

IPEF, n.38, p.23-27, abr.1988

FATOR DE EMPILHAMENTO PARA PLANTAÇÕES DE EUCALIPTUS NO ESTADO DE SÃO PAULO

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO
ESALQ/USP. Departamento de Ciências Florestais
13400 - Piracicaba - SP

NELSON LUIZ MAGALHÃES BASTOS
Cia. Suzano de Papel e Celulose
08600 - Suzano - SP

ABSTRACT - Stacked wood is used for the majority of Brazilian forest companies for buying and selling wood. Wood for pulp, hardboard and charcoal is measured as stere (stacked cubic meter of wood). The problems with variation of conversion factor are enormous leading to systematic errors in estimating volume. One of the ways of avoiding this kind of error is to adopt weight as a merchantable unit. Some wood industries are using scales to receive wood in the mill but are studying ways of correct for moisture content. We think that in Brazil there is a long way to change from volume to weight as a measurement unit for wood. Data from C.F.I. (Continuous Forest Inventory) of Cia. Suzano de Papel e Celulose was analyzed in order to detect influences of a variety of silvicultural and geographic conditions on the transformation factor from cubic to stacked volume. We studied two kinds of conversion factor, one for pulpwood and other for wood for energy. We showed that smaller diameter bolts have higher conversion factors. The incorrect use of these factors can lead to errors up to 80% in final estimation. In this paper it was found that according to final use of wood (pulp or energy) these factors must be calculated by location, rotation and diametric class.

RESUMO - O volume empilhado é o meio mais usado no Brasil para comercialização de madeira para a indústria de celulose, chapas, e fins energéticos (carvão e resíduos). Os problemas que envolvem as variações do fator de empilhamento são grandes, ocasionando erros sistemáticos na estimativa do volume. Estudou-se a influência de diferentes fatores no fator de empilhamento de plantações de **Eucalyptus** no Estado de São Paulo a partir do cadastro Biogeográfico da Cia. Suzano de Papel e Celulose. Dois tipos de fatores foram utilizados, aquele para estimar o volume de madeira empilhada para celulose apresenta menor valor que o para estimar volume para energia, mostrando a influência do diâmetro das peças no referido fator. As peças de menor diâmetro apresentam fator de maior valor. Nota-se pelos resultados obtidos que o uso incorreto deste fator pode levar a desvios de até 80% do valor previsto. Dentre os fatores estudados (classe de DAP das árvores abatidas, região ecológica, local, espécie, idade, ciclo e rotação), dependendo do tipo de fator estudado obteve-se como influência marcante para ambos a região ecológica. Para o fator para celulose a classe de DAP também foi marcante, enquanto que para o fator para energia, a rotação.

INTRODUÇÃO

O volume empilhado é o meio mais usado no Brasil para comercialização de madeira para indústria de celulose, chapas, e fins energéticos (carvão energético).

O estéreo ou estere é a unidade utilizada e corresponde a um metro cúbico de madeira empilhada. O pagamento do corte, transporte e recebimento nas fábricas é feito tomando como base o estéreo.

Os problemas que envolvem as variações do fator de empilhamento são grandes ocasionando erros sistemáticos na estimativa do volume empilhado quando se realiza um inventário florestal.

CAILLIEZ (1980) afirma que o fator de empilhamento pode variar de 1,25 a 2,22 e que pode ocasionar erros de até 78% na estimativa final.

Estudos realizados por TORQUATO (1983) mostram a influência do comprimento das peças e do sistema de empilhamento (mecânico ou manual) no fator de empilhamento. As variações chegam a 58% no resultado final do volume de madeira empilhada.

CARRILLO et alii (1985) encontraram diferenças-significativas entre o fator de empilhamento de diferentes classes de diâmetro. As diferenças chegam a 64% quando se usa um fator de empilhamento inadequado para cada classe de diâmetro.

As principais fontes de variação no fator de empilhamento são o comprimento, diâmetro, tortuosidade, rachadura, teor de umidade das peças, altura da pilha, presença de nós, forma do tronco e modo de empilhamento.

O transporte da madeira em estradas asfaltadas apresenta menor variação entre o fator de empilhamento no início e final da viagem, do que em estradas não pavimentadas. É muito comum em determinados sistemas de inventário o uso de um fator de empilhamento médio para todas as condições ou tipos florestais existentes em diferentes condições edafoclimáticas. As informações advindas dessa prática podem ocasionar erros grosseiros no volume estimado de madeira empilhada. Usar um único fator para todas as condições, é assumir que todos os povoamentos apresentam a mesma distribuição de frequências, ou todas as árvores são semelhantes, o que é uma suposição incorreta.

Uma alternativa para a grande variação do fator de empilhamento é a adoção das unidades de peso para a comercialização e inventário. O recebimento por peso, já utilizado por algumas empresas florestais brasileiras (MACIEL, 1984), também apresenta problemas na umidade da madeira, que varia com o tempo de estocagem, época do ano (chuva) e amostragem para determinação da umidade. Em países onde esse sistema é adotado, existem tabelas para a correção do peso verde, para peso seco, por espécie e região (TARAS, 1956). Nesse caso, O pagamento do corte e transporte é feito com as informações colhidas na própria indústria, sendo que a madeira é transportada logo após o corte.

O objetivo deste trabalho é estudar os fatores que influem no fator de empilhamento de plantações de **Eucalyptus** no Estado de São Paulo, pertencentes à Cia. Suzano de Papel e Celulose, e propor um sistema de estimativa para ser utilizado em inventário florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Características de Cada Estrato

Iniciaram-se os estudos do fator de empilhamento na Cia. Suzano de Papel e Celulose em 1982, para estimar o volume de madeira empilhada para celulose e energia.

Anualmente, novas informações são colhidas no campo para o inventário do ano seguinte, para se obter os menores erros possíveis. A Cia. Suzano de Papel e Celulose atua em duas regiões com características edafo-climáticas distintas no Estado de São Paulo, internamente denominadas de Oeste e Leste, cujas características são apresentadas por COUTO & BASTOS, 1987.

A estratificação utilizada para o estudo do fator de empilhamento considerou os seguintes itens:

- características de sítio (solo, clima, declividade, altitude, etc.) representada pelas regiões e glebas.
- espécie (**Eucalyptus grandis** e **E. saligna**).
- idade (em alguns casos as idades em anos foram agrupadas).
- ciclo.
- rotação.

Na Tabela 1 são apresentadas as características dos estratos estudados até o ano de 1987.

As glebas são compostas de fazendas situadas nos municípios constantes da Tabela 2.

Coleta da Dados

Os dados de fator de empilhamento foram coletados em todos os estratos listados na Tabela 1. Antes de abater as árvores, as mesmas eram classificadas de acordo com o seu DAP. Em cada estrato foram abatidas no mínimo 80 árvores uniformemente distribuídas em intervalos de classe de amplitude igual a 2,0 cm.

As árvores, após serem abatidas, foram seccionadas em peças de 2,20 m de comprimento, sendo assim obtidos os volumes sólidos e empilhados através dos quais se calculou o fator de empilhamento. Em cada estrato e para cada classe de DAP foram calculados os DAP médios e altura total média das árvores e os fatores de empilhamento para madeira de celulose e energia.

Sendo a madeira para celulose, tinha o diâmetro mínimo de 8 cm e para energia o mínimo era de 4 cm e o máximo de 8 cm. O empilhamento foi realizado manualmente.

Fatores Estudados

Através de uma análise fatorial foram estudados os seguintes fatores e suas interações para o fator de empilhamento, para madeira de celulose (FATCELU) e de energia (FATENER):

- Classes: foram estudadas 11 classes, sendo a classe **i** com DAPs entre 4 e 6 cm e a classe **ii** de 24 e 26 cm.
- Região: as regiões estudadas foram as regiões Leste e Oeste, com características edafo-climáticas bem definidas.
- Gleba: foram estudadas 5 glebas com características ambientais distintas, sendo 3 na região Oeste e 2 na região Leste.
- Espécie: testaram-se apenas duas espécies: **Eucalyptus grandis** e **E. saligna**.
- Idade: as idades variam de 3 a 9 anos.
- Ciclo: analisaram-se diferenças entre o primeiro e o segundo ciclo.
- Rotação: a primeira e segunda rotação foram também estudadas.

TABELA 1. Caracterização dos estratos estudados.

Estrato	Região	Gleba	Local	Espécie	Idade	Ciclo	Rotação
01	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. saligna	6-8	1	2
02	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. saligna	6-7	1	2
03	OESTE	4	11/15	E. saligna	7-8	1	1
04	OESTE	4	11/15	E. saligna	3-4	1	2
05	OESTE	4	11/15	E. saligna	5-6	1	2
06	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. saligna	8	1	1
07	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. saligna	3-5	1	2
08	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. saligna	9	1	1
09	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. saligna	3-5	1	2
10	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. saligna	9	1	2
11	LESTE	1	9/13	E. grandis	3	2	1
12	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. saligna	3-4	2	1
13	OESTE	4	11/15	E. grandis	3	2	1
14	OESTE	4	11/5	E. saligna	3-4	2	1
15	LESTE	2	1/2/3/4/5/6/7	E. grandis	3	2	1
16	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. saligna	3	2	1
17	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. saligna	4	2	1
18	OESTE	4	11/15	E. grandis	4	2	1
19	OESTE	4	11/15	E. saligna	5-6	2	1
20	LESTE	1	9/13	E. grandis	4	2	1
21	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. saligna	5-6	2	1
22	LESTE	1	9/13	E. saligna	3-4	2	1
23	LESTE	1	9/13	E. grandis	5-6	2	1
24	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. grandis	4	2	1
25	OESTE	4	11/15	E. grandis	5	2	1
26	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. saligna	5	2	1
27	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. grandis	3	2	1
28	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. grandis	4	2	1
29	OESTE	5	17	E. saligna	5-7	2	1
30	OESTE	5	17	E. saligna	6	2	1
31	LESTE	2	1/2/3/5/6/7	E. grandis	5	2	1
32	OESTE	4	11/15	E. grandis	6	2	1
33	OESTE	3	10/12/14/16/19	E. grandis	5	2	1

Somente as interações possíveis foram analisadas estatisticamente.

Estudos de Regressão

Estudou-se através do procedimento passo-a-passo, opção para frente (FORWARD) descrita no sistema SAS (1985), as relações existentes entre o DAP e altura total média de cada classe com os fatores de empilhamento para madeira de celulose e energia e diâmetro médio das peças.

As variáveis independentes testadas para os fatores de empilhamento (FATCELU e FATENER) foram as seguintes: MDAP, MALT, MDAP**2, MDAP**3, MALT**2,

$MALT^{**3}$, $(MDAP^{**2}) * MALT$, $(MDAP^{**3}) * MALT$, $INVMDAP$, $INVMALT$, $MDIA$, $LMDIA$, $MDIA^{**2}$ onde:

MDAP = DAP médio das árvores por classe diametral

MALT = altura média das árvores por classe diametral

MDIA = diâmetro médio das peças por classe diametral

** = exponenciação

INV = inverso

L = logaritmo neperiano

Procurou-se estimar o fator de empilhamento conhecendo-se variáveis independentes de fácil acesso (DAP e altura total das árvores) e o diâmetro médio das peças, rotineiramente calculados nos inventários florestais.

Computação dos Dados

Para análise de variância e testes de regressão foi utilizado o sistema SAS, versão 5, instalado num computador IBM 4381 (16Mb de memória real de processamento) modelo P13,5 Gb de memória em área de disco pertencente a DATAMIL, empresa coligada à Cia. Suzano de Papel e Celulose.

TABELA 2. Relação dos municípios abrangidos pela amostragem no Estado de São Paulo.

Local	Município
1	Biritiba Mirim
2	Salesópolis
3	Mogi das Cruzes
5	Biritiba Mirim
6	Santos
7	Biritiba Mirim
9	Paraibuna
10	Sarapuí/Salto de Pirapora
11	Itapetininga
12	São Miguel Arcanjo
13	São Luiz do Paraitinga
14	São Miguel Arcanjo
15	Angatuba/Itatinga/Bofete/Botucatu/Pardinho
16	Pilar do Sul/São Miguel Arcanjo
17	Itararé
19	Angatuba/Itapetininga

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos resultados indica uma influência maior dos fatores estudados sobre o fator de empilhamento para energia (FATENER) em relação à celulose (FATCELU). A madeira para energia é oriunda tanto de árvores dominadas no povoamento como da parte terminal do tronco, onde a influência da copa é marcante. Portanto, o FATENER é mais influenciado pelo ambiente e densidade do povoamento. A Tabela 3

apresenta os valores de teste F e respectivas probabilidades e mostra que a classe diametral é o único fator que apresenta influência significativa e 5% de probabilidade sobre a variável FATCELU. Entretanto o valor do teste F para região encontra-se muito próximo da significância.

Isto indica que para cada região poder-se-ia agrupar as glebas, espécies, idades, ciclos e rotações, mantendo contudo os fatores de empilhamento para cada classe diametral. O mesmo não acontece com o fator de empilhamento para energia, cuja análise estatística mostra alta significância para região e rotação não apresentando portanto diferenças estatísticas entre classes. Nesse caso, poder-se-ia agrupar para cada região e rotação as classes diametraes, glebas, espécies, idades e ciclos. Em geral se obtém para uso em inventários florestais O FATENER e FATCELU ao mesmo tempo, ou mais precisamente, uma árvore pode fornecer madeira para celulose e energia concomitantemente. Por isso, o agrupamento pode ser feito por gleba, espécie, idade e ciclo, mantendo-se as informações por região, rotação e classe diametral.

As grandes variações no FATENER e FATCELU são mostradas na Tabela 4. A maior variação de cerca de 29% ocorre entre as classes diametraes do FATENER (mínimo de 1,19 e máximo de 1,54). O FATCELU apresenta variação média de 9% em função da classe diametral. Em relação ao grupo de idade essa variação foi de cerca de 20% para o FATENER e FATCELU. Dentre os fatores estudados, as menores variações máximas foram para o ciclo e a espécie com cerca de 2% entre os níveis estudados.

O fator de empilhamento médio para madeira de celulose é de 1,26 e de energia 1,46, nas condições estudadas. Teoricamente, considerando a forma das peças como cilíndricas, pode-se deduzir que o fator de empilhamento é igual a 1,2732. A madeira para celulose, por ter fator de empilhamento próximo a esse valor, apresenta peças de forma mais cilíndricas em relação à madeira para energia.

A variação entre regiões explica-se pelas diferenças nos ritmos de crescimento entre a região Leste e Oeste. Na região Oeste o ritmo de crescimento é mais lento, pelas características de solo e clima, apresentando evidentemente um maior fator de empilhamento para celulose e energia. A forma do fuste é mais cilíndrica quando o índice de sítio é maior. Sendo a forma mais cilíndrica o fator de empilhamento é menor (menores espaços vazios na pilha de madeira).

O **E. grandis** e **E. saligna** não apresentam características na forma do fuste muito distintas, pois são espécies que se cruzam e cujas características de crescimento são semelhantes nas regiões estudadas. A variação nos fatores de empilhamento entre ambas as espécies é muito pequena, Contudo, não se deve generalizar esses resultados para outras espécies não incluídas nesse estudo.

Os ciclos também se comportam com valores semelhantes para os dois fatores (FATCELU e FATENER).

A segunda rotação apresenta peças de menores diâmetros que a primeira, daí a influência mais acentuada (cerca de 4%) no FATENER. A influência da rotação do FATCELU é de 2,4%.

Os estudos de regressão não mostraram correlação entre as variáveis MOAP, MALT, e MOIA e suas transformadas e combinadas, com os fatores de empilhamento para madeira de celulose e energia, os valores do coeficiente de determinação (R²) foram inferiores a 0,1. Isto impede a estimativa do FATENER e FATCELU conhecendo-se variáveis de fácil acesso como OAP e altura total da árvore.

Portanto, os fatores de empilhamento são mais influenciados pelo ritmo de crescimento, classe diametral e rotação do que pelo DAP e altura da árvore. Sob o ponto de vista de aplicação dessas informações, dever-se-ia ter uma tabela de dados com os respectivos fatores e não uma função como comumente se usa para estimativa de volume sólido.

TABELA 3: Quando de análise de variância do fator de empilhamento para madeira de celulose e energia com casca.

Causa de Variação	Celulose		Energia	
	Teste F	Probabilidade	Teste F	Probabilidade
Classe (CL)	1,96	0,0353	1,48	0,148
Região (R)	3,23	0,0743	7,32	0,0074
Gleba (G)	1,71	0,1675	1,11	0,3444
Espécie (E)	0,04	0,8420	0,06	0,8027
Idade (I)	0,97	0,4677	1,43	0,1672
Ciclo (C)	0,52	0,4703	0,84	0,3606
Rotação (RO)	0,08	0,7765	5,40	0,0211
R x E	1,09	0,2977	0,26	0,6096
R x I	0,50	0,7356	1,23	0,2972
R x C	0,75	0,3893	0,29	0,5905
R x RO	2,00	0,1597	3,63	0,0580
G x E	0,01	0,9432	0,07	0,7978
G x I	0,33	0,8033	0,07	0,9768
G x C	0,20	0,6558	0,62	0,4319
E x I	1,35	0,2631	0,26	0,7700
I x C	0,11	0,7372	0,89	0,3461
Coefficiente de Variação	11,70%		13,02%	

Probabilidade dos Testes F	
< 0,01	** significância a 1% de probabilidade
0,05 - 0,01	* significância a 5% de probabilidade
> 0,05	N.S. não significativo

CONCLUSÕES

a) O fator de empilhamento para madeira de celulose é menos sensível à variações ambientais e densidade do povoamento que o de energia.

b) As regiões, as rotações e as classes de diâmetros não podem ser agrupadas, obtendo-se assim um único fator para todas essas condições. Nem todos os estratos florestais apresentam a mesma frequência de indivíduos.

c) Os erros cometidos usando fatores de um estrato em outro, ou de uma condição ambiental para outra, pode chegar a 29%, na estimativa do volume da madeira empilhada.

d) O fator de empilhamento para energia é maior que o fator de empilhamento para celulose e essa variação é de 15,87%. Quanto maior o diâmetro médio das peças, menor o fator de empilhamento.

e) O estudo de regressão não mostrou possibilidade de estimar fator de empilhamento para celulose e energia a partir de variáveis de fácil acesso (DAP, altura total e diâmetro médio das peças)

TABELA 4: Fatores de empilhamento médios agrupados em diversos critérios para madeira de celulose e energia com casca.

Classe Diametral	Celulose	Energia	Grupo de Idade	Celulose	Energia
	4-6	-		1,41	3
6-8	1,26	1,44	3-4	1,27	1,45
8-10	1,27	1,45	3-5	1,27	1,47
10-12	1,30	1,46	5	1,24	1,50
12-14	1,25	1,49	5-6	1,25	1,48
14-16	1,28	1,52	5-7	1,28	1,52
16-18	1,25	1,47	6-7	1,32	1,50
18-20	1,18	1,47	6-8	1,23	1,42
20-22	1,24	1,54	7-8	1,39	1,62
22-24	1,21	1,35	8	1,23	1,34
24-26	1,26	1,19	9	1,16	1,33
25-28	1,19	-			
Região			Espécie		
Leste	1,23	1,42	E. saligna	1,25	1,47
Oeste	1,28	1,49	E. grandis	1,26	1,42
Ciclo			Rotação		
1	1,25	1,48	1	1,27	1,48
2	1,27	1,44	2	1,24	1,42
Glebas			Geral	1,26	1,46
1	1,30	1,47			
2	1,21	1,41			
3	1,27	1,47			
4	1,28	1,51			
5	1,30	1,52			

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAILLIEZ, F. - **Forest volume estimation and yield prediction**. Rome, FAO, 1980. v.1 (FAO forestry paper, 22/1).

CARRILLO, G. E. t alii - Comparações de coeficientes de apilamiento para brazuelo. **Boletín técnico**, INIF, México (103): 1-13, 1985.

COUTO, H.T.Z. & BASTOS, N.L.M. - Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de **Eucalyptus** no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba (37): 33-44, 1987.

MACIEL, R. - Recebimento de madeira por peso: problemas e perspectivas. In: SIMPÓSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL, 2, 1984. **Anais**. Piracicaba, IPEF, 1984. p. 51-5.

SAS - **User's guide**: statistics - versão 5. New York, SAS Institute, 1985. 356p.

TARAS, M.A. - Buying pulpwood by weight as compared with volume measure. **USDA. Forest Service. SE research paper**, Asheville (74): 1-11, 1956.

TOROUATO, M.C. - Fator de empilhamento: implicações técnicas na medição da madeira empilhada. **Sivicultura**, São Paulo, 8(30): 230-3, mai./jun. 1983.