadas por plasma frio.



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

A resistência a tração para ambas as madeiras não apresentou diferença significativa após os tratamentos por plasma frio. De acordo com Stokke et al. (2014), o grau de adesão depende das características dos materiais, tais como superfície química e rugosidade superficial. Nesse sentido, ressalta-se o fato de que ambas as madeiras apresentam um alto teor de extrativos – 9,99% na *Lecythis pisonis* e 12,88% na *Dinizia excelsa* –, bem como a presença de tiloses na madeira de *Lecythis pisonis* e abundante quantidade de óleo-resina no parênquima da madeira de *Dinizia excelsa*. Dessa maneira, tanto uma possível migração dos extrativos para a superfície, bem como a presença de tiloses e/ou óleo-resina podem ter influenciado a adesão do revestimento na superfície da madeira, ocultando o efeito do plasma frio na adesão substrato-revestimento.

## 4. CONCLUSÕES

Os tratamentos por plasma frio em atmosferas de Ar e N<sub>2</sub> aumentaram a molhabilidade da superfície das madeiras de *Dinizia excelsa* e *Lecythis pisonis*, mostrando que essa tecnologia é viável para incrementar a interação da madeira com solventes polares. A madeira de *Lecythis pisonis* foi mais susceptível às modificações topográficas causadas pela ação física das descargas de plasma frio. No entanto, mesmo com o aumento da energia livre de superfície de ambas as madeiras, o efeito do plasma frio não foi visível por meio da adesão revestimento-substrato, provavelmente devido a influência de fatores intrínsecos às madeiras.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq, processo 141260/2013-0), Embrapa Florestas, Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira (ANPM) e International Tropical Timber Organization (ITTO) pelo apoio técnico e financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASANDULESA, M.; TOPALA, I.; DUMITRASCU, N. Effect of helium DBD plasma treatment on the surface of wood samples. *Holzforschung*, v. 64, n. 2, p. 223-227, 2010.

CADEMARTORI, P. H. G.; CARVALHO, A. R.; MARANGONI, P. R. D.; BERTON, M. A. C.; BLANCHET, P.; MUNIZ, G. I. B. D.; MAGALHÃES, W. L. E. Adhesion performance and film formation of acrylic emulsion coating on medium density fiberboard treated with Ar plasma. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, v. 70, p. 322–328, 2016.

CADEMARTORI, P. H. G.; MUNIZ, G. I. B.; MAGALHÃES, W. L. E. Changes of wettability of medium density fiberboard (MDF) treated with He-DBD plasma. *Holzforschung*, v. 69, n. 2, p. 187, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO







## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

CHRISTIANSEN, A. W. How overdrying wood reduces its bonding to phenol-formaldehyde adhesives : a critical review of the literature. Part II, Chemical reactions. *Wood and Fiber Science*, v. 23, n. 1, p. 69-84, 1991.

DENES, F.; NEILSEN, L. D.; YOUNG, R. A. Cold Plasma State—A New Approach to Improve Surface Adhesion in Lignocellulosic Plastics Composites. *Lignocellulosic Plastics Composites*, v. 1, p. 61-110, 1997.

GAIOLAS, C.; COSTA, A. P.; NUNES, M.; SILVA, M. J. S.; BELGACEM, M. N. Grafting of Paper by Silane Coupling Agents Using Cold-Plasma Discharges. *Plasma Processes and Polymers*, v. 5, n. 5, p. 444-452, 2008.

HÜNNEKENS, B.; PETERS, F.; AVRAMIDIS, G.; KRAUSE, A.; MILITZ, H.; VIÖL, W. Plasma treatment of wood–polymer composites: a comparison of three different discharge types and their effect on surface properties. *Journal of Applied Polymer Science*, p. n/a-n/a, 2016.

IÑAGAKI, N. *Plasma Surface Modification and Plasma Polymerization*. USA: CRC Press, 1996.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION, I. *Bienal review and assesment of the world timber situation 2013-2014*. Yokohama, Japan: International Tropical Timber Organization, 2015.

JAMALI, A.; EVANS, P. Etching of wood surfaces by glow discharge plasma. *Wood Science and Technology*, v. 45, n. 1, p. 169-182, 2011.

LEVASSEUR, O.; STAFFORD, L.; GHERARDI, N.; NAUDÉ, N.; BLANCHARD, V.; BLANCHET, P.; RIEDL, B.; SARKISSIAN, A. Deposition of Hydrophobic Functional Groups on Wood Surfaces Using Atmospheric-Pressure Dielectric Barrier Discharge in Helium-Hexamethyldisiloxane Gas Mixtures. *Plasma Processes and Polymers*, v. 9, n. 11-12, p. 1168-1175, 2012.

LIEBERMAN, M. A.; LICHTENBERG, A. J. *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing*. New Jersey: John Wiley and Sons Wiley, 1994.

NAVANEETHA PANDIYARAJ, K.; DESHMUKH, R. R.; ARUNKUMAR, A.; RAMKUMAR, M. C.; RUZYBAYEV, I.; ISMAT SHAH, S.; SU, P.-G.; PERIAYAH, M. H.; HALIM, A. S. Evaluation of mechanism of non-thermal plasma effect on the surface of polypropylene films for enhancement of adhesive and hemo compatible properties. *Applied Surface Science*, v. 347, p. 336-346, 2015.

NOVÁK, I.; POPELKA, A.; ŠPITALSKÝ, Z.; MIČUŠÍK, M.; OMASTOVÁ, M.; VALENTIN, M.; SEDLIÁČIK, J.; JANIGOVÁ, I.; KLEINOVÁ, A.; ŠLOUF, M. Investigation of beech wood modified by radio-frequency discharge plasma. *Vacuum*, v. 119, p. 88-94, 2015.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

PIGNATA, C.; D'ANGELO, D.; BASSO, D.; CAVALLERO, M. C.; BENEVENTI, S.; TARTARO, D.; MEINER, V.; GILLI, G. Low-temperature, low-pressure gas plasma application on *Aspergillus brasiliensis*, *Escherichia coli* and pistachios. *Journal of Applied Microbiology*, v. 116, n. 5, p. 1137-1148, 2014.

POATY, B.; RIEDL, B.; BLANCHET, P.; BLANCHARD, V.; STAFFORD, L. Improved water repellency of black spruce wood surfaces after treatment in carbon tetrafluoride plasmas. *Wood Science and Technology*, v. 47, n. 2, p. 411-422, 2013.

PROFILI, J.; LEVASSEUR, O.; KORONAI, A.; STAFFORD, L.; GHERARDI, N. Deposition of nanocomposite coatings on wood using cold discharges at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology*, 2016.

ROESER, K. R. Die Nadel der schwarzkiefer massenprodukt und kunstwerk der natur. *Mikrokosmos*, v. 61, p. 33-36, 1972.

ROSSEL, T. N. Plasma modification of carbon black surface: From reactor design to final application. (Doutorado) - Universitat Ramon Llull, Barcelona, 2007.

SANKARAN, R. M. Plasma Processing of Nanomaterials. Boca Raton, FL: 2011.

SARMADI, A. M.; YING, T. H.; DENES, F. HMDSO-plasma modification of polypropylene fabrics. *European Polymer Journal*, v. 31, n. 9, p. 847-857, 1995.

STOKKE, D. D.; WU, Q.; HAN, G. Introduction to Wood and Natural Fiber Composites. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2014.

TANG, Z.; XIE, L.; HESS, D. W.; BREEDVELD, V. Fabrication of amphiphobic softwood and hardwood by treatment with non-fluorinated chemicals. *Wood Science and Technology*, v. 51, n. 1, p. 97-113, 2017.

THIRÉ, R. M. S. M.; SIMÃO, R. A.; ARAÚJO, P. J. G.; ACHETE, C. A.; ANDRADE, C. T. Reduction of hydrophilicity of biodegradable starch-based films by plasma polymerization. *Polimeros-Ciencia E Tecnologia*, v. 14, n. 1, p. 57-62, 2004.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

