



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

ISABELA LISBOA SOARES

**EFEITO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E DO TRATAMENTO TÉRMICO NA
MOLHABILIDADE DE TRÊS MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO**

Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL NASCIMENTO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2020



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

ISABELA LISBOA SOARES

**EFEITO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E DO TRATAMENTO TÉRMICO NA
MOLHABILIDADE DE TRÊS MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO**

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

Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL NASCIMENTO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2020

**EFEITO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E DO TRATAMENTO TÉRMICO NA
MOLHABILIDADE DE TRÊS MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO**

ISABELA LISBOA SOARES

APROVADA EM: 30/11/2020

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL NASCIMENTO – UFRRJ/IF/DPF
Orientador

DAIANA SOUZA DE JESUS – UFRRJ/IF/DPF
Membro

AÉCIO DANTAS DE SOUSA JÚNIOR – UFRRJ/IF/DPF
Membro

DEDICATÓRIA

À luz dos meus olhos, Sophia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que me deu forças para a conclusão deste trabalho.

À minha família pelo apoio incondicional, dedicação e esforço para que eu pudesse ter uma boa educação.

À Anna Maria pelo incentivo aos meus estudos desde cedo.

Ao professor Alexandre Miguel, pela paciência, disponibilidade e dedicação como meu orientador nos últimos dois anos.

Ao Lucas Avellar, que me ajudou a dar os primeiros passos para a execução desta pesquisa.

Aos meus amigos pelo carinho e motivação dedicados a mim.

Aos membros da banca pela disponibilidade e aceite em participar da minha defesa.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa desta pesquisa.

À todos, que direta ou indiretamente, tornaram a realização deste trabalho possível.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento térmico e da radiação ultravioleta na molhabilidade de *Pinus caribaea*, *Khaya ivorensis* e *Corymbia citriodora*, oriundas do campus da UFRRJ. As árvores das três espécies foram previamente abatidas, desdobradas, secas ao sol e encontravam-se acondicionadas em câmara climática, a 20 °C e 65% de umidade relativa, no Laboratório de Propriedades Físico-mecânicas da Madeira, do Departamento de Produtos Florestais, da UFRRJ. Foram produzidas ripas de dimensão 2,1 x 4,8 x 31,0 cm, estas foram selecionadas visualmente, evitando-se aquelas com nós, fissuras, rachaduras e outros defeitos na superfície. Parte das ripas foram tratadas termicamente em uma mufla elétrica, a 160 °C e 200 °C e com o aparelho goniômetro registrou-se o ângulo de contato formado entre a gota de água séssil e a superfície da madeira das três espécies. Foram feitos registros de ângulo de contato para a madeira com a superfície oxidada e fresca (passada em uma lâmina de micrótomo). Os registros de ângulo de contato ocorreram a cada 10 segundos, durante 120 segundos para *Khaya ivorensis* e *Corymbia citriodora*, e a cada 5 segundos, durante 60 segundos para o *Pinus caribaea*. Após isso, as amostras foram expostas a radiação UV, em diferentes intervalos de tempo (0, 42, 84, 126 e 168 h). O ensaio de envelhecimento acelerado ocorreu em uma cabine de luz, com lâmpadas de 365 nm de comprimento de onda e potência de 20 W. Após cada ciclo de exposição foram realizados novos registros de ângulo de contato para as três espécies. *P. caribaea*, única conífera dentre as espécies estudadas, foi a espécie que apresentou a maior molhabilidade, já a *C. citriodora* foi a que apresentou menor molhabilidade. Houve um aumento significativo do ângulo de contato até as primeiras 84 horas de exposição, após esse período os aumentos foram graduais e não significativos. Por fim, pôde-se concluir que o fator espécie e que o efeito combinado da exposição a irradiação ultravioleta e tratamento térmico afetaram de forma significativa a molhabilidade das madeiras estudadas.

Palavras-chave: goniômetro; mufla elétrica; ângulo de contato.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of heat treatment and ultraviolet radiation on the wettability of *Pinus caribaea*, *Khaya ivorensis* and *Corymbia citriodora*, from the UFRRJ campus. The three species were previously felled, unfolded and dried in the sun. They were stored in a climatic camera, at 20 °C and 65% relative humidity, at the Laboratório de Propriedades Físico-mecânicas da Madeira, of the Departamento de Produtos Florestais, at UFRRJ. 2.1 x 4.8 x 31.0 cm slats were produced, they were selected visually, avoiding knots, cracks and other surface defects. These woods were heat treated in an electric muffle, at 160 °C and 200 °C and with the goniometer the angle of contact formed between the drop of sessile water and the wood surface of the three species was recorded. Records were made for wood with a fresh and oxidized surface (passed on a microtome blade). The contact angle recordings occurred every 10 seconds, during 120 seconds for the strips of *Khaya ivorensis* and *Corymbia citriodora*, and every 5 seconds, for 60 seconds for those of *Pinus caribaea*. After that, the studied samples were still exposed to UV radiation, at different time intervals (0, 42, 84, 126 and 168 h). The accelerated aging test took place in a light booth, with 365 nm wavelength lamps and 20 W power. After each exposure cycle, new contact angle records were made for the three species. *P. caribaea*, the only conifer among the species studied, was the species that showed the highest wettability, while *C. citriodora* was the one that showed the least wettability. There was a significant increase in the contact angle up to the first 84 hours of exposure, after which the increases were gradual and not significant. Finally, it was concluded that the species factor and that the combined effect of exposure to ultraviolet irradiation and heat treatment significantly affected the wettability of the studied woods.

Keywords: goniometer; electric muffle; contact angle.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 <i>Pinus caribaea</i>	2
2.2 <i>Khaya ivorensis</i>	2
2.3 <i>Corymbia citriodora</i>	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	3
3.1 Obtenção e preparação do material.....	3
3.2 Tratamento térmico	4
3.3 Avaliação da molhabilidade	5
3.4. Radiação com UV – ensaio de envelhecimento acelerado.....	6
3.5. Gráficos e análises estatísticas.....	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
4.1. Densidade aparente das madeiras	7
4.2 Molhabilidade da superfície das madeiras antes de serem tratadas com raios Ultra Violetas	9
4.3 Molhabilidade da superfície das madeiras após tratamento com raios Ultra Violetas	11
4.4 Espalhamento da gota e ângulo de contato após intervalo de tempo (30 e 60 segundos).....	12
4.4.1 Madeira de <i>Pinus</i>	12
4.4.2 Madeira de Mogno	14
4.4.3 Madeira de <i>Citriodora</i>	15
5. CONCLUSÕES.....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Densidade aparente média (g/cm ³) de <i>P. caribae</i> , <i>K. ivorensis</i> e <i>C. citriodora</i> , antes e após tratamento térmico em mufla elétrica.....	7
Tabela 2. Ângulo de contato médio das superfícies frescas e oxidadas de <i>P. caribae</i> , <i>K. ivorensis</i> e <i>C. citriodora</i> , antes de serem expostas à radiação ultravioleta.....	7
Tabela 3. Ângulo de contato e diâmetro da gota (mm) da madeira de <i>P. caribae</i> , após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.....	12
Tabela 4. Ângulo de contato e diâmetro da gota (mm) da madeira de <i>K. ivorensis</i> , após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.....	13
Tabela 5. Ângulo de contato e diâmetro da gota (mm) da madeira de <i>C. citriodora</i> , após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.....	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplos de <i>Pinus caribaea</i> (A), <i>Khaya ivorensis</i> (B) e <i>Corymbia citriodora</i> (C) (Laboratório de Propriedades Físico-mecânicas da Madeira, UFRRJ).....	3
Figura 2. Mufla elétrica laboratorial, da marca Linn Elektro Therm. (Laboratório de Papel e Celulose, UFRRJ).....	4
Figura 3. Avaliação do ângulo de contato em amostra de <i>Khaya ivorensis</i> com o goniômetro DAS 100S Standard (Laboratório de Tecnologia da Madeira, UFRRJ).....	5
Figura 4. Cabine de luz, da marca T&M Instruments, modelo CL6i-45S, onde foram realizados os ensaios de envelhecimento acelerado (Laboratório de Tecnologia da Madeira, UFRRJ).....	6
Figura 5. Ângulo de contato das superfícies frescas e oxidadas de <i>P. caribaea</i> , <i>K. ivorensis</i> e <i>C. citriodora</i> , antes de serem expostas à radiação ultravioleta.	10
Figura 6. Ângulo de contato médio em função do tratamento térmico e da radiação ultravioleta para pinus, mogno e citriodora.....	11
Figura 7. Ângulo de contato da madeira de <i>P. caribaea</i> , após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.....	13
Figura 8. Ângulo de contato da madeira de <i>K. ivorensis</i> , após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.....	14
Figura 9. Ângulo de contato da madeira de <i>C. citriodora</i> , após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.....	16

1. INTRODUÇÃO

O uso das madeiras de reflorestamento tem sido potencializado para a destinação na construção civil, produção de móveis e serrados. As madeiras de reflorestamento são uma alternativa para redução dos impactos gerados às florestas nativas em regiões produtoras de madeiras do Brasil, sendo importantes para a conscientização ambiental dos consumidores que devem se preocupar com a origem da madeira utilizada. E, pensando-se na sua aplicação, é importante estudar as características da superfície desta matéria-prima, pois há uma relação direta com a qualidade do produto final.

O tratamento térmico é uma das tecnologias utilizadas com o intuito de melhorar as propriedades da madeira, aumentando sua estabilidade dimensional e diminuindo a higroscopicidade. Segundo WEILAND e GUYONNET (2003), a utilização de tratamento térmico provoca alteração em sua composição química e a durabilidade natural da madeira pode apresentar melhoria. Quando exposta a radiação ultravioleta (UV) a madeira tratada termicamente sofre um processo de fotodegradação, comprometendo sua superfície, podendo ocasionar mudanças na coloração. Contudo, acredita-se ainda que a radiação UV pode favorecer o processo de colagem. KAMDEM (2002); GARCIA (2012).

A molhabilidade é um parâmetro que depende das alterações físico-químicas da madeira. GRAY (1992) a definiu como sendo a facilidade e a eficácia com que um líquido tem de se espalhar sobre uma superfície sólida, sendo um parâmetro importante para inferir sobre a qualidade de sua superfície (PEREIRA et al., 2017).

O tratamento térmico da madeira afeta as propriedades físicas, mecânicas e químicas da madeira, inclusive a tensão superficial da superfície devida a alteração de rugosidade da madeira e da modificação da celulose, nas regiões amorfas em temperaturas abaixo de 200 °C e alteração da lignina e degradação das hemiceluloses (LOPES et al, 2018).

A molhabilidade é um parâmetro importante revela o espalhamento de um líquido polar sobre uma superfície porosa ou semi-porosa, a semelhança entre a relação existente entre adesivos a base de água e a madeira, ou seja, o processo de adesão

É preciso conhecer esse comportamento para os processos de adesão e colagem de adesivos. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento térmico e da radiação ultravioleta na molhabilidade das madeiras de *Pinus caribaea*, *Khaya ivorensis* e *Corymbia citriodora*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Pinus caribaea*

O gênero *Pinus* destaca-se no Brasil pelo uso de sua madeira no setor industrial. A sua introdução ocorreu para fins ornamentais há mais de um século e apenas na década de 60 iniciou-se o seu plantio em escala comercial. Este foi um gênero que se destacou no período em que era vigente os incentivos fiscais para o reflorestamento (ANTONANGELO; BACHA, 1998).

Com o advento da silvicultura do gênero *Pinus* voltada para a produção de madeira afim de suprir a demanda de produtos oriundos dessa matéria prima, ocorreu a diminuição do impacto ambiental sobre as florestas nativas (VASQUEZ et al., 2007).

O plantio das espécies desse gênero ocorre em maior número na região sul do país, nos estados de Paraná e Santa Catarina (ISHIBASHI, 2015).

Sua madeira é denominada como “softwood” na literatura internacional, uma madeira macia e de baixa densidade.

2.2 *Khaya ivorensis*

Popularmente conhecida como mogno africano, a espécie *Khaya ivorensis* é uma espécie exótica, de origem africana e pertencente à família botânica Meliaceae. (RIBEIRO; FILHO; SCOLFORO, 2017). Sua introdução no Brasil ocorreu com o intuito de substituir o uso do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), suscetível ao ataque da *Hypsiphyla grandella*, conhecida como a “broca das meliáceas” (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Os primeiros plantios da espécie ocorreram em 1978, no Norte do país, e foram difundidos nos anos 80 e 90. O Sul do país apresenta menos aptidão para estabelecimento da espécie, que tolera bastante variação climática. E as regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste são mais propícias para estabelecimento da espécie (REIS; OLIVEIRA; SANTOS, 2019).

O comércio de mogno africano é bastante difundido na indústria de movelaria, construção naval, construção civil e de painéis. Isso pode ser atribuído à qualidade de sua madeira, que apresenta potencial econômico no mercado interno e externo (ALBUQUERQUE et al., 2013).

2.3 *Corymbia citriodora*

Nativa da Austrália, a *Corymbia citriodora* está distribuída na faixa leste do país e ocorre em maior abundância no estado de Queensland (BOLAND et al., 2006).

Popularmente conhecida como eucalipto-cheiroso, a espécie teve os seus primeiros plantios comerciais incentivados no Brasil para a produção de carvão vegetal. Este incentivo ocorreu visando a diminuição da exploração sobre espécies nativas.

Segundo Lorenzi et al. (2003), sua árvore tem fuste retilíneo e pode chegar à até 25 m de altura. E sua madeira é muito utilizada em construções civis, estruturas, caixotes, dormentes, mourões, carvão e lenha.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção e preparação do material

O material utilizado neste projeto foi obtido a partir de árvores de três espécies, *Pinus caribaea*, *Khaya ivorensis* e *Corymbia citriodora* oriundas do campus da UFRRJ. Essas foram previamente abatidas, desdobradas e secas ao ar livre. A madeira foi acondicionada na câmara climática do Laboratório de Propriedades Físico-mecânicas da Madeira, localizado no Instituto de Florestas, a 20 °C e 65% de umidade relativa (UR) até atingir o teor de umidade de equilíbrio. Foram produzidas ripas de 2,1 x 4,8 x 31,0 cm em espessura, largura e comprimento, respectivamente. As ripas foram pesadas em uma balança de precisão e calculou-se a densidade aparente para cada uma. Foram selecionadas seis ripas de cada espécie de acordo com qualidade da superfície destas, como orientação das fibras, evitando-se os nós, fissuras e outros defeitos. Outro fator adotado para seleção das ripas, dentro da mesma espécie, foi a densidade aparente das madeiras, de modo que cada lote não diferisse entre si estatisticamente.



Figura 1: Exemplos de *Pinus caribaea* (A), *Khaya ivorensis* (B) e *Corymbia citriodora* (C) (Laboratório de Propriedades Físico-mecânicas da Madeira, UFRRJ).

3.2 Tratamento térmico

O tratamento térmico foi realizado em uma mufla elétrica laboratorial, da marca Linn Elektro Therm, dotada de um sistema de controle de temperatura e tempo. As ripas foram dispostas de forma que o ar quente pudesse circular entre elas e nas extremidades de cada amostra passou-se cola branca, para evitar uma rápida perda de água. Os tratamentos foram realizados em quatro etapas: i) aquecimento do material até 100 °C, durante 120 minutos; ii) aumento da temperatura de 100 °C até a temperatura de tratamento térmico desejada (160 e 200 °C) durante 60 minutos; iii) tempo de permanência na temperatura de tratamento térmico, 90 minutos; iv) resfriamento do material. Após o tratamento térmico as espécies foram acondicionadas em câmara climática, sob as mesmas condições iniciais, a 20 °C e 65%, até atingirem o teor de umidade de equilíbrio e posteriormente foram pesadas e medidas, para determinar novamente a densidade aparente.



Figura 2: Mufla elétrica laboratorial, da marca Linn Elektro Therm. (Laboratório de Papel e Celulose, UFRRJ).

3.3 Avaliação da molhabilidade

As amostras tratadas e não tratadas termicamente foram avaliadas quanto ao ângulo de contato formado entre a gota de água séssil e a superfície da madeira. As avaliações ocorreram em ambiente a temperatura de 25 °C e 65% de UR.

Como as amostras foram recondicionadas em câmara climática após o tratamento térmico, ocorreu a oxidação da superfície em contato com ar. Assim, as avaliações de ângulo foram feitas tanto para a superfície da madeira oxidada, como para superfície fresca. Para obtenção da condição fresca, passou-se uma lâmina de micrótomo em sua superfície, instantes antes do gotejamento com água destilada..

O aparelho utilizado para determinar a molhabilidade foi o goniômetro DAS 100S Standard, que determina a taxa de absorção e do ângulo de contato, através da análise do formato da gota e do seu espalhamento com o passar do tempo.

Antes de realizar o gotejamento, adotou-se um distanciamento padronizado de 25 mm entre a ponta da agulha e a superfície da madeira. A agulha possuía diâmetro de 0,5 mm.

Para cada condição, as amostras receberam cinco gotejamentos de água destilada. O registro do ângulo de contato foi realizado ao longo do tempo durante 120 segundos, com registro a cada 10 segundos para o Mogno e Citriodora. E durante 60 segundos, com registro a

cada 5 segundos para o Pinus. Para esta última, a diferença de metodologia ocorreu devido à rápida absorção da água apresentada pela espécie.

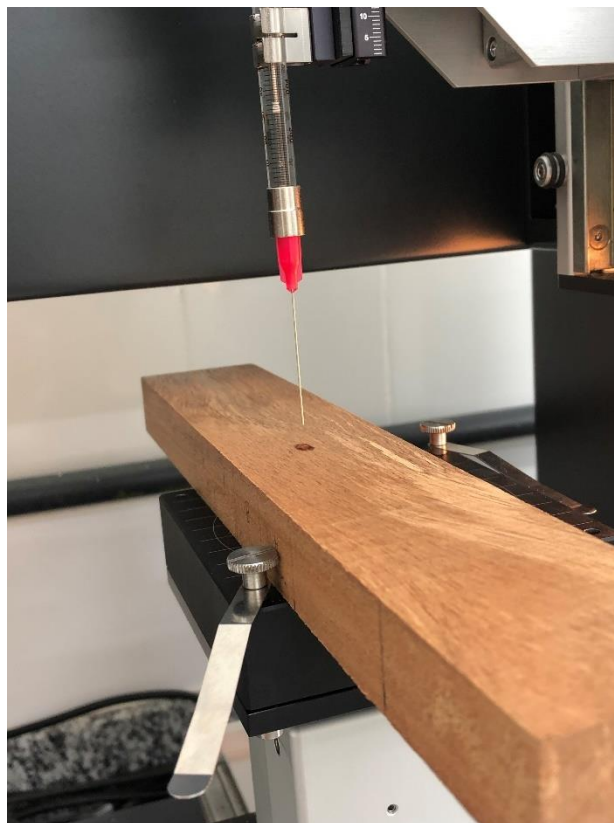


Figura 3: Gotejamento de água destilada sobre a superfície da madeira de *Khaya ivorensis* para avaliação do ângulo de contato com o goniômetro DAS 100S Standard (Laboratório de Tecnologia da Madeira, UFRRJ).

3.4. Radiação com UV – ensaio de envelhecimento acelerado

O ensaio de envelhecimento acelerado ocorreu em laboratório, em condições de temperatura ambiente. O equipamento utilizado foi uma cabine de luz, da marca T&M Instruments, modelo CL6i-45S. As amostras foram expostas a radiação UV, com lâmpadas de 365 nm de comprimento de onda e potência de 20 W, em diferentes intervalos de tempo (0, 42, 84, 126 e 168 h). Todas as amostras, tratadas e não tratadas termicamente após resfriamento da superfície, foram expostas às condições de radiação. E ao final de cada ciclo de exposição, foram avaliadas novamente quanto ao ângulo de contato formado.



Figura 4: Cabine de luz, da marca T&M Instruments, modelo CL6i-45S, onde foram realizados os ensaios de envelhecimento acelerado (Laboratório de Tecnologia da Madeira, UFRRJ).

3.5. Gráficos e análises estatísticas

Após registro dos ângulos de contato no equipamento goniômetro, os dados obtidos foram exportados para uma planilha Excel, onde foram tratados para posterior análise. O software utilizado para geração das estatísticas e gráficos foi o Statistica 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Densidade aparente das madeiras

A Tabela 1 mostra os valores médios das densidades aparentes das espécies estudadas, antes e após tratamento térmico, verificando-se uma diminuição da mesma para as três espécies com o aumento da temperatura de tratamento térmico.

Tabela 1. Densidade aparente média (g/cm³) de *P. caribae*, *K. ivorensis* e *C. citriodora*, antes e após tratamento térmico em mufla elétrica.

Espécie	Condição	Tratamentos			Média
		NT	160°	200°	
<i>P. caribae</i>	Antes	0,534a	0,540Aa	0,541Aa	0,538
	Depois		0,480Ba	0,462Bb	0,471
	Variação	-	12,4	17,1	14,8
<i>K. ivorensis</i>	Antes	0,643a	0,669Aa	0,640Aa	0,651
	Depois		0,612Ba	0,560Ba	0,586
	Variação	-	9,3	14,4	11,9
<i>C. citriodora</i>	Antes	1,054a	1,046Aa	1,041Aa	1,170
	Depois		1,000Ba	0,945Ba	0,973
	Variação		4,5	10,1	7,3

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma linha indicam diferença estatística, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença estatística, pelo teste T, ao nível de 5% de significância (dentro de cada espécies).

Aplicando o teste T, observou-se uma diferença estatística significativa na densidade média das três espécies, antes e após tratamento. Isso foi observado para cada condição de tratamento adotada no estudo. Fica evidente que o maior valor de temperatura de tratamento implicou na maior redução da densidade e que está relacionada inversamente proporcional a densidade da madeira.

P. caribae, foi a única espécie que após o tratamento térmico apresentou diferença significativa em sua densidade aparente média para cada condição de tratamento térmico, 160°C e 200°.

Huler et al. (2017) observaram redução da massa específica de *Eucalyptus cloeziana* na ordem de 7,4 até 13,7% para as temperaturas de 160°C e 210°C. Esta redução de densidade pode estar associada a redução da umidade de equilíbrio da madeira e também decorrente da degradação de seus constituintes químicos, sobretudo as hemiceluloses que são menos estáveis termicamente.

4.2 Molhabilidade da superfície das madeiras antes de serem tratadas com raios Ultra Violetas

Antes de serem submetidas aos diferentes ciclos de exposição da radiação ultravioleta, determinou-se o ângulo de contato para as amostras com superfície na condição oxidada e posteriormente fresca.

Nesta etapa da pesquisa, a condição oxidada ocorreu devido ao intervalo de tempo entre o tratamento térmico e o ensaio de exposição à radiação ultra violeta. Mesmo sendo acondicionadas em laboratório, a sua superfície tende a oxidar em contato com o ar e luminosidade e, por isso, avaliou-se o seu ângulo de contato nesta condição.

Para as três espécies estudadas, observou-se que a média de ângulo de contato para as amostras que tiveram sua superfície refrescada foram inferiores quando comparadas à condição oxidada. A oxidação da superfície das madeira aumenta o ângulo de contato, reduzindo assim sua molhabilidade.

Tabela 2. Ângulo de contato médio das superfícies frescas e oxidadas de *P. caribae*, *K. ivorensis* e *C. citriodora*, antes de serem expostas à radiação ultravioleta.

		Superfícies que não receberam UV			
Espécie	Tratamento	Ângulos de contato			
		Superfície fresca		Superfície oxidada	
		média	desvio	média	desvio
<i>P. caribae</i>	NT	18,8	14,66	21,7	13,52
	160 °C	18,5	13,59	22,8	13,04
	200 °C	26,1	21,34	52,6	8,94
<i>K. ivorensis</i>	NT	34,8	23,33	53,8	15,08
	160 °C	39,1	16,49	45,7	19,14
	200 °C	31,7	16,06	47,2	13,55
<i>C. citriodora</i>	NT	52,7	6,87	67,1	15,13
	160 °C	49,3	14,32	57,6	15,93
	200 °C	40,2	13,95	40,6	17,74

Na Figura 5, observamos que os ângulos de contato das madeiras com superfície oxidada são superiores à condição fresca. Para o Pinus, na condição oxidada, é observado que este

ângulo aumenta de forma significativa quando comparamos as diferentes temperaturas de tratamento térmico. O ângulo de contato do Pinus, tratado à 200°, foi superior aquele da condição fresca.

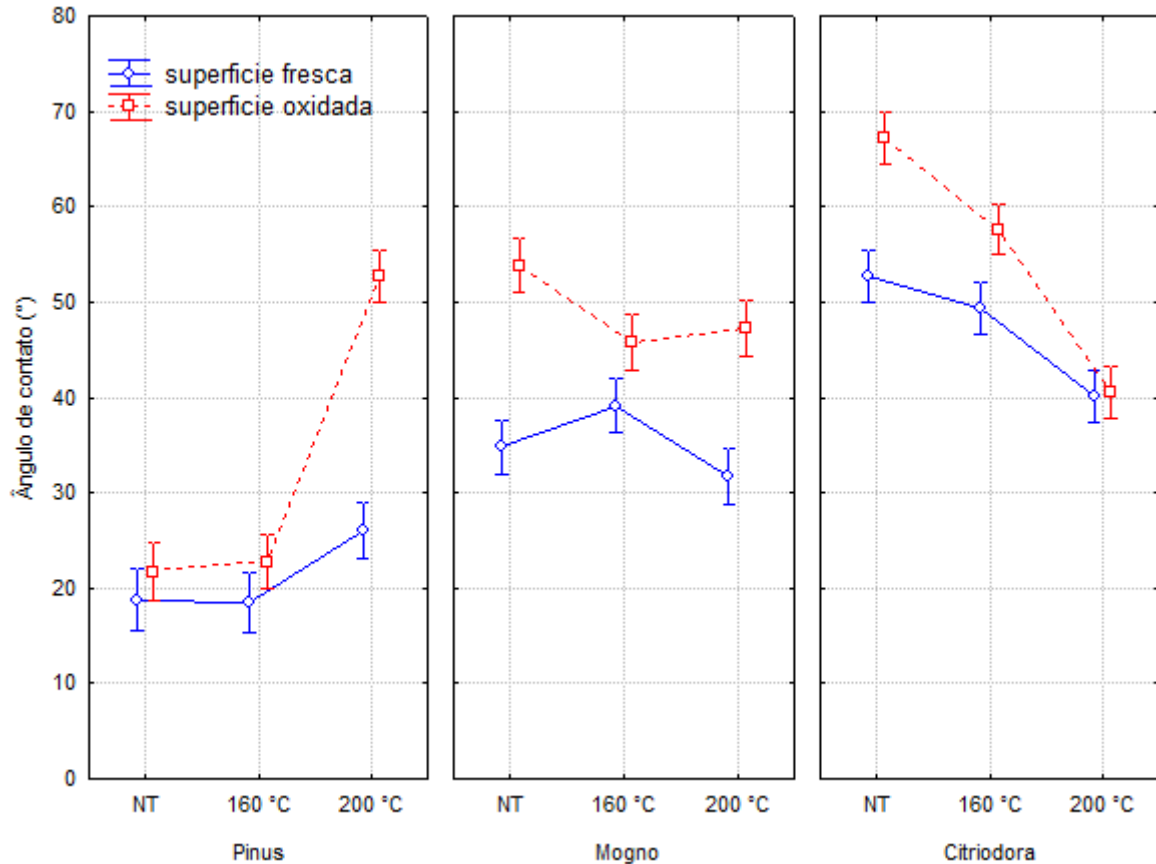


Figura 5: Ângulo de contato das superfícies frescas e oxidadas de *P. caribae*, *K. ivorensis* e *C. citriodora*, antes de serem expostas à radiação ultravioleta.

O comportamento do Citriodora difere do de Pinus, quando se compara as temperaturas de tratamentos térmicos. Observasse que à medida que a temperatura de tratamento aumenta, o ângulo de contato tende a diminuir e as diferenças de ângulo entre as distintas superfícies também.

No caso do Mogno, ocorre uma oscilação. Na condição fresca, inicialmente observamos um aumento de ângulo, partindo-se da condição não tratada para os 160 °C de tratamento térmico, seguido por uma queda, quando tratado aos 200 °C. Quando oxidada, apresentou medidas de ângulos maiores na condição não tratada, seguido por uma queda neste valor quando tratado à 160° e um aumento não significativo nos 200 °C. Este comportamento pode ser

explicado devido às condições de sua superfície, como esta apresenta grã reversa, a interação com a água varia de acordo com o local onde a gota foi depositada.

4.3 Molhabilidade da superfície das madeiras após tratamento com raios Ultra Violetas

Na Figura 6, observa-se que as três espécies, nas três condições de tratamento térmico, tendem a aumentar em seus ângulos de contato médio, à medida que são expostas aos diferentes ciclos de exposição à radiação ultra violeta. A radiação com o raio UV causa um envelhecimento acelerado na superfície das madeiras, oxidando as mesmas. Conforme visto anteriormente, na Figura 5, as superfícies oxidadas apresentam valores de ângulos médios maiores.

Quando observamos a condição das madeiras que não foram tratadas termicamente e que tiveram sua superfície refrescadas (NT usi), encontramos os menores valores de ângulo de contato. Isso porque nesta condição, a madeira tem a sua superfície renovada e a água tende a espalhar-se e ser absorvida com maior facilidade.

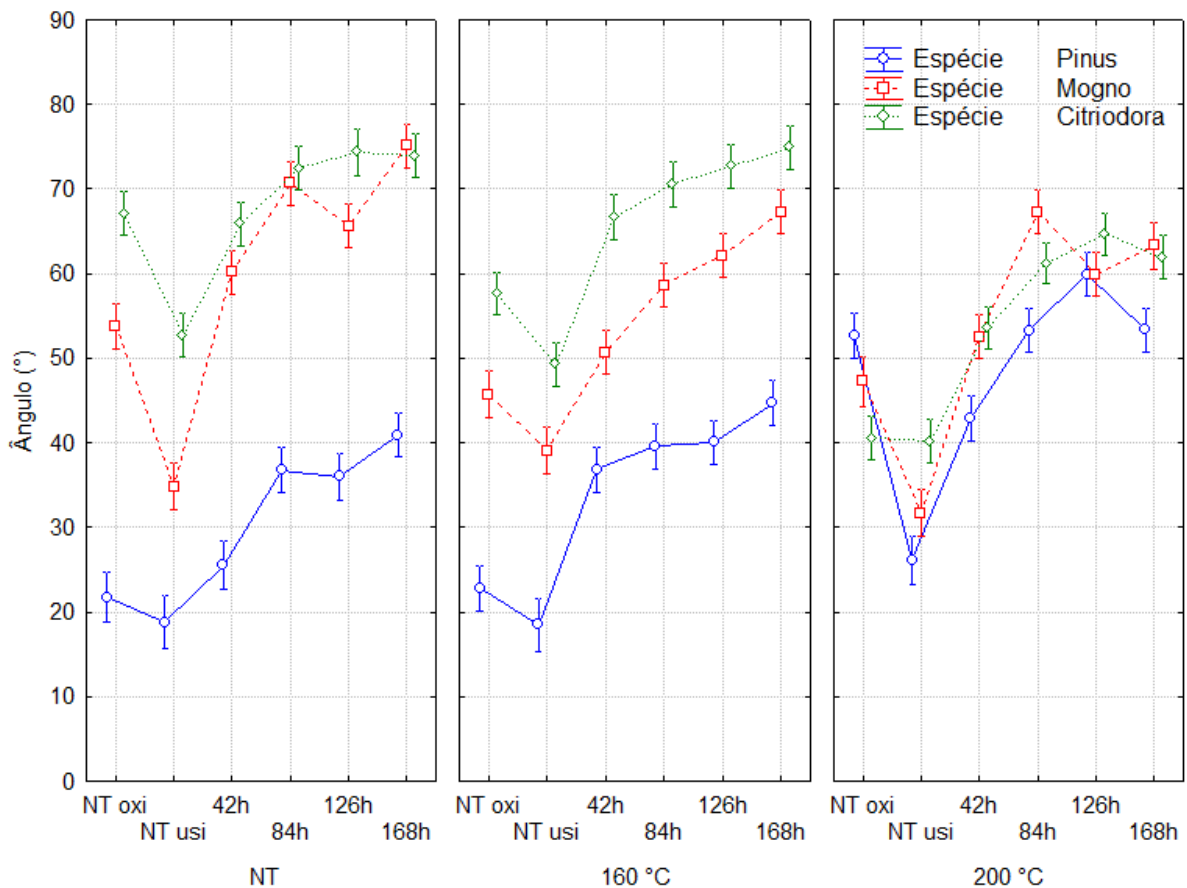


Figura 6: Ângulo de contato médio em função do tratamento térmico e do tempo de radiação ultravioleta nas madeiras de pinus, mogno e citriodora.

4.4 Espalhamento da gota e ângulo de contato após intervalo de tempo (30 e 60 segundos)

O diâmetro médio da gota é uma medida do seu espalhamento e foi avaliado o ângulo e o diâmetro da gota no tempo 0 e no tempo 30 segundos para a madeira de *P. caribae* (Pinus) e tempo 0 e 60 segundos, para as madeiras de *K. ivorensis* (Mogno) e *C. citriodora* (Citriodora). Foi observado que o tempo médio da duração da gota na superfície do pinus foi muito próxima aos 30 segundos e o tempo médio de 60 segundos para as madeiras de mogno e citriodora.

4.4.1 Madeira de Pinus

Conforme apresentado na tabela 3, o Pinus teve variação de ângulo de contato superior quando comparada com as variações de Mogno e Citriodora. Esta variação é explicada pelo rápido espalhamento e absorção da gata de água séssil por esta madeira.

Tabela 3. Ângulo de contato e diâmetro da gota (mm) da madeira de *P. caribae*, após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.

Tratamentos	UV	Ângulo de contato(°)			Diâmetro da gota - mm		
		Tempo		Variação (°)	Tempo		Variação mm
		0s	30s		0s	30s	
NT	fresca(NUV)	46,41	9,98	36	1,94	3,05	1,11
	oxidada(NUV)	53,08	12,90	40	1,71	2,46	0,75
	42h	56,92	18,51	38	1,76	2,04	0,28
	84h	70,93	29,73	41	1,72	2,64	0,92
	126h	71,63	30,74	41	1,79	2,56	0,77
	168h	74,50	36,57	38	1,77	2,46	0,70
média		62,25	23,07	39,17	1,78	2,54	0,75
160 °C	fresca(NUV)	47,62	12,67	35	1,81	2,41	0,60
	oxidada(NUV)	56,20	19,17	37	1,59	2,35	0,76
	42h	68,10	30,75	37	2,01	2,03	0,02
	84h	77,86	33,54	44	1,68	2,43	0,75
	126h	76,88	36,41	40	1,74	2,44	0,70

	168h	78,07	39,65	38	1,72	2,33	0,62
média		67,46	28,70	38,76	1,76	2,33	0,58
	fresca(NUV)	33,21	25,11	8	2,34	2,38	0,04
	oxidada(NUV)	61,57	50,10	11	1,67	1,70	0,03
200 °C	42h	62,03	40,79	21	1,73	2,03	0,30
	84h	69,97	50,60	19	1,82	2,27	0,45
	126h	74,56	58,49	16	1,85	2,11	0,26
	168h	69,65	51,07	19	1,82	2,25	0,43
média		61,83	46,03	15,80	1,87	2,12	0,25

Na Figura 7, observamos que os valores de ângulo tendem a se estabilizar mais rapidamente para a condição de tratamento à 200° C.

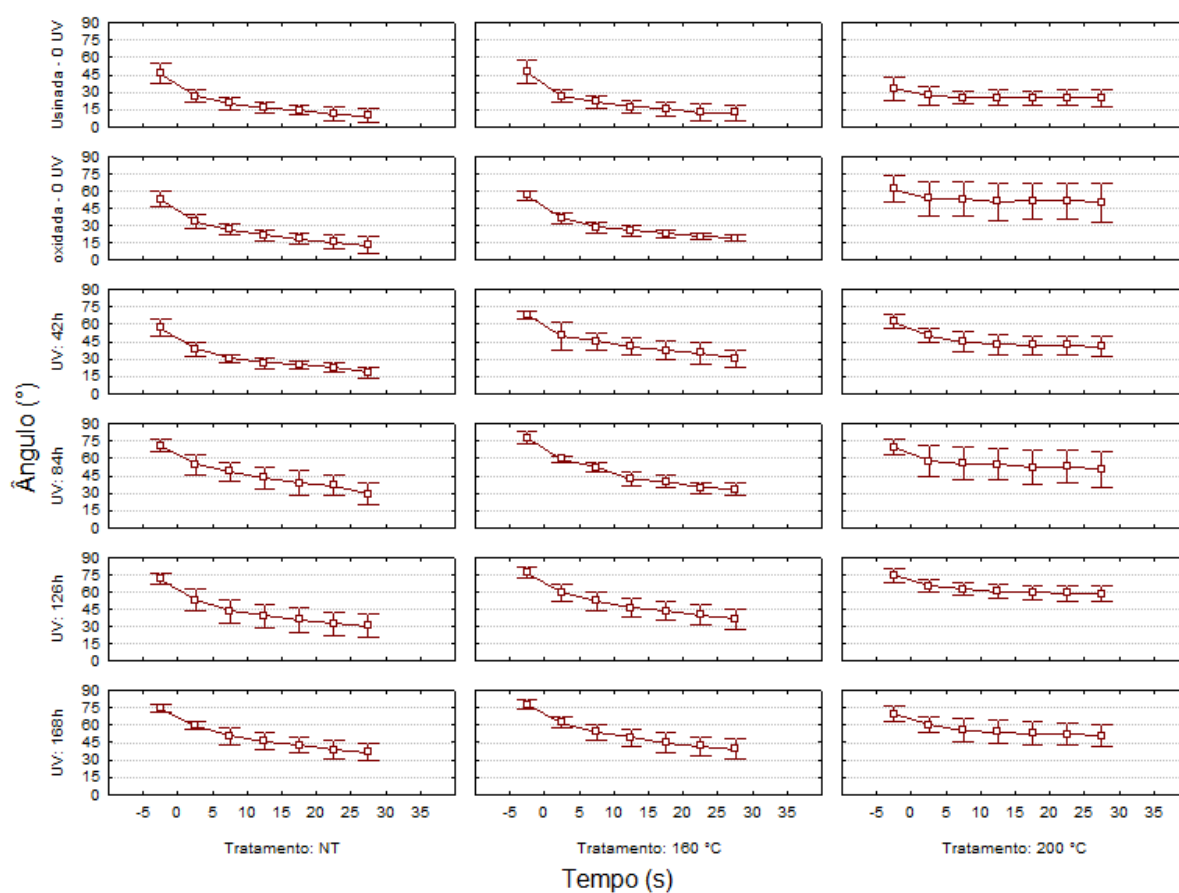


Figura 7: Ângulo de contato da madeira de *P. caribae*, após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.

4.4.2 Madeira de Mogno

Tabela 4. Ângulo de contato e diâmetro da gota (mm) da madeira de *K. ivorensis*, após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.

Tratamento UV	Ângulo de contato(°)			Diâmetro da gota de contato- mm			
	Tempo		Variação(°)	Tempo		Variação-mm	
	0s	60s		0s	60s		
NT	fresca(NUV)	53,75	32,97	21	1,74	2,30	0,56
	oxidada(NUV)	68,85	49,79	19	1,35	1,72	0,37
	42h	75,16	58,28	17	1,27	1,67	0,40
	84h	82,98	70,02	13	1,80	1,91	0,11
	126h	81,18	63,98	17	1,64	1,98	0,34
	168h	84,08	74,21	10	1,59	1,71	0,13
	média	74,33	58,21	16,13	1,56	1,88	0,32
160°C	fresca(NUV)	58,55	36,27	22	1,47	1,95	0,48
	oxidada(NUV)	68,40	38,30	30	1,39	1,98	0,58
	42h	73,63	48,15	25	1,30	1,81	0,50
	84h	81,12	54,93	26	1,56	1,61	0,05
	126h	84,42	59,23	25	1,60	1,73	0,13
	168h	83,41	67,37	16	1,57	1,82	0,24
	média	74,92	50,71	24,21	1,48	1,82	0,33
200 °C	fresca(NUV)	53,51	27,57	26	1,73	2,35	0,62
	oxidada(NUV)	71,03	43,50	28	1,38	1,98	0,60
	42h	76,07	50,55	26	1,27	1,73	0,46
	84h	81,36	65,61	16	1,84	2,43	0,59
	126h	83,59	57,17	26	1,69	2,38	0,69
	168h	86,14	60,36	26	1,60	1,97	0,37
	média	75,28	50,79	24,49	1,59	2,14	0,55

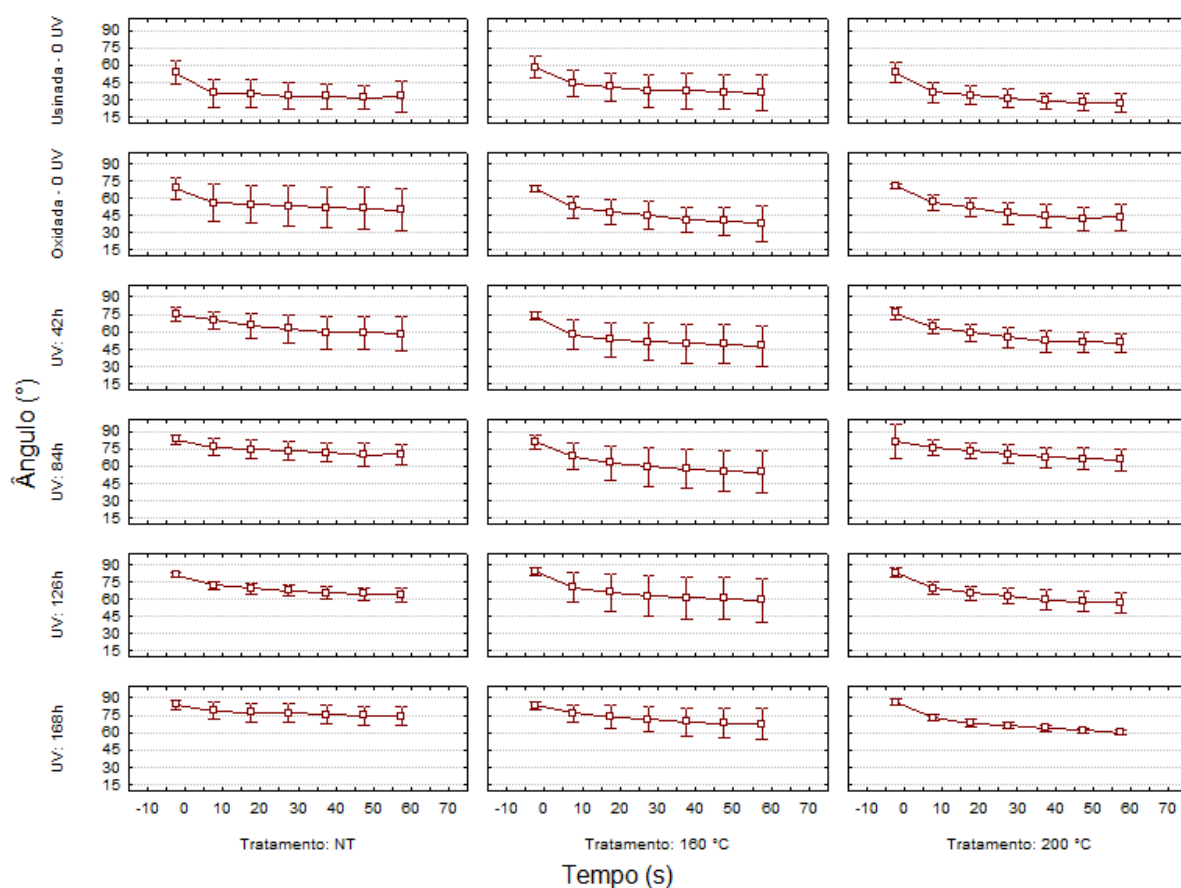


Figura 8: Ângulo de contato da madeira de *K. ivorensis*, após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.

4.4.3 Madeira de Citriodora

Tabela 5. Ângulo de contato e diâmetro da gota (mm) da madeira de *C. citriodora*, após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos.

Tratamento	UV	Ângulo de contato(°)			Diâmetro da gota - mm		
		Tempo		Variação (°)	Tempo		Variação mm
		0s	60s		0s	60s	
NT	fresca(NUV)	70,73	49,93	21	1,59	1,52	- 0,07
	oxidada(NUV)	73,68	66,86	7	1,36	1,42	0,06
	42h	73,59	65,23	8	1,34	1,47	0,13
	84h	77,57	71,84	6	1,57	1,76	0,20
	126h	77,84	73,97	4	1,73	1,80	0,07
	168h	81,72	72,89	9	1,69	1,82	0,13
média		75,86	66,79	9,07	1,54	1,63	0,09

160 °C	fresca(NUV)	66,67	47,88	19	1,94	2,20	0,26
	oxidada(NUV)	70,11	56,69	13	1,37	1,60	0,23
	42h	75,35	65,75	10	1,27	1,37	0,10
	84h	81,37	68,98	12	1,64	1,85	0,21
	126h	77,81	72,45	5	1,75	1,80	0,06
	168h	80,34	74,44	6	1,68	1,75	0,07
	média	75,28	64,36	10,91	1,61	1,76	0,16
200 °C	fresca(NUV)	61,84	36,56	25	1,56	2,02	0,46
	oxidada(NUV)	64,88	36,60	28	1,34	2,12	0,78
	42h	68,89	52,77	16	1,33	1,70	0,37
	84h	75,15	59,21	16	1,66	1,92	0,26
	126h	75,38	63,30	12	1,70	1,84	0,14
	168h	76,18	60,22	16	1,67	1,92	0,25
	média	70,39	51,44	18,94	1,54	1,92	0,38

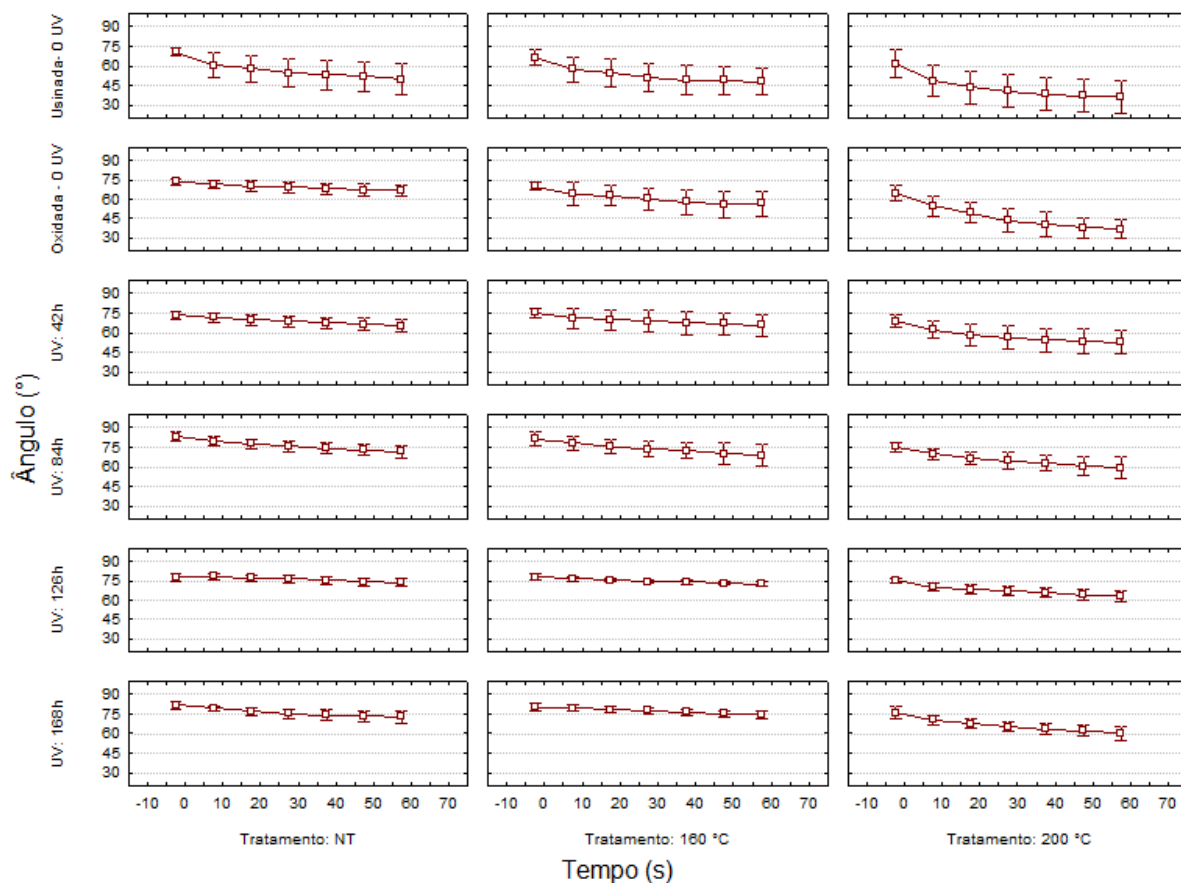


Figura 9: Ângulo de contato da madeira de *C. citriodora*, após intervalo de tempo de 30 e 60 segundos

Para as madeiras de Mogno e Citriodora, a variação do ângulo ocorreu de forma mais lenta. O mesmo foi observado para os diâmetros de gota.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados podemos concluir que:

- O tratamento térmico influenciou significativamente na diferença entre as médias de densidade aparente, para as três espécies estudadas;
- Madeiras com superfícies refrescada apresentaram maior molhabilidade, quando comparadas às superfícies oxidadas;
- A radiação ultravioleta diminui a molhabilidade da madeira. Com 84 horas de exposição, para a madeira não tratada termicamente, essa diminuição passa a ser gradual para o Pinus e para a Citriodora;
- O ângulo de contato entre a gota do líquido e a superfície são menores para a madeira pinus, quando comparada ao mogno e a citriodora;
- O efeito da radiação ultravioleta e do tratamento térmico afetaram a molhabilidade das madeiras estudadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. P. et al. **Levantamento Bibliográfico sobre Mogno Africano**. p. 24, 2011.

ALBUQUERQUE, M. P. F. DE et al. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9–16, 2013.

ANTONANGELO, A.; BACHA, C. J. C. As Fases da Silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 52, n. 1, p. 207–238, 1998.

BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: CSIRO, 2006. 736 p.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; LATORRACA, J. V.; Effect of Thermal Modification on the Physical Properties of Juvenile and Mature Woods of *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n.1, p.108-113, 2014.

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

Gray VR. **The wettability of wood**. Forest Products Journal 1992; 12(9): 452-461.

GONZALES, J. L. S.; VALERI, S. V.; PAULA, R. C. DE. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 90, p. 171–178, 2011.

HULLER, L. A. S. et al. Modificação térmica e propriedades tecnológicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 183, 2017.

ISHIBASHI, V. **Seleção genética de *Pinus elliottii* var. *Elliottii* engelmann visando estabelecimento de um pomar clonal de sementes**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná, 2015.

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

LOPES, J. DE O.; GARCIA, R. A.; DE SOUZA, N. D. Infrared spectroscopy of the surface of thermally-modified teak juvenile wood. **Maderas: Ciencia y Tecnologia**, v. 20, n. 4, p. 737–746, 2018.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 352 p

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; BORTOLETTO JÚNIOR, G. Efeitos da termorreificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 305 - 314, abr./jun. 2012.

POUBEL, D. DA S. et al. Efeito da termorreificação nas propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea*. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 391–398, 2013.

PEREIRA, K. N.; GONÇALEZ, J. C.; RAABE, J.; COSTA, A F. **Surface quality of the *Ficus* sp. wood veneers submitted to finishing treatments**. Madera y Bosques, Veracruz, v. 23, n. 2, 2017.

REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B. DE; SANTOS, A. M. **Mogno-africano (*Khaya* spp.):**

atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 378 p.

RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; SCOLFORO, J. R. S. African Mahogany (*Khaya* spp.) cultivation and the increase of the activity in Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 504–508, 2017.

SANTOS, W. A.; GARCIA, R. A. Efeito da densidade e da cor na molhabilidade da superfície de madeiras de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 47, p. 245-255, 2019.

SANTOS, P. V. ; DA SILVA, M. A. ; DIAS JR., A. F. ; CARVALHO, A.M. ; NASCIMENTO, A. M. Qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* submetida ao processo de termorreificação. **Scientia Forestalis** (IPEF), v. 44, p. 41-56, 2016.

VASQUEZ, A. G. et al. UMA SÍNTESE DA CONTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Pinus* PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO SUL DO BRASIL. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 445–450, 2007.

WEILAND, J.; GUYONNET, R. Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy. **Holz als Roh- und Werkstoff**, v.61, p.216-220, 2003.