

EFICIÊNCIA DE UM RESÍDUO DE ORIGEM PETROLÍFERA SOBRE A ESTABILIDADE DIMENSIONAL DA MADEIRA DE *Pinus* sp. (pinus) E *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga)

EFFECTIVENESS OF A OIL RESIDUE FROM PETROLEUM ON DIMENSIONAL STABILITY OF *Pinus* sp. (Pinus) AND *Mimosa scabrella* Bentham (Bracatinga) WOOD

Alexandre Florian da Costa¹ Ailton Teixeira do Vale¹ Joaquim Carlos Gonzalez¹

RESUMO

Na busca de alternativas de uso para um resíduo de origem petrolífera conhecido como “LCO” (Liquid Cycle Oil), avaliou-se a sua capacidade de aumentar a estabilidade dimensional das madeiras de *Pinus* sp.(pinus) e *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga). Esse resíduo foi testado na sua composição original e diluído em querosene comercial, em diferentes proporções. Foram avaliados a variação dimensional nos 3 eixos anatômicos, a variação volumétrica, o coeficiente de retratibilidade, anisotropia, e a variação da massa específica básica e a 12% de umidade, em diferentes etapas do estudo. Os resultados mostraram que não houve variação significativa da contração e inchamento máximos entre as amostras tratadas e as amostras não-tratadas (testemunhas), para ambas as espécies, ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, observou-se uma redução no coeficiente de retratibilidade, com o aumento da concentração de LCO, para ambas espécies. De um modo geral, dentre as duas espécies estudadas, o pinus foi a que apresentou os menores valores dos índices avaliados. Os coeficientes de retratibilidade e anisotropia da bracatinga foram superiores aos do pinus, apesar da diferença não significativa entre as amostras tratadas e as testemunhas. Esses resultados indicam ter havido uma variação mínima entre as faces tangencial e radial, possivelmente por meio de uma pobre penetração do LCO na parede celular. Como consequência, esse resultado pode estar relacionado ao fraco desempenho do produto químico testado, não conseguindo promover uma boa estabilidade dimensional da madeira de ambas as espécies. O aumento da concentração de LCO possibilitou um aumento na massa específica a 12% de umidade para ambas espécies. Esse resultado pode estar associado à presença de parte do produto remanescente nas paredes do lúmen celular e canais resiníferos. A aparência externa da madeira tratada foi outro fator restritivo ao uso do LCO.

Palavras-chave: Estabilidade dimensional, LCO, *Mimosa scabrella*, *Pinus* sp.

ABSTRACT

In search for alternative uses of a petroliferous oily residue known as “LCO” (Liquid Cycle Oil), its capacity to improve the dimensional stability of the wood was evaluated using *Pinus* sp. (pinus) and *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga). The LCO was tested in its original composition and also diluted in different proportions into a commercial kerosene. The dimensional stability in the

1. Engenheiro Florestal, Dr. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, CEP 70910-900, Brasília (DF)

three anatomic axis, volumetric changes, shrinkage and anisotropy coefficients, basic density and 12% relative humidity density changes were evaluated, in different stages during the investigation process. The results show no significant differences in maximum swelling and shrinkage between treated and untreated wood blocks at 5% probability level for both species. However, a reduction in the shrinkage coefficient was observed with the increase of LCO concentration, for both species. In general, pinus showed lowest values in all parameter evaluated. The shrinkage and anisotropy coefficient were higher for bracatinga than pinus, nevertheless, no significant differences were observed between treated and untreated wood blocks. These results indicated that changes between tangential and radial faces were minimal, possible due to a poor penetration of LCO into the cell walls. This result, as a consequence, could be associated with a weak performance of the tested chemical, which could not improve the dimensional stability of wood for both species. The increasing LCO concentrations increased the density of both species at 12% relative humidity. This result could be associated to the presence of part of the chemical remaining in the walls of the cellular lumen and the resiniferous channels. Besides, the external aspect of the treated wood was also other restrictive factor to the use of LCO.

Key words: Dimensional stabilization, liquid cycle oil, *Mimosa scabrella*, *Pinus* sp.

INTRODUÇÃO

A madeira de uma árvore recém-abatida pode apresentar uma grande quantidade de água no seu interior. Espécies como as do gênero *Pinus* podem apresentar uma proporção de água, em relação ao seu peso seco, superior a 100%. A remoção dessa água, na maioria das vezes, está diretamente relacionada com o uso final da madeira, e com as condições de serviço a que estará sujeita.

A madeira pode inchar até atingir o ponto de saturação das fibras (PSF), ou contrair quando seu conteúdo de umidade diminui abaixo desse ponto, até 0% de umidade. Uma mudança de volume, em consequência da adsorção ou desorção de água durante a secagem ou acondicionamento, pode originar defeitos na madeira, afetando de forma significativa o seu uso em nível industrial.

Trabalhos têm sido desenvolvidos com a finalidade de aumentar a estabilidade dimensional da madeira e de seus subprodutos. Uma forma de reduzir a contração ou o inchamento, é através do preenchimento dos espaços vazios existentes no interior da estrutura celular da madeira com produtos químicos capazes de reagir com a água.

Quando a madeira entra em contato com a umidade, as moléculas de água, seja no estado de vapor ou líquido, penetram na parede da célula e, pela união com as moléculas de hidrogênio, passam a fazer parte dos seus componentes. Dessa forma é que a madeira poderá aumentar ou diminuir seu volume em razão do ganho ou perda de água até o PSF (GALVÃO & JANKOWSKY, 1985).

ROWELL & YOUNGS (1981) afirmam que o aumento do volume da madeira, está diretamente relacionado com o volume teórico de líquido aderido à parede da célula. Em

contrapartida, ESPENAS (1971) observou uma contração da madeira, quando seca lentamente à alta temperatura e umidade relativa.

Dentre os principais componentes da madeira, a hemicelulose é o material mais hidrófilo e higroscópico, à qual tem sido atribuída grande parte dos fenômenos de adsorção e inchamento da madeira. A celulose, por sua vez, é acessível à água somente nas áreas amorfas e nas superfícies das áreas cristalinas, enquanto a lignina é considerada uma substância altamente hidrófoba, pouco contribuindo para a aquisição de água na madeira (MORESCHI, 1975).

Segundo SIAU (1971), madeiras com massa específica mais elevada tendem a apresentar maior variação dimensional do que as de menor massa específica. SKAAR (1972) afirma, no entanto, que uma parede celular seca, quando imersa na água, tende a inchar na proporção do volume total de água adquirida, menos a quantidade de água que preenche os espaços vazios.

A maioria dos resultados práticos de estabilização dimensional da madeira depende basicamente do preenchimento das fibras. STAMM (1964) comenta que quanto maior for a concentração da solução de tratamento, maior depósito permanecerá no interior da parede celular, diminuindo assim a contração da madeira proporcionalmente ao volume ocupado pelo soluto em solução.

Dos vários produtos químicos utilizados para a estabilização dimensional da madeira, o Polietileno Glicol (PEG) tem sido um dos agentes de preenchimento que tem apresentado os melhores resultados (KENAGA, 1963; CHOONG e BARNES, 1969; CHEN *et al.* 1995). Algumas soluções de sais e açúcares concentrados têm sido utilizados para reduzir o inchamento e contração da madeira, tais como: soluções de cloreto de manganês, de sódio, de bário, de magnésio e de lítium, além de soluções de sacarose, glucose e frutose (STAMM, 1977).

Além desses estudos, WINISTORFER *et al.* (1996) avaliaram o efeito de 3 diferentes formulações de ceras aplicadas sobre a madeira de *Pinus sp.* em relação ao seu inchamento em espessura. No entanto, não se têm notícias sobre estudos dessa natureza, utilizando resíduos oleosos de origem fenólica destilados do petróleo.

Objetivando avaliar a estabilidade dimensional de duas espécies de madeiras, foi selecionado um resíduo oleoso de origem petrolífera cujas características para essa finalidade ainda não são conhecidas. Para tanto, foram determinados os coeficientes de variação dimensional dessas madeiras, impregnadas sob vácuo com tal resíduo oleoso, na busca de novas alternativas de uso para resíduos originados nas refinarias de petróleo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Espécies de Madeiras

Dois espécies florestais, uma conífera *Pinus sp.* (*Pinus*) e outra folhosa *Mimosa scabrella* Benth. (*Bracatinga*), foram selecionadas para este estudo.

Conforme sugestão de NOACK (1970), cinco árvores de cada espécie foram coletadas ao

acaso, ambas de povoamentos com, aproximadamente, 10 anos de idade, localizadas na Fazenda Experimental do Canguiri, de propriedade da Universidade Federal do Paraná, no município de Pinhais, próximo a Curitiba – PR .

Valendo-se de toras, medindo 1,5 m de comprimento e 15 a 20 cm de diâmetro, foram retirados os corpos de prova para os testes de estabilidade dimensional. A orientação de corte e as dimensões dos corpos de prova, seguiram as sugestões da norma ABNT (1997). Para tanto, foram confeccionadas amostras de 2,5 x 2,5 x 10,0 cm orientadas nos planos tangencial, radial e longitudinal respectivamente.

Climatização dos corpos de prova

Logo após a confecção dos corpos de prova, estes foram selecionados e codificados. Posteriormente a pesagem, suas medidas foram determinadas nos três planos de corte mencionados, sendo então acondicionados em câmara de climatização a uma temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 3\%$, correspondendo a um teor de umidade de equilíbrio da madeira em torno de 12%.

Produto químico

O produto químico testado foi obtido junto à Refinaria Presidente Getúlio Vargas – REPAR – PETROBRÁS – Petróleo Brasileiro S.A.. Segundo informações obtidas junto a empresa, esse produto é um resíduo oleoso de origem fenólica conhecido como “LCO” (Liquid Cycle Oil), resultante do processo de tratamento de produtos destilados do petróleo, de cor marrom escura e odor característico.

Esse produto foi avaliado tanto na sua composição original quanto fracionado em diferentes concentrações volume/volume, utilizando-se o querosene de uso comercial como solvente. Cada mistura do LCO + querosene corresponde a um tratamento, conforme mostra a Tabela 1, sendo que para cada tratamento foram utilizadas seis repetições. Como testemunhas foram utilizadas iguais quantidades de corpos de prova, não-tratados, os quais serviram de base para comparação com as amostras tratadas.

TABELA 1: Demonstrativo correspondente aos tratamentos analisados no estudo.

Produto	Concentração (%)				
LCO	100	75	50	25	0
Querosene	0	25	50	75	100

Tratamento dos corpos de prova

De acordo com a Tabela 1, os corpos de prova utilizados receberam uma codificação alfanumérica para cada produto/concentração (tratamento).

A impregnação dos corpos de prova foi realizada individualmente para cada um dos tratamentos descritos, pelo método de célula cheia, utilizando-se, para tanto, uma câmara de vácuo de tamanho reduzido conforme ilustrado na Figura 1.

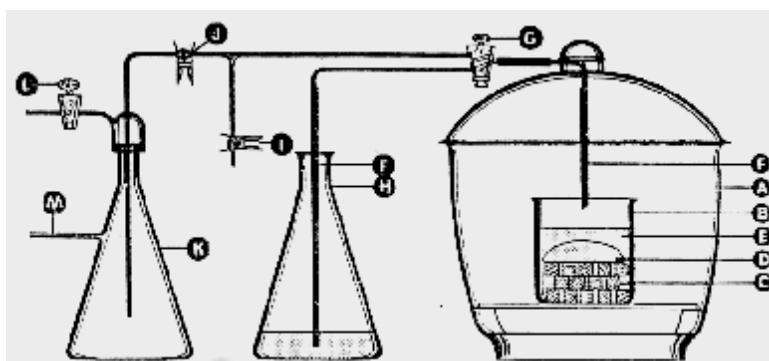


FIGURA 1: Aparatos utilizados para impregnação a vácuo; A – Dessecador com diâmetro interno 250mm; B – Beaker de plástico ou vidro para tratamento; C – Corpos de prova de madeira; D – Vidro ou outro peso adequado; E – Solução de tratamento; F – Tubo de polietileno; G – Torneira de vidro com plugue de teflon de 3 caminhos; H – Frasco contendo a solução de tratamento; I – Articulação de vidro com anel principal em “O” para medidor de vácuo ou manômetro de mercúrio; J – Articulação de vidro com anel em “O”; K – Frasco para vácuo; L – Torneira para a atmosfera; M – Linha para a fonte de vácuo.

Os blocos de madeira foram colocados em um Becker e introduzidos na câmara de vácuo. A pressão atmosférica no interior da câmara foi então reduzida em 100 mm de mercúrio, durante 20 a 30 minutos, para que o ar existente na madeira fosse drenado. Após esse período, a solução de tratamento foi lentamente introduzida para o interior da câmara, por meio da liberação do vácuo, cobrindo totalmente os corpos de prova, mantendo-os sob pressão atmosférica por um período de 30 minutos. Em seguida, estes foram removidos da solução de tratamento, enxugados para remover o excesso de solução existente sobre a sua superfície, e pesados a uma precisão de 0,01g. O ganho em peso, correspondente à quantidade de solução de tratamento absorvida pela madeira, foi então calculado pela diferença dos pesos antes e após o tratamento.

Coleta de dados

Foram determinados os dados referentes à massa (g), às dimensões tangencial, radial e longitudinal (mm) e volumétrica (cm^3) dos corpos de prova selecionados. A massa dos corpos de prova foi determinada em balança analítica da marca Metler, com precisão de 0,01g. As dimensões tangencial e radial foram obtidas com base em uma média de dois pontos determinados com um micrômetro, e a longitudinal com um paquímetro, sempre na mesma posição, previamente marcada nos corpos de prova.

Os dados foram tomados em diferentes momentos durante o decorrer do experimento. Inicialmente foram determinados os dados dos corpos de prova no estado verde, posteriormente, acondicionados a um teor de umidade de equilíbrio (TUE) de 12%, na seqüência, foram coletados os dados após a sua impregnação e em seguida acondicionados a 12% de TUE após a impregnação e por último, após atingirem peso constante, quando secos em estufa a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Após a coleta dos dados foram determinados a contração e inchamento radial, tangencial e volumétrico; o coeficiente de retratibilidade radial e tangencial; o coeficiente de anisotropia; e a massa específica básica e a 12% de umidade. Esses cálculos foram realizados por meio das expressões matemáticas abaixo relacionadas. Os resultados obtidos foram comparados estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

$$\beta_{(t,r)} = \frac{Lu - Lo}{Lu} \times 100 (\%) \quad \beta_v = \frac{Vu - Vo}{Vu} \times 100 (\%)$$

$$\infty_{(t,r)} = \frac{Lu - Lo}{Lo} \times 100 (\%) \quad \infty_v = \frac{Vu - Vo}{Vo} \times 100 (\%)$$

$$CR = \frac{(Lac - Lo) \times Po}{Lo \times (Pac - Po)} \quad CA = \beta_t \div \beta_r$$

$$MEB = \frac{Po}{Vu} \quad ME12\% = \frac{Pac}{Vac}$$

Em que: ∞ = Coeficiente de inchamento máximo (%); β = Coeficiente de contração máxima (%); CR = Coeficiente de retratibilidade; CA = Coeficiente de anisotropia; MEB = Massa específica básica (g/cm^3); ME12% = Massa específica após acondicionamento (g/cm^3); Lu = Dimensão no estado verde (mm); Lac = Dimensão após acondicionamento (mm); Lo = Dimensão após secagem em estufa a $103 \pm 2^\circ C$ (mm); Pac = Massa do corpo de prova após acondicionamento (g); Po = Massa do corpo de prova seco em estufa a $103 \pm 2^\circ C$ (g); Vu = Volume do corpo de prova no estado verde (mm^3); Vac = Volume do corpo de prova após acondicionamento (mm^3); Vo = Volume do corpo de prova seco em estufa a $103 \pm 2^\circ C$ (mm^3); v = Volumétrica; t = Tangencial; r = Radial

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da variação dimensional e da massa específica, para ambas as espécies estudadas, são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Os resultados mostram não ter havido diferença significativa na contração máxima entre as amostras tratadas e a testemunha (tratamento 6), sugerindo que os produtos não apresentaram efeito significativo na redução da contração de ambas as espécies, conforme ilustrado na Figura 2.

Entretanto, CHEN *et al.* (1995), trabalhando com pinus, obtiveram uma considerável redução na contração volumétrica, impregnando o alburno com polietileno glicol e tanino, observando que estes permaneceram mais nos espaços vazios do que nas paredes da célula.

TABELA 2: Médias da variação dimensional e da massa específica para a madeira de bracatinga tratadas com as misturas de LCO + querosene.

Combinações		Contração Máxima (%)			Inchamento Máximo (%)			Coeficiente de Retratibilidade		Coeficiente de Anisotropia	Massa Específica		
LCO %	Valores	Vol.	Tan.	Rad.	Vol.	Tan.	Rad.	Tan. (%/%)	Rad. (%/%)		Básica (g/cm ³)	12% (g/cm ³)	
100	Média	14,37	10,59	4,15	16,79	11,85	4,33	0,194	0,081	2,55	0,63	0,88	
	Des. Pad.	0,49	0,29	0,23	0,66	0,37	0,25						
	Var.	1,03	0,99	1,08	1,04	0,99	1,09	2,06	2,44		0,92	0,95	0,84
75	Média	13,97	10,36	4,07	16,24	11,55	4,24	0,201	0,078	2,55	0,61	0,85	
	Des. Pad.	0,39	0,46	0,58	0,53	0,57	0,63						
	Var.	1,06	1,01	1,10	1,07	1,02	1,11	1,99	2,54		0,92	0,98	0,87
50	Média	13,46	9,85	4,01	15,56	10,93	4,18	0,205	0,090	2,46	0,60	0,82	
	Des. Pad.	0,33	0,37	0,15	0,44	0,45	0,16						
	Var.	1,10	1,07	1,12	1,12	1,07	1,12	1,94	2,20		0,95	1,00	0,90
25	Média	14,01	10,19	4,28	16,30	11,35	4,47	0,267	0,126	2,38	0,61	0,80	
	Des. Pad.	0,70	0,69	0,37	0,95	0,86	0,41						
	Var.	1,06	1,03	1,05	1,07	1,03	1,05	1,49	1,57		0,98	0,98	0,93
0	Média	13,97	10,13	4,26	16,24	11,28	4,45	0,314	0,134	2,38	0,59	0,75	
	Des. Pad.	0,54	0,32	0,35	0,73	0,40	0,38						
	Var.	1,06	1,04	1,05	1,07	1,04	1,06	1,27	1,48		0,98	1,02	0,99
Testem.	Média	14,86	10,50	4,49	17,45	11,73	4,70	0,399	0,198	2,34	0,60	0,74	
	Des. Pad.	0,40	0,18	0,21	0,55	0,22	0,23						
	Var.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00

Em que: Des. Pad. = desvio padrão; Var. = variação máxima em relação à testemunha; Testem. = testemunha; Vol. = volumétrico; Tan. = tangencial; Rad. = radial.

TABELA 3: Médias da variação dimensional e massa específica para a madeira de pinus tratadas com as misturas de LCO + querosene.

Combinações		Contração Máxima (%)			Inchamento Máximo (%)			Coeficiente de Retratibilidade		Coeficiente de Anisotropia	Massa Específica		
LCO %	Valores	Vol.	Tan.	Rad.	Vol.	Tan.	Rad.	Tan. (%/%)	Rad. (%/%)		Básica (g/cm ³)	12% (g/cm ³)	
100	Média	9,55	6,04	3,78	10,58	6,44	3,93	0,026	0,018	1,60	0,39	0,88	
	Des. Pad.	1,14	0,59	0,62	1,40	0,66	0,67						
	Var.	1,13	1,14	1,03	1,14	1,14	1,03	9,19	8,50		1,11	0,92	0,50
75	Média	8,98	5,96	3,25	9,87	6,34	3,36	0,030	0,017	1,83	0,38	0,81	
	Des. Pad.	0,84	0,41	0,42	1,01	0,47	0,45						
	Var.	1,20	1,15	1,20	1,23	1,16	1,21	7,97	9,00		0,97	0,95	0,54
50	Média	9,54	5,98	3,70	10,55	6,36	3,85	0,037	0,025	1,62	0,38	0,74	
	Des. Pad.	0,86	0,63	0,47	1,06	0,71	0,51						
	Var.	1,13	1,15	1,05	1,15	1,16	1,05	6,46	6,12		1,09	0,95	0,59
25	Média	9,57	6,41	3,31	10,59	6,85	3,43	0,047	0,027	1,94	0,35	0,64	
	Des. Pad.	0,77	0,52	0,30	0,95	0,60	0,33						
	Var.	1,13	1,07	1,18	1,14	1,08	1,18	5,09	5,67		0,91	1,03	0,69
0	Média	9,90	6,37	3,75	11,00	6,81	3,89	0,071	0,047	1,70	0,35	0,54	
	Des. Pad.	0,96	0,51	0,56	1,19	0,58	0,61						
	Var.	1,09	1,08	1,04	1,10	1,08	1,04	3,37	3,26		1,03	1,03	0,81
Testem.	Média	10,79	6,87	3,89	12,11	7,37	4,05	0,239	0,153	1,77	0,36	0,44	
	Des. Pad.	1,13	0,52	0,86	1,43	0,60	0,94						
	Var.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00

Em que: Des. Pad. = desvio padrão; Var. = variação máxima em relação à testemunha; Testem. = testemunha; Vol. = volumétrico; Tan. = tangencial; Rad. = radial.

Foi observado também que, das duas espécies estudadas, a maior contração volumétrica, tangencial e radial ocorreu na madeira de bracatinga a qual apresentou maior massa específica em relação ao pinus. Estudos apresentados por STAMM (1962); KOLLMANN & CÔTÉ (1968); SHUPE & CHOW (1996) e HASHIM *et al.* (1997) mostraram que madeiras com maior massa específica apresentaram maiores índices de contração.

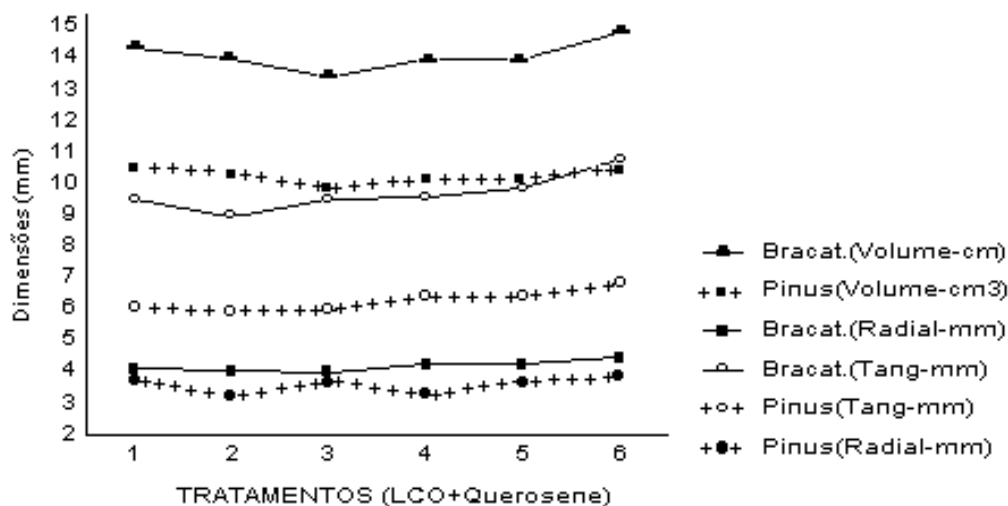


FIGURA 2: Contração máxima das madeiras de bracatinga e pinus em relação às misturas de LCO + querosene.

A Figura 3 apresenta os resultados do coeficiente de retratibilidade tangencial e radial para as espécies de bracatinga e pinus. Os valores obtidos indicam que as amostras não-tratadas (tratamento 6) foram as que apresentaram as maiores taxas de contração em relação aos demais tratamentos. Observa-se também que, quanto maior a proporção de LCO na mistura, menor foi a taxa de contração da madeira, tanto na direção tangencial quanto radial, para ambas as espécies. Além disso, verifica-se que a madeira de bracatinga apresentou os maiores valores em comparação com o pinus.

A variação desses resultados pode ter sido influenciada pela expressão matemática utilizada no cálculo desse coeficiente. De acordo com MORESCHI (1997), tal expressão leva em consideração, além das dimensões, a massa do corpo de prova, tanto acondicionada, quanto secas em estufa, dessa forma, o aumento de LCO, na solução de tratamento, tende a aumentar a massa do corpo de prova que, por conseqüência, diminuirá o valor do coeficiente de retratibilidade.

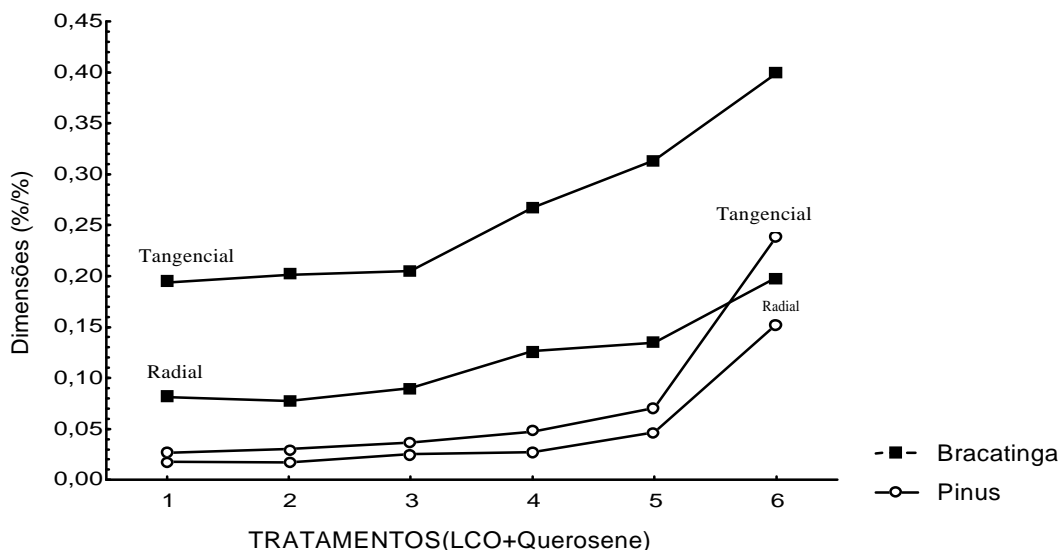


FIGURA 3: Variação do coeficiente de retratibilidade tangencial e radial das madeiras de bracatinga e pinus em relação às diferentes proporções de LCO + querosene.

A variação da anisotropia de contração para as espécies de bracatinga e pinus em relação às misturas de LCO + querosene é apresentada na Figura 4.

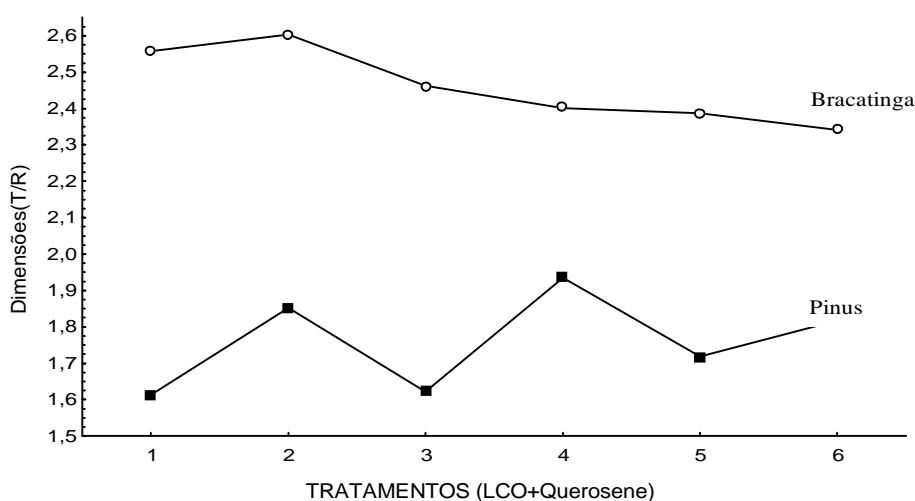


FIGURA 4: Variação da anisotropia de contração das madeiras de bracatinga e pinus em relação às misturas de LCO + querosene.

Os resultados apresentados indicam que a madeira de bracatinga, por apresentar uma anisotropia de contração elevada ($Ac > 2,0$), é menos estável do que a madeira de pinus ($Ac \cong 1,8$), considerada normal segundo MORESCHI (1997). A mesma observação é feita por GALVÃO & JANKOWSKI (1985) que consideram a relação T/R (tangencial/radial) alta (2,3 a 2,5) para bracatinga e média (1,8) para o pinus, sendo mais estáveis aquelas madeiras com uma baixa relação

T/R.

KOLLMANN & CÔTÉ (1968) comentam que uma madeira com um fator de anisotropia baixo pode ser considerada como de alta qualidade do ponto de vista da estabilidade dimensional. Por outro lado, um fator de anisotropia alto, pode restringir o uso da madeira para várias finalidades, em especial para madeira serrada.

Com base nas Tabelas 2 e 3, pode-se verificar que as misturas de LCO com querosene não alteraram de forma significativa os valores da anisotropia de contração, para ambas as espécies, quando comparadas com a testemunha (tratamento 6), indicando a possibilidade de uma penetração insuficiente da mistura na parede da célula.

A massa específica da madeira é considerada uma das propriedades físicas mais importantes, uma vez que a ela estão relacionadas a maioria das demais propriedades.

Na Figura 5, pode-se observar que as misturas de LCO + querosene não alteraram de forma significativa a massa específica básica de ambas as espécies. Entretanto, a massa específica a 12% de umidade relativa mostra que, principalmente para o pinus, o aumento da proporção de LCO na mistura ocasionou um incremento nessa propriedade.

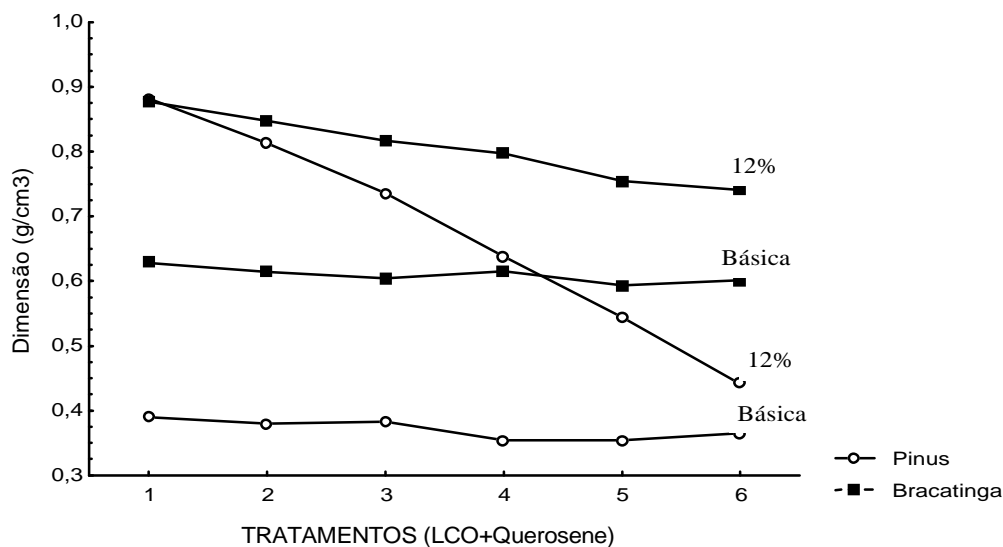


FIGURA 5: Variação da massa específica básica e a 12% de umidade relativa da bracatinga e do pinus em relação às misturas de LCO + querosene.

Uma comparação entre às duas espécies estudadas mostra que, a de menor massa específica (pinus) apresentou menores valores de contração e inchamento. Situação semelhante foi observada por CHOONG & BARNES (1969) que encontraram os melhores valores de estabilidade dimensional em amostras de madeira de menor massa específica, enquanto, KOLLMANN & CÔTÉ (1968) e STAMM (1962), trabalhando com diferentes espécies de madeira, concluíram que, quanto maior a massa específica da madeira, maior foi a contração volumétrica.

Entretanto, analisando-se em separado a massa específica a 12% de umidade, para ambas as espécies nas Tabelas 2 e 3, verifica-se que, quanto menores os valores desta massa específica,

maiores os coeficientes de retratibilidade para ambas as espécies. Esses resultados parecem estar de acordo com os observados por SCHNEIDER *et al.* (1991) que verificaram também uma redução do ponto de saturação das fibras com o aumento da massa específica.

CONCLUSÕES

Em razão dos resultados obtidos e de algumas características observadas durante a realização do experimento, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

Não houve variação da contração e inchamento máximos ao nível de 5% de significância entre as amostras não-tratadas (testemunhas) e as amostras tratadas, para ambas as espécies;

O aumento da concentração de LCO nas soluções de tratamento proporcionou uma redução da retração, para ambas as espécies;

Comparando-se as amostras não-tratadas com as amostras tratadas, a madeira de pinus apresentou uma maior redução na retração do que a madeira de bracatinga;

Comparando-se apenas as amostras não-tratadas (testemunhas), a madeira de bracatinga apresentou uma maior retração do que a madeira de pinus;

A bracatinga apresentou uma anisotropia de contração superior a do pinus, entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos para ambas as espécies;

A não-diferença, na anisotropia de contração entre os tratamentos, pode indicar não ter havido variação dos resultados entre as faces tangencial e radial, ou que esses resultados tenham sido proporcionais entre si, para ambas as espécies;

Os resultados da anisotropia indicam não ter havido penetração suficiente do produto na parede da célula, mostrando que as formulações testadas não apresentaram uma eficiência satisfatória como redutoras da variação dimensional da madeira de ambas as espécies e nas diferentes proporções de LCO + querosene;

A presença do LCO proporcionou um aumento da massa específica a 12%, o que não acontece com a massa específica básica, para ambas as espécies;

O aumento da massa específica a 12%, devido ao aumento da concentração de LCO nas soluções de tratamento, pode estar associada a presença desse produto, remanescente nas paredes do lúmen celular e nas paredes dos canais resiníferos;

O LCO puro (100%), assim como suas combinações com querosene, podem apresentar restrições na sua utilização, em razão da aparência externa da madeira após o tratamento e do odor característico liberado por produtos derivados do petróleo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. MB-26: ensaios físicos e mecânicos de madeiras.

Rio de Janeiro, 1997.

- CHEN, Y.; CHOONG, E.T.; BARNES, H.M. Effect of selected water - soluble bulking chemicals on moisture diffusion and dimensional stability of wood. **Forest Products Journal**, v.45, n.5, p.84-90, 1995.
- CHOONG, E.T. ; BARNES, H.M. Effect of several wood factors on dimensional stabilization of southern pines. **Forest Products Journal**, v.19, n.6, p.55-60, 1969.
- ESPENAS, L.D. Shrinkage of douglas-fir, western hemlock, and red alder as affected by drying conditions. **Forest Products Journal**, v.21, n.6, p. 44-46, 1971.
- GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.
- HASHIM, R.; MURPHY, R.J.; DICKINSON, D.J. et al. The physical properties of boards treated with vapor boron. **Forest Products Journal**, v.47, n.1, p.61-66, 1997.
- KENAGA, D.L. Effect of treating conditions on dimensional behavior of wood during polyethylene glycol soak treatments. **Forest Prod. Journal**, v.13, n.8, p.345-349, 1963.
- KOLLMANN, F.F.P.; CÔTÉ Jr., W.A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag, Berlin Huldberg, 1968. 592p.
- MORESCHI, J.C. **Relação água madeira e sua secagem**. Curitiba: UFPR, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, 1975. 91p.
- MORESCHI, J.C. **Apostila de tecnologia da madeira**. Curitiba: UFPR, Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais Setor de Ciências Agrárias, 1997. 85p.
- NOACK, D. **Evaluation of properties of tropical timber**. Hamburgo: IUFRO, 1970.
- ROWELL, R.M.; YOUNGS, R.L. **Dimensional stabilization of wood in use**. Madison: U. S. For. Serv., 1981. (For. Prod. Lab. Rep. N° 0243).
- SCHNEIDER, M.H.; BREBNER, K.I.; HARTLEY, I.D. Swelling of a cell lumen filled and a cell-wall bulked wood polymer composite in water. **Wood and Fiber Science**, v.23, n.2, p.165-172, 1991.
- SHUPE, T. F.; CHOW, P. Sorption, shrinkage, and fiber saturation point of Kempas (*Koompassia malaccensis*). **Forest Products Journal**, v.46, n.10, p.94-96, 1996.
- SIAU, J.F. **Flow in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. 131p.
- SKAAR, C. **Water in wood**. New York: Syracuse University Press, 1972. 218p.
- STAMM, A.J. **Wood and cellulose - liquid relationships**. North Carolina: Agricultural Experiment Station., 1962. 56p. (Tech. Bul., 150).
- STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: Ronald Press, 1964. 549p.
- STAMM, A.J. Dimensional changes of wood and their control. In: GOLDSTEIN, I.S. (Ed.) **Wood technology: chemical aspects**. 1977. p.115-140. (ACS Symp. Ser. 43).
- WINISTORFER, P.M.; XU, W.; HELTON, C.M. Influence of three wax formulations and three application rates on thickness swell performance of southern pine flakeboards. **Forest Products Journal**, v.46, n.3, p.63-67, 1996.