



Stacked volume conversion factor for geometric volume of *Eucalyptus* sp.

Fator de conversão de volume empilhado para volume geométrico de *Eucalyptus* sp.

André Salgado de Andrade Sandim¹, Ariadna Coelho Mota², Mario Lima dos Santos³, Welton dos Santos Barros⁴, Beatriz Cordeiro Costa⁴, Vanda Maria Sales de Andrade⁵

Abstract: Post-harvest, wood volume can be calculated with a stacking factor which can be influenced by diameter classes involved. Consequently, the following question arises: there is a difference between the volume conversion factor for stacked to geometric volume between piles of clonal plantation logs of different diameters classes? The hypothesis is: if smaller logs have a higher stacked to geometric volume conversion factor, between-log voids will be smaller and the overall stacks will therefore have lower volumes. Therefore, the objective of this study was to compare stacking and cubing factors in stacks of logs with different diameters for two *Eucalyptus* sp. clones. The study was conducted in Barra do Corda municipality, Maranhão State, Brazil. Timber was laid in piles of logs by diameter class, composed of logs of smaller (9-10.99 cm) and larger (11-13 cm) diameters. Stacking factor means for clone 1 were 1.88 for the larger diameter and 2.00 for the smaller diameter class, while for clone 2 mean values were 1.62 and 1.65, for stacks with larger and smaller diameter classes, respectively. For logs from the same clone there was no significant difference for the conversion factors between the stacks with the largest and smallest diameter. However, there was a significant difference in the conversion factors between the two clones, proving the hypothesis tested. Thus, for each genetic lineage, a proper stacking factor must be established so that the estimated volume comes close to the real value.

Key words: Volumetry. Cubing factor. Stacking factor. Same age stands.

Resumo: Após a colheita de madeira, o volume pode ser calculado pelo fator de empilhamento, o qual pode sofrer influência das classes de diâmetro, surgindo a seguinte questão: existe diferença entre o fator de conversão de volume empilhado para volume geométrico entre pilhas de plantios clonais com toras de classes de diâmetros diferentes? A hipótese é: se houver maior fator de conversão de volume empilhado para volume geométrico, as pilhas terão menor diâmetro, logo, existirá menores espaços vazios na pilha. Portanto, objetivou-se comparar os fatores de empilhamento e de cubicação em pilhas com toras de diferentes diâmetros em dois plantios clonais de *Eucalyptus* sp.. O estudo foi desenvolvido no município de Barra do Corda, Maranhão. A madeira foi disposta em pilhas de toras por classe de diâmetro, compostas por toras de diâmetros menores (9 - 10,99 cm) e maiores (11-13 cm). A média dos fatores foram de 1,88, para a classe de diâmetro maior, e 2,00, para as pilhas de menores diâmetros no clone 1. Os resultados encontrados do fator de empilhamento para o clone 2 apresentaram valores médios de 1,62 e 1,65, para as pilhas com classes de maior e menor diâmetro, respectivamente. Não houve diferença significativa para os fatores de conversão entre as pilhas com maior e menor diâmetro, comparando-se o mesmo material genético. Porém, houve diferença significativa dos fatores de conversão entre os dois clones, comprovando-se a hipótese testada. Assim, para cada material genético deve ser estabelecido um fator de empilhamento próprio para que seja estimado um volume mais próximo do real.

Palavras-chave: Volumetria. Fator de cubicação. Fator de empilhamento. Povoamentos equiâneos.

*Corresponding author

Submitted for publication on 16/11/2018 and approved 02/02/2019

¹Mestre em Ciências Florestais – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, Rua Barão do Rio Branco, quadra 12, nº 100, Bairro Maranhão Novo, Imperatriz MA, andresandim75@gmail.com,

²Engenheira Florestal – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís/MA, ariadnamottaforestal@hotmail.com,

³Doutorando em Ciências Florestais – Universidade de Brasília, Brasília-DF, mariolimaeng@gmail.com,

⁴Graduando (a) em Engenharia Florestal – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, weltonbarrosx@gmail.com, biacordeirocosta@gmail.com.

⁵Pós-Doutora em Ciências Florestais – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, vandaandrade.ufr@gmail.com

INTRODUCTION

Among those crops most planted in Brazil, the genus *Eucalyptus* (family Myrtaceae) stands out, as it shows rapid growth and adaptation to a range of Brazilian bio-edaphoclimatic conditions, as well as being a strong option as a supplier of wood for a variety of uses (REIS *et al.*, 2012). According to the 2017 IBÁ report, 72.7% of land planted in Brazil for energy production and other, non-food purposes, is under *Eucalyptus*. The expansion of areas planted with eucalyptus in Brazil, combined with its short production cycle, have resulted in excellent cost benefit ratios for new investments by companies using this raw material in their industrial processes (VECHI; JÚNIOR, 2018). In the state of Maranhão, this is very evident, since global companies have settled in the region transforming agrarian structure and generating other impacts, social, economic and environmental.

The main method for forest production quantification is via inventory, which aims to obtain qualitative and quantitative data on the forest resources of a given area (VIBRANS *et al.*, 2012; BINOTI *et al.*, 2013). Such field surveys seek to quantify available wood volume, this being essential for estimating *in natura* production and final take volume (UBIALLI *et al.*, 2009).

In such a process, an estimate of volume to be harvested is essential to determine the total wood capacity that will be produced from the stands, as well as to provide background technical and economic information for such activities (Nunes, Soares, 2017). Therefore, a knowledge of available wood volume is key to the successful execution of any management plan, be it for stock management, selling the wood to be produced, movement of equipment for cutting and transporting timber, or processing of material once stored (BARROS *et al.*, 2008).

According to Serpe *et al.* (2018), one of the greatest difficulties encountered by companies in the forestry sector is the accuracy of volumetric measurements, both in pre- and post-harvest surveys. Normally, the value quoted for wood is based on volume, using methods that are, in many cases, less quantitatively rigorous, than those used to determine the original volume (CORREIA *et al.*, 2017).

In post-harvest measurement, felled timber volume is quantified using calculations derived from woodpiles located on the edges of the logging site or, in some cases on the backs of transporting trucks, or in company storage yards. In all cases woodpile volume is calculated by one of two metrics: apparent volume - calculated via the stacking ratio (sr), or cubed or geometric volumes - calculated in cubic meters (m³) (AZEVEDO *et al.*, 2014; VATRAZ; BORGES, 2014). The problem is that trunks are round, not square, in cross section. Consequently, in order to convert from one volume to another, it is necessary to use stacking and cubing factors, which are influenced by diameter classes (PAULA NETO *et al.*, 1993; NUNES; SOARES, 2017). How diameter class can influence the cubing factor has been shown by Camolesi *et al.* (2010) for logs of CANDEIA (*Eremanthus erythropappus*).

INTRODUÇÃO

Dentre as culturas mais plantadas no Brasil, destaca-se as do gênero *Eucalyptus* (Família Myrtaceae), que apresenta características de rápido crescimento e adaptação às condições bioedafoclimáticas brasileiras, sendo uma boa opção na oferta de madeira para os diversos usos (REIS *et al.*, 2012; SILVA, 2013). De acordo com o relatório IBÁ (2017), o gênero detém 72,7% do total de áreas plantadas no Brasil, voltado para a produção de energia e outras finalidades. A expansão de áreas plantadas com eucalipto no Brasil, juntamente com seu ciclo de curta duração, caracterizaram um excelente custo benefício para novos investimentos de empresas que utilizam desta matéria prima em seus processos industriais (VECHI; JÚNIOR, 2018). No estado do Maranhão, isso é muito evidente, uma vez que empresas globais se instalaram na região transformando a estrutura agrária e gerando outras repercussões, sociais, econômicas ou ambientais.

A principal forma de quantificar a produção florestal é mediante o inventário, que tem como finalidade a obtenção de dados qualitativos e quantitativos dos recursos florestais de uma determinada área (VIBRANS *et al.*, 2012; BINOTI *et al.*, 2013). Esse levantamento de campo busca quantificar o volume de madeira, sendo importante para a sua produção *in natura* e para seu destino final (UBIALLI *et al.*, 2009).

Nesse seguimento, a estimativa do volume a ser colhido é indispensável para determinar a capacidade total de madeira que será produzida pelos povoamentos, bem como para contribuir com o parecer técnico e econômico dessas atividades (NUNES; SOARES, 2017). Sendo assim, o conhecimento do volume de madeira é fundamental para o sucesso na execução do plano de manejo, na administração do estoque, na venda da madeira, no deslocamento de equipamentos, como picadores e serras, para o processamento da madeira estocada (BARROS *et al.*, 2008).

Normalmente, o valor da madeira é cotado por seu volume com métodos menos rigorosos de quantificação, sendo comparado, em muitos casos, com o volume real (CORREIA *et al.*, 2017). De acordo com Serpe *et al.*, (2018), uma das maiores dificuldades encontradas nas empresas do setor florestal é a exatidão das aferições volumétricas, tanto em levantamentos pré e pós-colheita.

Na mensuração pós-colheita, é quantificado o volume de madeira derrubada, sendo calculado com pilhas alocadas nas beiras dos talhões e em alguns casos nos caminhões ou pátios das indústrias, sendo que nas pilhas a identificação de volume é admitida por duas unidades: para o volume aparente é adotado o estéreo (st) e para o volume cubado ou geométrico é adotado o metro cúbico (m³) (AZEVEDO *et al.*, 2014; VATRAZ; BORGES, 2014). Para fazer a conversão de um volume para outro é preciso utilizar fatores de empilhamento e de cubicação, os quais sofrem influência das classes de diâmetro (PAULA NETO *et al.*, 1993; NUNES; SOARES, 2017). A influência da classe de diâmetro no fator de cubicação fica evidenciada por Camolesi *et al.* (2010) para toras de CANDEIA (*Eremanthus erythropappus*).

As a result, the following question arises: is there a difference between the volume conversion factor for stacked versus geometric volume between logpiles from clonal plantations made with logs of different diameter classes? The hypothesis is that if the stacked volume conversion factor is higher than geometric volume then logpiles will have a smaller diameter, because there will be smaller gaps between the logs. The objective of the current study was to compare the stacking (Sf) and cubing factors (Cf) in logpiles with logs of different diameter classes from two clonal *Eucalyptus* sp. grown in the Barra do Corda region of Maranhão state, Brazil, used to production of energy biomass.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at the Ferroeste Group Lagoa da União Experimental Farm, in a rural area of Barra do Corda municipality, Maranhão state, Brazil (5° 30' 21" South and 45° 14' 34" West). Data was collected in two *Eucalyptus* sp. areas, each planted with clones 245 and 0A-18: lot 28 (5° 29' 48" South and 45° 00' 31" West) and lot 53 (5° 31' 41.13" South and 45° 0' 19.71" West) (Figure 1).

Soil in the region is predominantly Yellow Latosol (NETO *et al.*, 2016). Climate is of a warm and sub-humid tropical type (Köppen's classification). Rainfall is highest from December to April, and lowest between May and November, with a mean total annual rainfall of 1225.4 mm. Maximum temperature is 31.7° C and minimum 25.6° C, with a mean relative humidity of 77%, according to data obtained from INMET (1992).

Table 1 describes the conditions of *Eucalyptus* spp. plantations, the function of which is to supply energy for steel furnaces, a market which determines plantation characteristics.

Timber harvesting occurred in the seventh year of growth, via a full-tree mechanized felling system, with Feller-Buncher equipment. Material was removed with a skidder and, then cut into logs of 2-m in length using a field-saw, then stacked at the edge of the lot, with the position within the stack determined by trunk diameter. For this, logs with greater diameters (11-13 cm) formed the outer layers of the logpile and smaller ones (9-10.99 cm) the inner layers.

When complete, the resulting logpiles measured around 100 m in length (including a clear space to allow access to the lot). To determine the stacking volume of such piles, their total length was measured, and the width at the top was determined every 5 m with the aid of a metal ruler, as was the height of the front and back of the pile, to allow average height to be calculated.

Com isso, surge a seguinte questão: existe diferença entre o fator de conversão de volume empilhado para volume geométrico entre pilhas de plantios clonais com toras de classes de diâmetros diferentes? A hipótese é de que, se houver maior fator de conversão de volume empilhado para volume geométrico, as pilhas terão menor diâmetro, logo, existirá menores espaços vazios na pilha. Portanto, objetivou-se comparar os fatores de empilhamento (Fe) e de cubicação (Fc) em pilhas com toras de diferentes classes de diâmetros em dois plantios clonais de *Eucalyptus* sp. na região de Barra do Corda, MA, voltados para produção de biomassa para produção de energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na fazenda Lagoa da União do grupo Ferroeste, zona rural, no município de Barra do Corda, MA (5° 30' 21" Sul e 45° 14' 34" Oeste). Os dados foram coletados em duas áreas de *Eucalyptus* sp., sendo plantios clonais 245 e 0A-18, talhão 28 (5° 29' 48" Sul e 45° 00' 31" Oeste) e talhão 53 (5° 31' 41,13" Sul e 45° 0' 19,71" Oeste) (Figura 1).

O solo predominante nessa região é a classe Latossolo Amarelo (NETO *et al.*, 2016). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e sub-úmido. O índice de pluviosidade é maior no período de dezembro a abril e menor de maio a novembro, tendo pluviosidade total anual de 1225,4 mm. A temperatura máxima é de 31,7 °C e mínima de 25,6 °C, com a média de umidade relativa de 77%, dados obtidos através das Normas Climatológicas INMET (1992).

De forma descritiva, segue na Tabela 1 as condições dos plantios de *Eucalyptus* sp, que tem como objetivo a produção energética para abastecimento de fornos siderúrgicos, possuindo assim as principais características de plantio.

A madeira foi colhida ao sétimo ano, com sistema mecanizado *full-tree*, sendo a derrubada feita pelo equipamento *Feller-Buncher*, seguida pelo arraste por meio de um *Skidder* e, por fim, traçada em toras de 2 m por uma garra traçadora florestal disposta à beira do talhão em pilhas por classe de diâmetro de acordo com posição no fuste, sendo as pilhas mais externas (da frente, ou ainda, voltadas para a beira do talhão e mais próximas das estradas secundárias) compostas com troncos de diâmetros maiores (11 - 13 cm), que seriam as primeiras toras a partir da base do fuste, e as pilhas mais internas (de trás, ou ainda, voltadas para o interior do talhão e mais afastadas das estradas secundárias) compostas por toras de diâmetros menores (9 - 10,99 cm), parte superior do fuste.

Para determinar o volume estéreo das pilhas foi medido o comprimento total, que possuía em média 100 m quando era interrompido por um espaço livre a fim de permitir o acesso ao talhão, e a cada 5 m foi medida a largura na parte superior (topo) da pilha com o auxílio de uma trena metálica e a altura da frente e de trás da pilha para calcular a altura média.

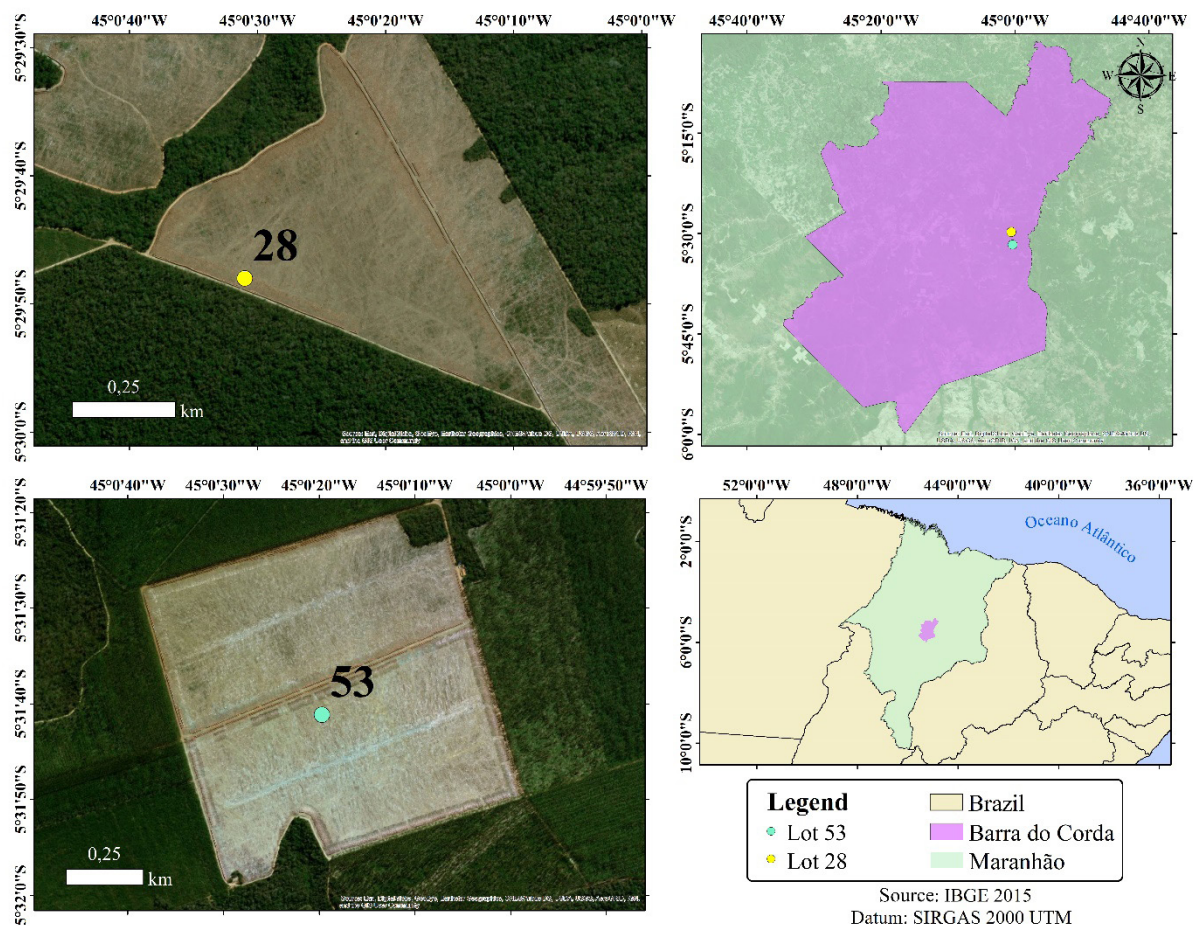


Figure 1 - Geographic location of clonal plantations in blocks 28 and 53 at the Ferroeste Group Lagoa da União Experimental Farm, in a rural part of Barra do Corda municipality, Maranhão state, Brasil.

Figura 1 - Descrição geográfica dos plantios clonais nos talhões 28 e 53 na área experimental da fazenda Lagoa da União do grupo Ferroeste, zona rural, no município de Barra do Corda, no estado do Maranhão, MA.

Table 1 - Descriptions of the plantations at the Ferroeste Group Lagoa da União Experimental Farm, rural Barra do Corda municipality, Maranhão state, Brasil

Tabela 1 - Descrição dos plantios no campo experimental da fazenda Lagoa da União do grupo Ferroeste, zona rural, no município de Barra do Corda, estado do Maranhão, Brasil

Lot	Year planted	Genetic material	Spacing (m)	Area (ha)
28	2006	Clone 1 (245)	4 x 3	25.4
53	2006	Clone 2 (0A-18)	4 x 3	91.9

For the determination of the stacking volume of each pile, a standardized 1.0 m³ box was used (Figure 2), following Machado and Figueiredo Filho (2014). Within this, a sample from each selected logpile was deposited until a height of 1.0 m was reached, after which the volume of each log present in the box was measured.

Para a determinação do volume sólido presente em um estêreo, foi utilizado um box de 1,0 m³ (Figura 2) de acordo com Machado e Figueiredo Filho (2014). No box, foi depositada uma amostra de cada pilha selecionada em cada talhão até atingir a altura de 1,0 m, após isso, realizou-se a mensuração de volume de cada tora presente no gabarito.

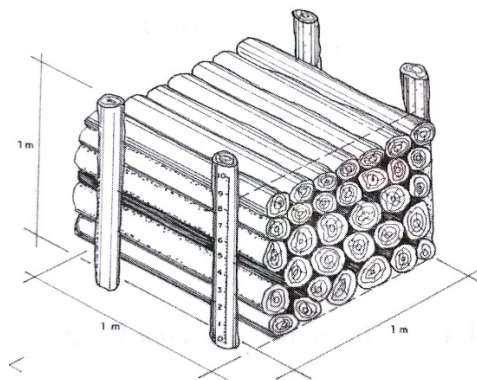


Figure 2 - Method for measuring stack volume.

Source: Machado & Figueiredo Filho (2014).

Figura 2 - Esquema de cubagem do volume empilhado (estéreo).

Fonte: Machado & Figueiredo Filho (2014).

The formula used to calculate stacked volume is given in Equation 1.

$$V_{st} = W \times L \times \bar{H} \quad (\text{Eq 1})$$

Where: V_{st} = stack volume (st); W = pile width (m); L = log lengths (m); \bar{H} = mean pile height (m).

To calculate stacked volume, we used the stacking factor, which is established by calculating the ratio between stacked volume and the true volume of the stacked material (CAMOLESI *et al.*, 2010). To calculate the cubing factor, the ratio between the total volume and logpile stacked volume was established (Barros *et al.*, 2008). Because piles of logs of different diameters differed for the characters under study, cubing and stacking factors were determined independently for each pile, using to Equations 2 and 3 (Nunes, Soares, 2017), respectively:

$$Fc = \frac{V_m^3}{V_{st}} \quad (\text{Eq 2})$$

Where: Fc = Cubing Factor (m^3/st); St = Stacking factor; V_m^3 = Volume in m^3 ; V_{st} = stacking volume (st).

To calculation the true volume, the Newton method was used (CAMPOS; LEITE, 2017). As noted by Campos (2014), this method uses the weighted average of the cross-sectional areas of the base, middle and top of the log. The formula for calculating the volumes is given by Equation 4:

$$v = \left(\frac{g^1 + 4 \times g^m + g^2}{6} \right) \times l \quad (\text{Eq 4})$$

A fórmula para o cálculo do volume empilhado foi determinada pela Equação 1.

Em que: V_{st} = volume empilhado (st); L = largura da pilha (m); C = comprimento das toras (m); \bar{H} = altura média da pilha (m).

Para calcular o volume empilhado, foi empregado o fator de empilhamento, o qual foi estabelecido pela razão entre volume estéreo ou empilhado pelo volume real da pilha (CAMOLESI *et al.*, 2010). Para calcular o fator de cubicação, foi estabelecida a razão entre o volume sólido ou real e volume estéreo da pilha de madeira (BARROS *et al.*, 2008). Devido a essas características de pilhas com diâmetros diferentes, foram determinados fatores de cubicação e empilhamento para cada pilha, de acordo com as Equações 2 e 3 (NUNES; SOARES, 2017), respectivamente:

$$Fe = \frac{1}{Fc} \quad (\text{Eq 3})$$

Em que: Fc = Fator de cubicação (m^3/st); Fe = Fator de empilhamento; V_m^3 = Volume sólido em m^3 ; V_{st} = volume empilhado (st).

Para o cálculo do volume real, foi utilizado o método de newton (CAMPOS; LEITE, 2017). Segundo Campos (2014), essa metodologia é realizada pela média ponderada das áreas basais da base, meio e topo da tora. A fórmula para o cálculo do volume é dada pela Equação 4:

Where: v = log volume (m^3); g_1 = log basal cross-sectional area (m^2); g_m = log median cross-sectional area (m^2); g_2 = log upper cross-sectional area (m^2); l = log length (m).

The experimental design was completely randomized (DIC) at 95% probability, using two treatments (clone 1 and clone 2), with 27 replicates each. To test the hypothesis, analyzes of variance was conducted on the stacking factors of all cubed logpiles. All data collected was plotted and processed using the Microsoft Excel program.

RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of stacking factors by diameter class in clone 1 (Table 2), found there to be was no significant difference between piles stacking factors, indicating that variation in diameters at the bases and tops of the tree did not influence the conversion measure. The mean factor value was 1.88 for piles made of larger diameter logs, and 2.00 for those of smaller diameter logs. This can be explained by the fact that more wood is contained in a $1m^3$ stack, so that the larger the diameters of contributing individual trunks, the smaller the stacking factor (SCOLFORO, 2011).

Em que: v = volume da tora (m^3); g_1 = área basal da base da tora (m^2); g_m = área basal do meio da tora (m^2); g_2 = área basal do topo tora (m^2); l = comprimento da tora (m).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) a 95% de probabilidade, formado por dois tratamentos (clone 1 e clone 2), com 27 repetições cada. Para testar a hipótese, foram feitas as análises de variância dos fatores de empilhamentos das pilhas cubadas. Todos os dados coletados foram plotados e tratados no programa Microsoft Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos fatores de empilhamento por classe de diâmetro no clone 1 (Tabela 2), verificou-se que não houve diferença significativa entre os fatores das pilhas, demonstrando que a variação entre os diâmetros da base da árvore e do topo não influenciou nesta medida de conversão. A média dos fatores foi de 1,88, para as pilhas com maiores diâmetros, e de 2,00, para as de menores diâmetros. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato de que existe maior quantidade de madeira contida em $1m^3$, assim quanto maior for o diâmetro do indivíduo, logo, menor será o fator de empilhamento (SCOLFORO, 2011).

Table 2 - Statistical analysis of stacking factors between diameter classes from the base and upper part of the trunk for clone 1 (245), Barra do Corda, municipality, state Maranhão, Brasil

Tabela 2 – Análise estatística do fator de empilhamento entre classes de diâmetros base do fuste e superior do fuste das pilhas do clone 1 (245), na região de Barra do Corda, estado do Maranhão, Brasil

Diameter class	Diameter (cm)	Trunk ff	Cf	Sf	p-value
Largest	11.26	0.90	0.54	1.88	0.49
Smallest	10.42	0.88	0.50	2.00	

Cf - cubing factor; ff – trunk mean form factor; Fe- Stacking factor; p-value= probability level.

Fc - fator de cubicação; ff - fator de forma médio dos troncos; Fe- fator de empilhamento; p-valor = nível de probabilidade.

These values were greater than those reported by Nunes and Soares (2017) from a hybrid clonal plantation of *E. grandis* x *E. camaldulensis*, where they obtained a stacking factor of 1.44 from smaller areas (3 x 3 m). The inverse occurred with the average cubing factors, where the average value was 0.60 and, therefore, greater than that found in the current study.

Trunks with greater diameters were more cylindrical, with a greater shape factor (0.90), so generating more voids compared to the piles with thinner logs and less cylindrical trunks (0.88). According to Bertola *et al.* (2003), there are many variables that can interfere with the stacking factor result, the main ones being: log diameter, bark thickness, stacking shape, species, cracks, lengths and moisture content of logs, pile height, presence of nodules, and the shape of trunks.

Tais valores foram superiores ao encontrado por Nunes e Soares (2017), obtendo fator de empilhamento para um plantio clonal híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis* de 1,44 em espaçamento menor (3 x 3 m). O inverso ocorreu com os fatores médios de cubicação, com valor médio de 0,60, portanto, acima do encontrado neste trabalho.

Os troncos de diâmetros mais grossos foram mais cilíndricos, como maior fator de forma (0,90), gerando maior quantidade de espaços vazios em comparação às pilhas com trocos mais finos com toras menos cilíndricas (0,88). Segundo Bertola *et al.* (2003), existem muitas variáveis que interferem no resultado do fator de empilhamento, entre os principais destacam-se: diâmetro da tora, espessura da casca, forma de empilhamento, a espécie, presença de rachaduras, comprimentos e teor de umidade das toras, altura das pilhas, presença de nós e forma dos troncos.

In Table 3 shows the results of the stacking factor for clone 2 logpiles, with mean values for the classes of larger and smaller diameter logs. Results were lower than those reported by Camolesi *et al.* (2010) for Candeia (*Eremanthus erythropappus*) in the Brazilian state of Minas Gerais, where stacking factors of 1.92; 1.91 and 1.98, were found for the municipalities of Delfim Moreira, Aiuruoca and Ouro Preto, respectively.

Na Tabela 3, estão os resultados encontrados do fator de empilhamento para o clone 2, tendo valores médios para as pilhas com classes de maior e menor diâmetro. Os resultados foram inferiores aos encontrados por Camolesi *et al.* (2010) em áreas de ocorrência de candeia (*Eremanthus erythropappus*) no estado de Minas Gerais, encontrando fatores de empilhamento de 1,92; 1,91 e 1,98, nos municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, respectivamente.

Table 3 - Statistical analysis of stacking factors between diameter classes of clone 2 logs (0A-18), Barra do Corda municipality, Maranhão state, Brasil

Tabela 3 – Análise estatística do fator de empilhamento entre classes de diâmetros das pilhas do clone 2 (0A-18), na região de Barra do Corda, estado do Maranhão, Brasil

Diameter class	Diameter (cm)	Trunk ff	Cf	Sf	p-value
Larger	12.96	0.92	0.62	1.62	0.66
Smaller	10.98	0.90	0.61	1.65	

Cf - cubing factor; ff – trunk mean form factor; Fe- Stacking factor; p-value= probability level.

Fc - fator de cubicação; ff - fator de forma médio dos troncos; Fe - fator de empilhamento; p-valor = nível de probabilidade.

Clone 2 piles also did not show a significant difference between the stacking factors in the studied diameter classes ($p > 0.05$). Thus, the use of both factors for the conversion of volume of stacked logs to solid volume of logs can be used. For cubing factors, Barros *et al.* (2008) found values of 0.71 and 0.64 for logs of 1 and 2.3 m, values slightly above those described here, which were 0.61 and 0.62 for top and base diameters, respectively.

Between-clones comparisons (Table 4), revealed a significant difference ($p \leq 0.001$), so that the use of a separate conversion factor for each evaluated clone is recommended. For cubing factors, Nunes and Soares (2017) found values varying between 0.57 and 0.70 for spacing and logs of different diameters.

As pilhas do clone 2 também não apresentaram diferença significativa entre os fatores de empilhamento nas classes de diâmetro estudadas ($p > 0,05$). Dessa forma, a utilização de ambos os fatores para transformação de volume de madeira empilhada para volume sólido de madeira pode ser utilizado. Em relação aos fatores de cubicação, Barros *et al.* (2008) encontraram valores de 0,71 e 0,64 para toras de 1 e 2,3 m, valores um pouco acima dos encontrados neste trabalho, que foram 0,61 e 0,62, para diâmetros do topo e base, respectivamente.

Na comparação entre os clones (Tabela 4), verificou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,001$), sendo recomendado a utilização de um fator de conversão para cada clone avaliado. Em se tratando dos fatores de cubicação, Nunes e Soares (2017) encontraram valores variando entre 0,57 e 0,70 para espaçamentos e toras de diâmetros variados.

Table 4 – Statistical analysis of stacking factors between diameter classes of clone 1 (245) and clone 2 (0A-18), Barra do Corda municipality, Maranhão state, Brasil

Tabela 4 – Análise estatística do fator de empilhamento entre os clones 1 (245) e clone 2 (0A-18) por classe de diâmetro, na região de Barra do Corda, estado do Maranhão, Brasil

Clone	Diameter (cm)	Trunk ff	Cf	Sf	p-value
1	10.84	0.89	0.53	1.92	0.001
2	11.97	0.91	0.61	1.64	

Cf - cubing factor; ff – trunk mean form factor; Fe- Stacking factor; p-value= probability level.

Fc - fator de cubicação; ff - fator de forma médio dos troncos; Fe - fator de empilhamento; p-valor = nível de probabilidade.

There was no significant difference between conversion factors for piles with the larger and smaller diameter logs, for samples from the same genetic material. However, there was a significant difference in the conversion factors between the two clones, not rejecting the hypothesis tested for this study.

CONCLUSIONS

For each genetically distinct sample a specific stacking factor must be established to ensure estimated a volume is close to the true value;

It is not necessary to adopt a conversion factor for piles per diameter class if the logs involved come from the trees of the same genetic material.

Não houve diferença significativa para os fatores de conversão entre as pilhas com maior e menor diâmetro, comparando-se o mesmo material genético. Porém, houve diferença significativa dos fatores de conversão entre os dois clones, não se rejeitando a hipótese testada para este caso.

CONCLUSÕES

Para cada material genético deve ser estabelecido um fator de empilhamento próprio para que seja estimado um volume mais próximo do real;

Não se faz necessário a adoção de um fator de conversão para as pilhas por classe de diâmetro, se as pilhas forem provenientes de um mesmo material genético.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

AZEVÊDO, T. K. B. de; PAES, J. B.; CALEGARI, L. do N.; JOSÉ, W. B. Relações entre volume e massa da madeira e casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 97-102, 2014.

BARROS, M.; FINGER, C.; SCHNEIDER, P. SANTINI, E. J. Fator de cubicação para toretes de *Eucalyptus grandis* e sua variação com o tempo de exposição ao ambiente. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 109-119, 2008.

BERTOLA, A.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, J. C.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L. de. Determinação de fatores de empilhamento através do software Digitora. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 837-844, 2003.

BINOTI, M. L. M. da S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G. Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 4, p. 639-645, 2013.

CAMOLESI, J. F.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de; ACERBI JÚNIOR, F. W.; RUFINI, A. L.; MELLO, J. M. de. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelo para volume e 431 número de moirões da candeia (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 431-441, 2010.

CAMPOS, O.; J de. **Cubagem de Árvores**. 2014. 87f. Dissertação (Mestrado em matemática) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2017. 636 p.

CORREIA, J.; FANTINI, A.; PIAZZA, G. Equações volumétricas e fator de forma e de casca para florestas secundárias do litoral de Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20150237, 2017.

IBÁ. Relatório Ibá 2017. **Indústria Brasileira de Árvores**. São Paulo, p. 30. 2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Livro: Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990, publicado em 1992, revisando em 2009. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em 11 nov. 2018.

JUNIOR, L. M. C.; REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de; COIMBRA, L. A. B.; SOUZA, A. N. de. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 368-378, 2008

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2.ed. Guarapuava, UNICENTRO, 2014. 316 p.

NETO, C. A. A. P.; LIMA, G. P.; CHAVES, L. P. F. A.; SILVA, R. A.; SIQUEIRA, G. M. Biogeography of the central mesoregion of Maranhão (Brazil). **Journal of Geospatial Modelling**, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2016.

- NUNES, J. S.; SOARES, T. S. Estimativas volumétricas para um povoamento adensado de *Eucalyptus* sp. em regime de curta rotação. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 4, p. 77-86, 2017.
- 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**, v. 17, n. 1, p. 45-59, 1993.
- REIS, A. A. dos; PROTÁSIO, T. de P.; de MELO, I. C. N. A.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. de C. O. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 277-290, 2012.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: medição, volumetria e gravimétrica**. 1.ed. Minas Gerais, Lavras: UFLA/FAEPE, 2011. 285 p.
- SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 272 p.
- SERPE, E. L.; FILHO, A. F.; ARCE, J. E. Perdas volumétricas relativas à colheita florestal e seus reflexos econômicos. **Biofix Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 172-176, 2018.
- SILVA, C. D. **Híbridos de eucalipto sob diferentes regimes hídricos em vasos e crescimento no campo**. 2013. 57f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- UBIALLI, J. A.; FILHO, A. F.; MACHADO, S. do A.; ARCE, J. E. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte mato-grossense. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 305-314, 2009.
- VATRAZ, S.; BORGES, F. Q. Procedimentos de controle do volume de madeira estimado e colhido em um plantio de *Pinus* spp. no Paraná. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 445-453, 2014.
- VIBRANS, A. C.; GASPER, A. L.; MULLER, J. J. V. Para que inventariar florestas? Reflexões sobre a Finalidade do inventário florístico florestal de Santa Catarina. **Revista de estudos ambientais (Online)**. v. 14, n. 1esp, p. 6-13, 2012.
- VECHI, A. de; JÚNIOR, C. A. de O. M. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, v. 3, n. 1, p. 495-507, 2018.