

FATOR DE CUBICAÇÃO PARA TORETES DE *Eucalyptus grandis* E SUA VARIAÇÃO COM O TEMPO DE EXPOSIÇÃO AO AMBIENTE

CUBICATION FACTOR OF STACKED WOOD OF *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden AND ITS VARIATION WITH THE TIME OF EXPOSITION TO THE ENVIRONMENT

Marcos Vinícios Barros¹ César Augusto Guimarães Finger² Paulo Renato Schneider³ Elio José Santini²

RESUMO

O volume de madeira em metro estere algumas vezes necessita ser convertido em metro cúbico estimando-se um fator de cubicação (Fc). Objetivando determinar o Fc para *Eucalyptus grandis* e sua variação em toretes de 1 e de 2,3 m de comprimento em exposição ao ambiente, foram confeccionadas seis pilhas de toretes nas dimensões 3 x 2 x 1 m e seis pilhas nas dimensões 3 x 2 x 2,3 m, instaladas no verão e no inverno. Os Fc's médios obtidos por razão de volumes apresentaram menor variação em comparação aos obtidos por contagem angular. A análise estatística indicou diferença ($\alpha < 5\%$) nas variáveis do efeito principal, isto é: na estação climática ($F = 18,72$), no tempo de exposição ($F = 6,51$) e no comprimento do torete ($F = 35,18$). A análise da correlação indicou que o Fc também foi influenciado pelas rachaduras de topo, pela umidade da madeira e pelas variáveis atmosféricas. Os valores médios dos Fc's indicaram uma estabilização após noventa dias da instalação das pilhas. Os toretes de *Eucalyptus grandis* apresentaram variação dimensional quando expostos ao ambiente, fazendo o Fc variar no tempo de exposição ao ambiente.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis*; fator de cubicação; torete; pilha de madeira.

ABSTRACT

Sometimes the express wood volume in stere needs to be converted into cubic meter. This is possible estimating a cubication factor (Fc). With the objective of determining the Fc for *Eucalyptus grandis* and its variation in wood pieces of different lengths of 1 and 2,3m due to time of exposure to the environment, in the summer and in the winter, six stacks of woodpiles were made in the dimensions 3x2x1m and six piles in the dimensions 3x2x2, 3m, installed in the summer and in the winter. Medium Fcc's obtained by the reason of volumes presented smaller variation in comparison to the ones obtained by angular counting. The statistical analysis indicated difference ($\alpha < 5\%$) in the variables of the main effect, that is: in the climatic station ($F = 18.72$), in the time of exhibition ($F = 6.51$) and in the length of the stacks ($F = 35.18$). The analysis of the correlation indicated that Fc was also influenced by the top cracks, by the humidity of the wood and by the atmospheric variability. The average values of Fcc's indicated a stabilization after ninety days of the installation of the piles. The stacks of *Eucalyptus grandis* presented dimensional variation when exposed to the atmosphere, making the Fc to vary in the time of exhibition at environment.

Keyword: *Eucalyptus grandis*; factor of cubication; pieces of wood; stacks of wood.

INTRODUÇÃO

O uso de madeira nos setores primário e secundário da economia passa por constantes modificações, adequando-se às necessidades de mercado. Novas tecnologias na colheita e no transporte florestal, alterações na oferta, no custo de mão-de-obra e o aumento da demanda energética são exemplos que implicam num redimensionamento da matéria-prima, levando a indústria a utilizar toretes com outras dimensões (diâmetro e comprimento) do que as praticadas em outras décadas. Novos estudos na mensuração desse valioso produto florestal são oportunos, tendo em vista que a obtenção de dados precisos, na utilização dos recursos, resulta na otimização desse processo dinâmico evitando desperdícios e erros na avaliação.

O volume da madeira é de suma importância no controle de estoque, no controle do crescimento, no

1. Engenheiro Florestal, MSc., Rua João Otto Friederich 529, CEP 97200-000, Restinga Sêca (RS), marcosvbarros@yahoo.com.br

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). finger@smail.ufsm.br/eliosantini@smail.ufsm.br

3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). paulors@smail.ufsm.br

planejamento da produção, na elaboração de plano de manejo, na comercialização, no transporte de produtos florestais e na adequação dos equipamentos processadores de madeira (picadores, serras, etc.), assumindo ainda um papel diferenciado quando envolve as relações comerciais.

O volume da madeira pode ser expresso em metro cúbico (m^3) ou estere (m^{st}), sendo necessária, algumas vezes, a conversão entre essas unidades. Essa é realizada estimando-se um fator de empilhamento (Fe), definido pela razão entre o volume estere (volume aparente) e o volume sólido, ou um fator de cubicação (Fc) dado pela razão entre volume sólido e volume estere da pilha de madeira. O seu emprego evita a mensuração individualizada dos toretes para se conhecer o volume cúbico de uma pilha de madeira, que, por sua vez, denota em aumento de tempo e mão-de-obra elevando o custo da madeira.

Grande parte da madeira de eucalipto comercializada no Rio Grande do Sul adquire as dimensões aproximadas de 1,0 m e 2,4 m de comprimento do torete, em razão do uso final do material e da largura da carroceria da maioria dos caminhões transportadores.

Para os mais diversos fins a madeira necessita estar relativamente seca, o que requer uma secagem prévia ao ar livre por um determinado tempo, que varia em razão da espécie e condições atmosféricas. Porém, essa madeira ao permanecer empilhada, por um período de secagem maior do que o necessário, sofre uma variação dimensional, ocorrendo uma redução no volume aparente da pilha de toretes sob efeito do tempo. Essa acomodação das pilhas, ou seja, redução do volume aparente sob efeito do tempo, é geradora de discussões e dúvidas acerca do fator de correção a ser utilizado na determinação do volume sólido de madeira.

A matéria-prima nas indústrias de chapas e celulose provém diretamente da floresta, de serrarias, ou da reciclagem. Segundo Andrae (2001), a medição comercial de madeira, nos primeiros dois casos, envolve sortimentos de madeira de comprimento curto, longo ou misto, com ou sem casca, fina até grossa, roliça ou sobras das serrarias e cavacos, exigindo, por causas da grande variedade de materiais, o emprego de uma série de medidas, dificilmente comparáveis e que, muitas vezes, carecem de uma relação íntima com o rendimento. Assim, à medida que a madeira comprida foi sendo aceita pelas indústrias, também o volume sólido se tornou unidade de comercialização cujo custo de medição, peça por peça, aos poucos se tornou inaceitavelmente caro em relação ao valor da madeira.

A necessidade da disposição de métodos práticos e precisos na conversão de madeira empilhada em madeira maciça para quantificação de volume tem sido objeto de investigação conforme relatam Couto e Bastos (1988); Rezende e Paula Neto (1991); Andrae (2001); Machado e Figueiredo Filho (2003).

Quando uma peça de madeira perde água diminuindo sua umidade, além da perda de massa, ela sofre uma diminuição em suas dimensões, denominada de retratibilidade linear e, conseqüentemente, em seu volume, denominado de retratibilidade volumétrica (REZENDE 2003).

Paula Neto *et al.* (1993) conduziram estudos sobre fator de empilhamento e concluíram que não se deve utilizar um fator de empilhamento médio, uma vez que esse fator varia por classe de DAP (diâmetro à altura do peito), e que o fator de empilhamento médio obtido para todas as densidades estudadas, independentemente das classes de DAP e de toretes, foi igual a 1,3324, o que difere daqueles normalmente utilizados na prática (1,43), acarretando uma superestimação de 7,3%.

No Brasil, é freqüente a adoção de um fator de cubicação médio, fato que pode acarretar erros grosseiros no cálculo do volume. Num país que consome cerca de 180 milhões de metros cúbicos de madeira por ano, pequenos erros na mensuração podem representar valores expressivos diante desse universo. Assim, é oportuno elucidar eventuais distorções de mensuração e ajustar um fator de correção para madeira empilhada em razão do tempo de depósito a céu aberto e permite conhecer e quantificar as causas da variação dimensional da madeira, otimizar o planejamento, tornando possível reduzir perdas.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo determinar o fator de cubicação de *Eucalyptus grandis* e sua variação em toretes de 2,3 metros de comprimento, aqui definidas como longas, e de 1,0 metro de comprimento definidas como curtas, em razão do tempo de exposição ao ar livre, para madeira cortada e empilhada sem casca no inverno e no verão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Trata-se de uma área de campo aberto, plana e sem obstáculos próximos, que impeçam a livre circulação do ar e a incidência dos raios solares. O clima é subtropical com chuvas distribuídas regularmente durante todo ano (KEGLER e SARTORI, 2002). A precipitação média anual é de 1.708 mm e a temperatura média anual é de 19°C.

As variáveis do clima foram analisadas em duas situações. Numa delas, consideraram-se as médias aritméticas das condições atmosféricas dos 6 dias anteriores a cada observação mensal e numa outra situação consideraram-se as médias dos 10 dias retroativos às observações.

As variáveis atmosféricas consideradas foram: temperatura máxima diária, temperatura mínima diária, temperatura média diária, amplitude térmica diária, umidade relativa do ar às 15 horas, umidade relativa do ar média diária, déficit de saturação de vapor médio diário, precipitação diária, evaporação diária no evaporímetro de Piche (capacidade evaporativa do ar), insolação diária, velocidade do vento média diária, radiação extraterrestre ou radiação solar no topo da atmosfera, radiação solar global incidente na superfície e evapotranspiração de referência (ou potencial) diária estimada pelo método de Penman-Monteith.

O experimento foi instalado a uma distância de aproximadamente 1.500 metros da estação agrometeorológica fornecedora dos dados relativos às variáveis atmosféricas. Estes, por sua vez, processados pelo Departamento de Fitotecnia/Setor de Climatologia Agrícola/UFSM.

As árvores foram abatidas de uma floresta de *Eucalyptus grandis*, com 11 anos de idade, localizada na UFSM, contíguo a entrada de acesso à torre da Rádio Universidade, sendo as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) ao norte 237456,269201m e a leste 6708494,147066m, com origem da kilometragem UTM: “Equador e Meridiano 51° West.Gr.” acrescido das constantes: 10.000 e 500 km respectivamente. Datum vertical: Marégrafo de Torres. Datum Horizontal: Córrego Alegre, Minas Gerais.

As árvores foram abatidas, seccionadas e descascadas manualmente. O abate ocorreu em dois momentos, um no inverno (mês de julho) e outro no verão (mês de janeiro). Optou-se por toretes de 2,30 e 1 metro na dimensão comprimento (profundidade da pilha), por estas representarem as dimensões de maior uso no Rio Grande do Sul.

A distribuição espacial das unidades amostrais (UAs) seguiram a orientação norte-sul no empilhamento e orientação leste-oeste no sentido longitudinal dos toretes longos (segmento de tronco com 2,3m de comprimento) e toretes curtos (segmento de tronco com 1 metro de comprimento).

Foram confeccionadas 12 pilhas com um total de 1.866 toretes, sendo seis pilhas com, aproximadamente, 2,0 m de altura x 3,00 m de largura x 2,30 m de profundidade (longos); e outras seis pilhas com, aproximadamente, 2,0 m de altura x 3,00 m de largura x 1,00 m de profundidade (curtos) em doze unidades amostrais, totalizando 115,4298 mst.

O fator de cubicação do presente estudo foi calculado pelo uso dos métodos conhecidos por razão de volumes e por técnica de relascopia, este também conhecido como método da contagem angular.

A madeira roliça empilhada (mst) representa o volume aparente da madeira (Va) como resultado do produto de suas dimensões: altura, largura e profundidade. O volume real (Vr) foi determinado pela cubagem individual de todos os toretes da pilha somadas.

Dessa forma, após a confecção das pilhas, foram tomadas as medidas individuais dos toretes para determinação do volume rigoroso ou volume real (Vr), ou seja, comprimento, e diâmetro das duas extremidades. O cálculo para determinação do Vr foi realizado pelo método Smalian.

As medidas de Va e Vr foram tomadas por um período de 6 meses em cada uma das UAs, mensalmente foram tomados os diâmetros nas duas extremidades de cada um dos toretes das pilhas sem remove-los da pilha.

No volume aparente as dimensões altura e largura da pilha de madeira resultaram de médias aritméticas de medidas tomados em três posições em cada uma das faces em que aparecem as extremidades dos toretes das pilhas de madeira.

O fator de cubicação (F_c) usado na conversão de volume de madeira empilhada em volume de madeira maciça foi obtido pela razão entre o volume real e o volume aparente ou seja $F_c = V_r/V_a$, em que: F_c = fator de cubicação; V_r = volume real (m^3); V_a = volume aparente (m^{st}).

Obteve-se o fator de cubicação (F_c) pelo método da relascopia. Esse procedimento ocorreu mensalmente, para cada uma das unidades amostrais durante um período de 6 meses nos experimentos instalados no inverno e verão. Totalizando 12 meses de observações. A técnica utilizada baseou-se no princípio da “Amostra de Contagem Angular” (ACA), apresentada por $K = \frac{\sin^2 \alpha}{2} = \frac{(0,5.d)}{(3.d)} = 0,16666^2 = 0,027777$ na qual por meio da constante “K” e o número de toretes selecionados na amostragem, foi obtido o K.

A amostra por contagem angular foi feita com auxílio de gabarito. O princípio de construção do gabarito é em função da amplitude dos diâmetros, este construído com base de cálculo no maior diâmetro das pilhas de madeira (UA). Para a construção do gabarito, tomou-se um círculo correspondente ao maior diâmetro da pilha de madeira, em seu centro passou uma reta de comprimento igual a três vezes o valor do diâmetro, partindo da qual traçaram-se duas tangentes em direção ao círculo definindo os limites do gabarito formando um ângulo, de acordo com Finger (1992).

O F_c foi obtido pelo produto da constante K.

As aberturas das rachaduras de topo foram medidas, na circunferência dos toretes, com paquímetro de precisão na região periférica das extremidades de cada tora. Nesse momento, o perímetro das extremidades foi medido com fita métrica. No valor obtido das rachaduras, foi considerado o percentual de contribuição dessas no perímetro da extremidade da tora.

Na secagem dos toretes tomou-se como unidade de medida o percentual de umidade da madeira, comparando sua variação num período de 180 dias. Também foi avaliada a variação de comprimento dos toretes em diferentes posições na pilha, tomando-se como amostra toretes eleitos de maneira aleatória em três estratos na pilha. Para isso, dividiu-se a pilha em três estratos: a) superior, b) médio e c) inferior, tendo sido realizado o sorteio de 12 toretes dentro de cada estrato, totalizando 36 amostras, para a tomada de observações.

O teor de umidade das amostras (TU_a) tomadas a cada mês foi obtido pela equação, $TU_a = \frac{P_a(TU_i + 100)}{P_i} - 100$, em que P_a = massa atual (kg); TU_i = teor de umidade inicial; P_i = massa inicial (kg).

Análise estatística

Foram considerados dois níveis (qualitativos) de comprimento (1 e 2,3 m) dos toretes. As estações climáticas também qualitativo, e em dois níveis (inverno e verão). O tempo de exposição, por sua vez, foi considerado em seis níveis quantitativos (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias).

O coeficiente de variação (CV) é uma medida de dispersão que permite quantificar o grau de variabilidade dos valores de uma amostra de dados em torno de sua média. O coeficiente de variação é uma medida adimensional, e nada mais é que o desvio-padrão (S) expresso em percentagem da média. O CV permite comparar melhor a dispersão dos dados, por ser relativa, que considera a grandeza daquilo que se estima.

O desvio-padrão e o coeficiente de variação foram as medidas de dispersão inicialmente utilizadas para avaliar a variação dimensional expressa no fator de cubicação no decorrer do tempo, em duas dimensões de comprimento de toretes e em diferentes estações do ano. O coeficiente de variação e o desvio-padrão foram obtidos pelas equações propostas por Gomes (1990), isto é, $CV = (100.S)/m$ e $S = \sqrt{\frac{SQD}{N-1}}$ respectivamente, em que: CV = coeficiente de variação; S = desvio-padrão; m = estimativa da média; SQD = soma dos quadrados dos desvios e N = número de observações.

A análise da correlação entre as variáveis foi uma importante ferramenta para elucidar fenômenos relacionados a variação dimensional dos toretes em função do tempo.

No estudo, foi utilizada a correlação de Pearson (ρ). As associações consideradas como de forte correlação foram nos limites $\geq 0,6$ e < 1 , positivas ou negativas, com níveis de significância menor que 5%.

Para a análise de correlação de Pearson foram processados os valores médios de 23 variáveis em duas estações do ano E I (verão) e E II (inverno).

Em caráter preliminar as variáveis ambientais também foram observadas em duas situações distintas: uma com médias obtidas seis dias antecedentes ao levantamento dos dados e; outra com médias obtidas dez dias que antecederam ao levantamento dos dados.

Num segundo momento, utilizou-se o coeficiente de correlação amostral da variável dependente F_c associada às variáveis independentes do efeito principal: estação climática (inverno/verão), tempo de exposição (30, 60, 90, 120, 150, 180 dias) e comprimento do torete (1,0 e 2,3m).

As variáveis correspondentes as condições atmosféricas no momento das observações a campo não foram incluídas na modelagem da equação uma vez que essas são de difícil obtenção e variam de uma região para outra e, até mesmo, numa microregião.

As variáveis independentes incluídas no procedimento de modelagem da equação foram provenientes de transformações da variável “tempo de exposição”, associada ao efeito principal e correlacionada (0,2) com o fator de cubicação em todos os níveis. Assim, as variáveis utilizadas no modelo máximo de regressão foram definidas como:

$F_c = f(T, T^2, T^3, T^4, T^5, 1/T, 1/T^2, 1/T^3, 1/T^4, 1/T^5, \log(T), \log(1/T), \log(\ln(T)), 1/\ln(T), 1/\log(T))$, em que T = tempo de exposição.

A modelagem da equação seguiu o procedimento de eliminação por regressão “stepwise”, apresentado por Schneider (1998); a fim de se obter um modelo minimizado com melhor precisão estatística. Os dados foram processados por meio do pacote estatístico SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento do F_c mostrou-se diferenciado de acordo com a estação do ano, comprimento do torete e no decorrer do período que foram realizadas as observações.

Também foi possível observar que as pilhas com toretes longos, tanto no inverno como no verão, assumem valores de fator de cubicação semelhantes a partir da metade do período de instalação do experimento, 3 meses.

Para experimento instalado no verão, a Figura 1 indicou elevação no fator de cubicação no primeiro mês de exposição. A partir do terceiro mês de exposição, as curvas do gráfico tenderam à estabilidade, adquirindo valores próximos aos iniciais, com exceção dos toretes longos obtidas por contagem angular que atingiram estabilidade a partir do quarto mês de exposição ao ar livre.

O experimento instalado no inverno mostrou maior dispersão dos valores iniciais do fator de cubicação, tanto nos métodos de determinação quanto no comprimento dos toretes, indicando uma maior instabilidade inicial.

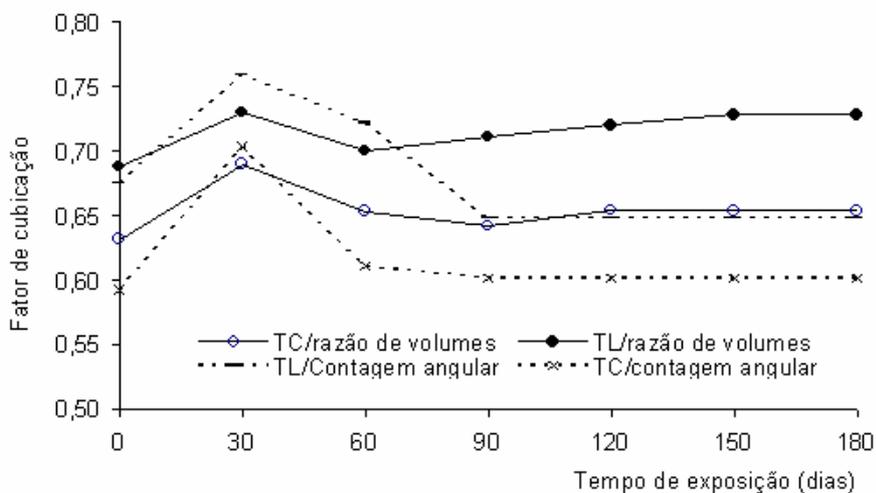


FIGURA 1: Variação do fator de cubicação médio no tempo, calculados por razão de volumes (Fc/volume rigoroso) e por contagem angular em toretes longos (TL) e curtos (TC) em experimento montado no verão (janeiro).

FIGURE 1: Variation of the average cubication's factor in the time, computed by the reason of volumes (Fc/rigorous volume) and by angular counting in long (TL) and short (TC) wood pieces in mounted experiment in the summer (January).

O fator de cubicação no inverno (Figura 2), obtido por contagem angular, apresentou valores máximos no primeiro mês a partir da instalação do experimento (30 dias), atingindo estabilidade a partir do terceiro mês de exposição (90 dias).

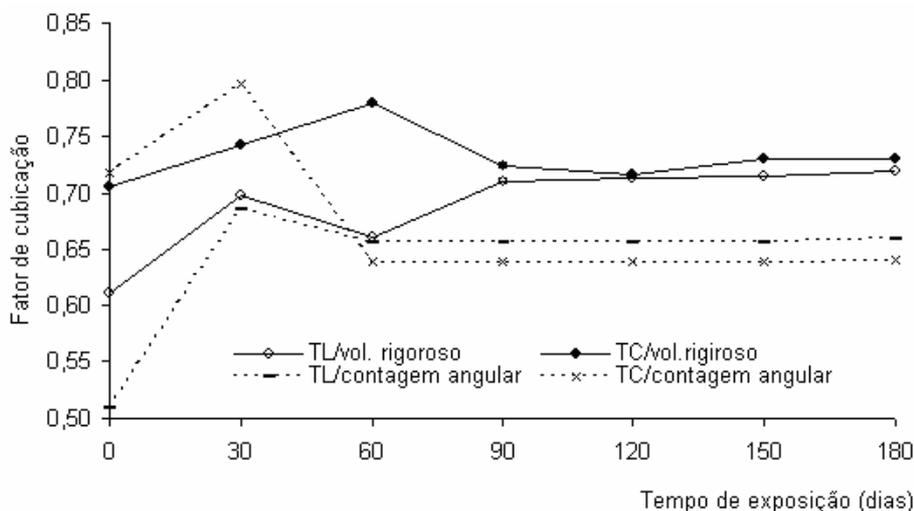


FIGURA 2: Variação do fator de cubicação no tempo, calculados por razão de volumes (Fc/volume rigoroso) e por contagem angular em toretes longos (TL) e curtos (TC) em experimento montado no inverno (julho).

FIGURE 2: Variation of the cubication's factor in the time, computed by the reason of volumes (Fc/rigorous volume) and by angular counting in long (TL) and short (TC) wood pieces in mounted experiment in the winter (July).

Acerca do efeito da dimensão do torete e época do empilhamento sobre o fator de cubicação considerou-se: estação climática (inverno e verão) = "E"; data da medição = "DA"; e comprimento do torete = "C"; foram estudadas as hipóteses para relação volume aparente/volume rigoroso sobre o efeito de cada fator a_i . $H_0: a_i = 0$, considerando $H_1: a_i \neq 0$ para qualquer tratamento (i).

TABELA 1: Análise de variância para o fator de cubicação obtido por razão de volumes.

TABLE 1: Variance analysis for the cubication's factor obtained by the reason of volumes.

Fonte da Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	Valor de "F"	Prob. > F
Modelo	13	0,11790950	0,00907238	5,12	0,0001
E	1	0,01154548	0,01154548	6,51	0,0134
DA	11	0,03471633	0,00315603	1,78	0,0788
C	1	0,07167913	0,07167913	40,42	0,0001
Erro	58	0,10285357	0,00177334	-	-
Total	71	0,22079452	-	-	-

Em que: E = estação climática, DA = data de exposição; C = comprimento do torete.

As Tabelas 1 e 2 mostram a análise de variância para o fator de cubicação. Foi possível observar comportamentos distintos nas médias dos diferentes comprimentos dos toretes, bem como nas duas estações do ano, isto é, por razão de volumes.

A análise de variância do fator de cubicação obtido por razão do volume rigoroso e aparente demonstrou (Tabela 1) ser adequado o uso da interpretação do experimento como "quantitativo" para o modelo ($F = 5,12$) apresentando um nível de probabilidade $> F$ de (0,01%). A análise demonstrou haver efeito da estação do ano ($F = 6,51$). No que tange ao comprimento do torete, o "teste F" mostrou-se altamente significativo ($F = 40,42$). Porém, o efeito da variação do fator de cubicação obtido mensalmente não foi significativo ($\alpha = 7,88\%$) o que excede ao estabelecido (5%).

TABELA 2: Análise de variância para fator de cubicação obtido pela da técnica de contagem angular.

TABLE 2: Variance analysis for cubication's factor obtained through the technique of angular counting.

Fonte da Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	Valor de "F"	Prob. > F
Modelo	13	1,33408560	0,01026220	1,38	0,1865
E	1	0,00751354	0,00751354	1,01	0,3188
DA	11	0,12199437	0,01109040	1,49	0,1593
C	1	0,00390065	0,00390065	0,52	0,4716
Erro	58	0,43086517	0,00743043	-	-
Total	71	0,56437373	-	-	-

Em que: E = estação climática, DA = data de exposição; C = comprimento do torete.

A análise de variância do fator de cubicação para tratamento quantitativo, visando a atender a decomposição dos objetivos traçados, demonstrou que o método analítico, conhecido como análise de regressão, envolvendo as variáveis estação do ano (E), data de medição (DA) e comprimento do torete não foi significativa para estudo do fator de cubicação obtido por contagem angular, pois o valor de F (1,38) para o modelo é considerado baixo e com nível de erro elevado (18,65%) uma vez que o nível de significância de erro estabelecido para esse estudo é de 5%. Portanto, o valor do fator de cubicação obtido por contagem angular não deve ser analisado como um experimento quantitativo (Tabela 2).

Os fatores envolvidos, bem como suas interações e respectiva análise da variância no experimento fatorial $2 \times 2 \times 6$ estão descritos na Tabela 3.

TABELA 3: Análise da variância para fator de cubicação por razão de volumes em experimento fatorial 2 x 2 x 6.

TABLE 3: Analysis of the variance for cubication's factor by the reason of volumes in factorial experiment 2 x 2 x 6.

Fonte de variação	GL	QM	Valor de F	Pr>F
Repetição	2	0,00106	1,71	0,2713
Estação	1	0,01154	18,72	0,0075
Tempo	5	0,00402	6,51	0,0302
Comprimento	1	0,07168	35,18	<0001
Estação x Tempo	5	0,00062	0,30	0,9087
Estação x Comprimento	1	0,00186	0,92	0,3437
Tempo x Comprimento	5	0,00173	0,85	0,5218
Estação x Tempo x Comprimento	5	0,00161	0,79	0,5625
Erro	46	0,00204	-	-
Total	71	-	-	-

As duas estações climáticas (verão e inverno) na qual o experimento foi instalado, apresentaram pelo Teste F (18,72), diferenças significativas no fator de cubicação. Indicando que o fator de cubicação é influenciado pelas estações verão e inverno.

O efeito do tempo foi significativo pelo teste F, assumindo valor 6,51. Entretanto, quando o fator de cubicação foi analisado no tempo de maneira individual, apenas o tratamento "toretos longos" (2,3 m) apresentou comportamento de curva de regressão onde a variável tempo foi significativa com valor de F = 6,14 e probabilidade de erro $\leq 2,66\%$.

O comprimento da tora foi o fator mais significativo pelo Teste F (35,18), sendo de natureza qualitativa, com diferença significativa ao nível máximo de 5% de erro. Assim, foi possível concluir que o comprimento da tora influencia no fator de cubicação.

As interações apresentadas na Tabela 3 não são significativas pelo Teste F. Isso significa que não houve mudanças no comportamento dos níveis de um fator quando varia os níveis do outro fator.

Na análise das variáveis que mais se relacionam com o Fc, quer seja o calculado pela razão entre os volumes ou por contagem angular, foram comparadas as médias das variáveis ambientais obtidas aos dez dias e aos 6 dias que antecedem o levantamento dos dados constataram-se que, no primeiro caso, o valor das correlações são mais fortes e com probabilidade de ocorrência maiores.

TABELA 4: Resultado da análise de correlação de Pearson para fator de cubicação (Fc), estação climática verão/inverno (Estação), período de observação (Tempo) e comprimento do torete 1,0/2,3 (Comprimento).

TABLE 4: Result of the analysis of Pearson's correlation of the cubication's factor (Fc), climatic station summer/winter season, observation period (time) and length of the wood piece cut 1,0/2,3 (length).

Variáveis	Fc	Estação	Tempo	Comprimento
Fc	1	0,2287 0,0534	0,1955 0,0997	-0,5698 <0,0001
Estação	0,2287 0,0534	1	0,0000 1,0000	0,0000 1,0000
Tempo	0,1955 0,0997	0,0000 1,0000	1	0,0000 1,0000
Comprimento	-0,5698 <0,0001	0,0000 1,0000	0,0000 1,0000	1

Dando seqüência à análise de correlação, realizou-se o procedimento de Pearson entre o Fc e as variáveis independentes componentes do efeito principal, ou seja: estação do ano em que o experimento foi

instalado (verão e inverno); comprimento do torete (1,0 e 2,3 metros de comprimento); e período das observações (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) cujos valores observados estão apresentados na Tabela 4.

O fator de cubicação apresenta correlação (0,23) quando associado a variável estação climática, em relação ao tempo, ou seja, período das observações, a correlação também existe (0,20) porém a probabilidade de ocorrência desse fenômeno é baixa (9,97%). Já o efeito do comprimento do torete, por sua vez, apresenta forte correlação negativa (-0,57) com o fator de cubicação.

Essa análise poderia levar a conclusões equivocadas em relação à correlação da variável dependente (F_c) com as variáveis que compõem o efeito principal. No entanto, a análise estatística do ensaio fatorial indicou a presença de curva de regressão apenas no inverno (Estação II) para toretes longos (2,3 m de comprimento).

A análise de correlação, quando aplicada ao experimento como um todo, tende a mascarar o efeito do tempo. Assim, para determinar a variável que irá compor o modelo de regressão para o fator de cubicação no inverno (Estação II) para toretes longos (2,3 m de comprimento) torna-se necessária a realização do procedimento de modelagem, levando-se em consideração apenas os dados referentes àquela situação. Contudo, essa análise mostra, claramente, a existência de forte correlação negativa (-0,57) com o efeito do comprimento do torete sobre o fator de cubicação, ou seja, quanto maior o comprimento do torete menor o fator de cubicação. Esse resultado mostra que as pilhas de madeira roliça com toretes curtos possuem menos espaços vazios e maior acamamento que as pilhas de madeira roliça com toretes longos. Assim as pilhas de madeira roliça com toretes curtos tendem a ter fator de cubicação maior quando comparadas às pilhas de madeira roliça composta por toretes longos.

Modelagem da equação

A maior dispersão dos valores do fator de cubicação, ocorreu nos primeiros 90 dias de exposição das pilhas. Com isso, realizou-se modelagem de equação: para o período integral de 180 dias de exposição; para o período de 90 dias de exposição; e para o período de 90 até 180 dias de exposição.

Os modelos de equação obtidos não tiveram um bom ajuste, os coeficientes R^2 e o valor de F, de maneira geral, são baixos. Também foi possível observar nas equações selecionadas diferenças entre as médias das observações (\bar{F}_c) e as médias dos estimadores (\bar{Y}). A equação de melhor ajuste foi decorrente das toras curtas de inverno, para o período de 90 a 180 dias de exposição das pilhas (equação 1).

$$F_c = 0,70385 + 0,00000961 (T^2) \quad (1)$$

Em que: F_c = fator de cubicação; T = dias de exposição dos toretes ($90 \leq T \leq 180$ dias).

Essa equação obteve valores de F e R^2 iguais a 17,22 ($Pr > F = 0,2\%$) e 0,63 respectivamente. No entanto, as médias do valor do F_c obtidas das observações e do estimador é a mesma (0,74).

Observando os gráficos das Figuras 1 e 2, verificaram-se as fases de elevação do F_c e posterior redução. Buscou-se modelar equação com variável tempo para todo o período e para período subdividido pela metade (90 dias), nesse último, a equação (5) obteve o melhor ajuste.

Tabela de conversão

A tabela de conversão do volume de madeira de *Eucalyptus grandis* empilhada (m^{st}) em volume madeira maciça (m^3), foi confeccionada partindo dos valores médios do F_c obtido por razão de volumes, sendo que esse método de conversão se mostrou mais eficiente.

Os valores de conversão para pilhas de 1 e 2,3 m, presentes na Tabela 5 são válidos somente para conversão de volumes em pilhas instaladas no início do verão (em janeiro) e no início do inverno (julho), Estações I e II, período no qual ocorreram as observações.

TABELA 5: Tabela de conversão de madeira roliça empilhada (m^{st}) de *Eucalyptus grandis* em volume maciço (m^3), em toretes de 1 e 2,3 m de comprimento, instalados no início da Estação.

TABLE 5: Conversion table of piled up plump wood (m^{st}) of *Eucalyptus grandis* in solid volume (m^3), in wood piece cut of 1 and 2,3m long, installed in the beginning of the season.

Estação I (verão)								
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	média	erro max.
Torete 1m	0,67	0,72	0,73	0,71	0,72	0,71	0,71	1,6%
Torete 2,3m	0,63	0,64	0,65	0,64	0,64	0,63	0,64	1,6%
Estação II (inverno)								
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	média	erro máx.
Torete 1m	0,71	0,74	0,78	0,72	0,72	0,73	0,73	2,7%
Torete 2,3m	0,61	0,70	0,66	0,71	0,71	0,67	0,67	8,9%

Valores médios de fator de cubicação com os toretes de 1 e 2,3 m podem ser utilizados, especificamente, reduzindo o erro de conversão. Assim, de uma maneira geral, nas pilhas de verão o fator de conversão a ser adotado para toretes de 1 e 2,3 m é 0,71 e 0,64 respectivamente. Nas pilhas de inverno, por sua vez, os valores do fator de cubicação são de 0,73 e 0,67 para os toretes de 1 e 2,3 m respectivamente.

Nas pilhas formadas no verão, para dois comprimentos de toretes, o erro máximo entre o uso do fator médio foi de 1,6%. Nas pilhas formadas no inverno o erro foi maior do que nas pilhas de verão, alcançando 2,7% nos toretes de 1 m e 8,9% nos toretes de 2,3 m. Essa variação decorre da alteração climática entre a época do empilhamento que ocorreu no mês de julho (inverno) e o final do período de observação, em dezembro, (início do verão) quando as temperaturas já eram altas e com pouca precipitação.

As médias do fator de cubicação observados nesse estudo, para os dois comprimentos de toretes e para as duas estações, apresentaram valores diferentes daqueles encontrados na literatura, os quais são freqüentemente utilizados na conversão de volumes de madeira de *Eucalyptus* sp., isto é 0,65 e 0,61.

CONCLUSÕES

Os toretes de *Eucalyptus grandis* apresentam variação dimensional quando expostos as intempéries fazendo o fator de cubicação variar.

Os fatores de cubicação calculados pelo método da razão de volumes, em pilhas de toretes com 2,3 m, tem maior variação no inverno, apresentando coeficiente de variação de 9,5%, e a menor variação, 4,2% para madeira empilhada no verão. As pilhas de toretes curtos variam a dimensão em 6,8 e 5,1% se formadas no verão e inverno respectivamente.

O fator de cubicação obtido por contagem angular manteve a mesma tendência apresentando maior dispersão das estimativas, 17,4%, nas pilhas formadas com toretes longos no inverno, e também a menor variação, com 10,9%, nas pilhas formadas no verão. O mesmo valor percentual é verificado com os toretes curtos no inverno.

A estabilização do fator de cubicação obtido pela razão de volumes em pilhas instaladas no verão, ocorre após 60 dias, com valor médio de 0,69 e em pilhas formadas no inverno, com 0,71, após 90 dias.

Ocorre elevação no valor do fator de cubicação trinta dias após a instalação das pilhas, com exceção das pilhas compostas de toretes curtos instaladas no inverno.

A menor precisão das estimativas do fator de cubicação pelo método da contagem angular indica preferência ao obtido pelo método da razão de volumes.

Na impossibilidade de estimar a variação do fator de cubicação por regressão, o valor médio 0,71 e 0,64, para pilhas formadas no verão com toretes de comprimentos 1,0 e 2,3 m respectivamente, e, 0,72 e 0,67, para pilhas formadas no inverno no comprimentos 1,0 e 2,3 m respectivamente são os melhores estimadores do fator de cubicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

ANDRAE, F. Métodos de medição de madeira na indústria florestal - quantificação do volume, peso e sortimentos como vínculo entre produção da floresta e a quantidade transformada na indústria. In: SIMPÓSIO

- LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: PPGEF/UFSM, 2001. p. 69-80.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Fator de empilhamento para plantações *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 38, p. 23-27, 1988.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, 1992. 269p.
- GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. (Circular Técnica,171).
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba : Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros" : Nobel, 1990. 467p.
- KEGRER, L. L.; SARTORI, M. G. B. **Análise pluviométrica em Santa Maria no período de 1993 a 2000**. Santa Maria, 2002. (Trabalho de graduação apresentado à UFSM).
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba : Universidade Federal do Paraná, 2003. 309p.
- PAULA NETO, F.; REZENDE, A. V.; CAMPOS, J. C. C.; REZENDE, J. L. P. Análise do comportamento dos fatores de empilhamento para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.17, n.1, p. 45-59, 1993.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada a engenharia florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 124p.
- REZENDE, A. V.; PAULA NETO, F. Estudo dos fatores de empilhamento para *Eucalyptus grandis*, em função do tempo de secagem dos toros nas pilhas. Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 3, p.207-327, 1991.
- REZENDE, M. A. Retratibilidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com a umidade e densidade. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 120-127, dez. 2003.