

**Interface recebimento de madeira X produção de polpa:  
estabelecimento de relações práticas sobre índice de qualidade**

MFN -0381

N CHAMADA:

TITULO: Interface recebimento de madeira X produção de polpa:  
estabelecimento de relações práticas sobre índice de qualidade

AUTOR(ES): BUSNARDO, C.A.MENOCHELLI, S.GONZAGA, J.V.ROSTIROLLA,  
R.A.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 01. Florestal

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual de Celulose e Papel, 22

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 20-24.11.1989

IMPRESSÃO: São Paulo, 1989, ABTCP

PAG/VOLUME: p.35-55,

FONTE: Congresso Anual de Celulose e Papel, 22, 1989, São  
Paulo, p.35-55

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: eucalipto, fator de empilhamento, Eucalyptus  
saligna, Eucalyptus tereticornis, Acacia mearnsii,  
volume de cavacos, consumo específico de madeira,  
consumo específico de cavacos

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo apresentar relações práticas de grande  
significância para o estabelecimento de índices de qualidade na interface recebimento  
madeira x produção de polpa. Procedimentos matemáticos expeditos para avaliação do  
fator de empilhamento, específico para cada espécie florestal, em condições de total  
aleatoriedade de recebimento, bem como para estimativa do volume sólido de madeira foram  
estabelecidos a partir de análise de regressão linear múltipla e seleção stepwise de  
variáveis independentes facilmente mensuráveis. Abordagens comparativas com  
procedimentos tradicionais de avaliação, estabelecimento de relações práticas  
envolvendo as variáveis mensuradas, bem como discussões detalhadas acerca dos dados  
obtidos são apresentados

INTERFACE RECEBIMENTO DE MADEIRA X PRODUÇÃO DE POLPA:  
ESTABELECEMENTO DE RELAÇÕES PRÁTICAS SOBRE ÍNDICES DE QUALIDADE

Carlos Alberto Busnardo  
Sérgio Menochelli  
Jorge Vieira Gonzaga  
Renato Alfonso Rostirolla  
Riocell S.A. - Guaíba - RS - Brasil

## 0. Introdução

Atualmente, a moderna silvicultura brasileira tem propiciado uma profunda alteração conceitual na utilização integral da biomassa florestal. A abordagem moderna de domesticação dos maciços florestais, aliado ao fato dos mesmos estarem localizados na faixa ecológica do globo ter restrito onde os processos biológicos são mais intensos, tem contribuído para que sensíveis elevações na produtividade global sejam verificadas. Obtermos vantagens qualitativas dessa situação é fundamental para que nos sa competitividade seja consolidada, haja vista a crescente elevação do custo de aquisição de terras e implantação de povoamentos florestais ecológicamente adaptados. Para a particular situação nacional, a implantação, bem como a condução de maciços florestais homogêneos, é efetuada basicamente objetivando a produção de madeira para produção de celulose e geração de energia. Empresas produtoras de celulose necessitam de enormes quantidades de madeira para suas atividades de conversão. Tradicionalmente, o abastecimento de madeira era integralmente baseado na utilização de toras com diâmetros mínimos superiores a seis centímetros, não se cogitando no passado a utilização intensiva de toras de menores diâmetros. Atualmente, alterações no padrão de recebimento de madeira tem sido adotadas por empresas do gênero, contribuindo dessa forma para um incremento do percentual relativo de madeira fina. No entanto, o suprimento adicional de madeira fina não pode em absoluto ser desprezado, devendo-se estabelecer uma convivência harmônica. Em adição, doravante a proporção relativa de madeira fina tenderá a aumentar, haja vista a utilização de florestas que se encontram em segundo e terceiro ciclos de rotação. Como desvantagens do incremento de utilização de madeiras mais finas, pode-se citar a elevação dos custos de transporte, maior produção de serragem, bem como diminuição da relação volume sólido de madeira em relação ao volume de madeira empilhada, com nítidos reflexos sobre o consumo específico de madeira para produção de uma tonelada de celulose.

A adequada quantificação do volume sólido de madeira, associado ao estabelecimento de relações oriundas de atividades de conversão, reveste-se de importância capital, haja vista dentre outros, o dimensionamento de áreas para estocagem de madeira, na forma de toras ou cavacos, dimensionamento das necessidades de transporte para atingimento dos objetivos de produção de celulose, bem como fornecer estimativas confiáveis acerca do consumo específico de madeira para produção de uma tone

lada de celulose. A utilização indistinta de valores de fator de empilhamento, válidos para todas as espécies florestais, independentemente da consideração de suas particularidades, tais como comprimento das toras, variabilidade diamétrica e formas de manuseio da madeira (empilhamento manual, empilhamento mecânico ou reempilhamento mecânico), pode comprometer seriamente todas as projeções efetuadas.

Dentro desse enfoque, realizou-se o presente estudo, com o objetivo de apresentar relações práticas de grande significância para o estabelecimento de índices de qualidade na interface recebimento madeira x produção de polpa. Procedimentos matemáticos expeditos para avaliação do fator de empilhamento, específicos para cada espécie florestal, em condições de total aleatoriedade de recebimento, bem como para estimativa do volume sólido de madeira foram estabelecidos a partir de análises de regressão linear múltipla e seleção stepwise de variáveis independentes facilmente mensuráveis. Abordagens comparativas com procedimentos tradicionais de avaliação, estabelecimento de relações práticas envolvendo as variáveis mensuradas, bem como discussões detalhadas acerca dos dados obtidos são apresentadas.

## 1. Material

O material utilizado para a realização do presente estudo, consistiu inicialmente de caminhões carregados de madeira, e pertencente aos grandes grupos E.saligna, E.tereticornis e A.mearnsii. As madeiras de E.saligna, e E.tereticornis eram basicamente provenientes de plantios próprios, segundo ciclo de rotação, ao passo que o suprimento de madeira de A.mearnsii era proveniente de plantios comerciais de terceiros, primeiro ciclo de rotação. Dentro do enfoque da política florestal da empresa, o agrupamento de espécies que apresentam similaridade de características frente à deslignificação kraft, é prática corrente, razão pela qual não foram efetuadas distinções particularizadas dentro de um mesmo grupo.

### 1.1 Caracterização do material

Haja vista o particular enfoque do estudo, relativo dentre outros à previsão do consumo específico de madeira para produção de uma tonelada de polpa branqueada e depurada seca ao ar, através do estabelecimento de relações expeditas, obtidas através de parâmetros analisados na interface recebimento de madeira x deslignificação kraft, todos os caminhões a serem analisados deveriam apresentar todas as informações pertinentes à carga transportada. Dentre as informações disponíveis, foram selecionadas como as de maior significância, as seguintes: espécie, procedência, idade, volume e peso transportados, comprimento da tora e tempo de após corte, parâmetro esse de grande significância para a operação industrial. Através destes dados, histogramas de distribuição de madeira por idade e tempo de após-corte foram efetuados, cujas respectivas representações gráficas referentes à totalidade do material utilizado podem ser visualizadas nas Figuras 1 e 2.

## 2. Metodologia e resultados

### 2.1 Determinações efetuadas

Após as mensurações efetuadas em cada carga, os caminhões eram encaminhados à seção de picagem, ocasião em que eram efetuadas amostragens representativas dos cavacos, as quais eram utilizadas para determinações de teor de secos, densidade básica e grau de compactação (densi

dade a granel). A determinação da densidade básica foi efetuada pelo método da balança hidrostática, e o grau de compactação pela utilização de recipientes com volumes padronizados, em conformidade com metodologia específica. Através destes resultados analíticos, procedia-se à determinações dos respectivos valores para peso seco, volume real sólido de madeira e volume de cavacos, através dos quais relações de significância poderiam ser obtidos. Valores individualizados por carga amostrada, bem como respectivos valores médios e demais medidas de dispersão, particularizados para os grandes grupos analisados, podem ser visualizados nos Quadros I, II e III.

## 2.2 Fator de depreciação

O fator de depreciação, expresso em termos percentuais, foi estabelecido objetivando fornecer indicações relativas à homogeneidade diametral da carga ao longo da área lateral do caminhão. A respectiva expressão matemática pode ser estabelecida conforme segue:

$$FD = \frac{NTT - NTR}{NTT} \times 100, \text{ onde:}$$

FD: fator de depreciação, %,

NTT: número de toras teórico no caminhão,

NTR: número de toras real no caminhão.

O número de toras teórico foi estabelecido a partir da extrapolação do número médio de toras determinadas em gabaritos de 1 x 1m, para a área lateral do caminhão, considerando-se total homogeneidade. Por sua vez, o número de toras real no caminhão foi determinado pela contagem de totalidades das toras existentes no mesmo. Valores negativos para o fator indicam a presença de uma maior heterogeneidade na carga, haja vista a presença de uma maior quantidade de toras de menores diâmetros. Valores individualizados e demais medidas de dispersão podem ser visualizados nos Quadros I, II e III.

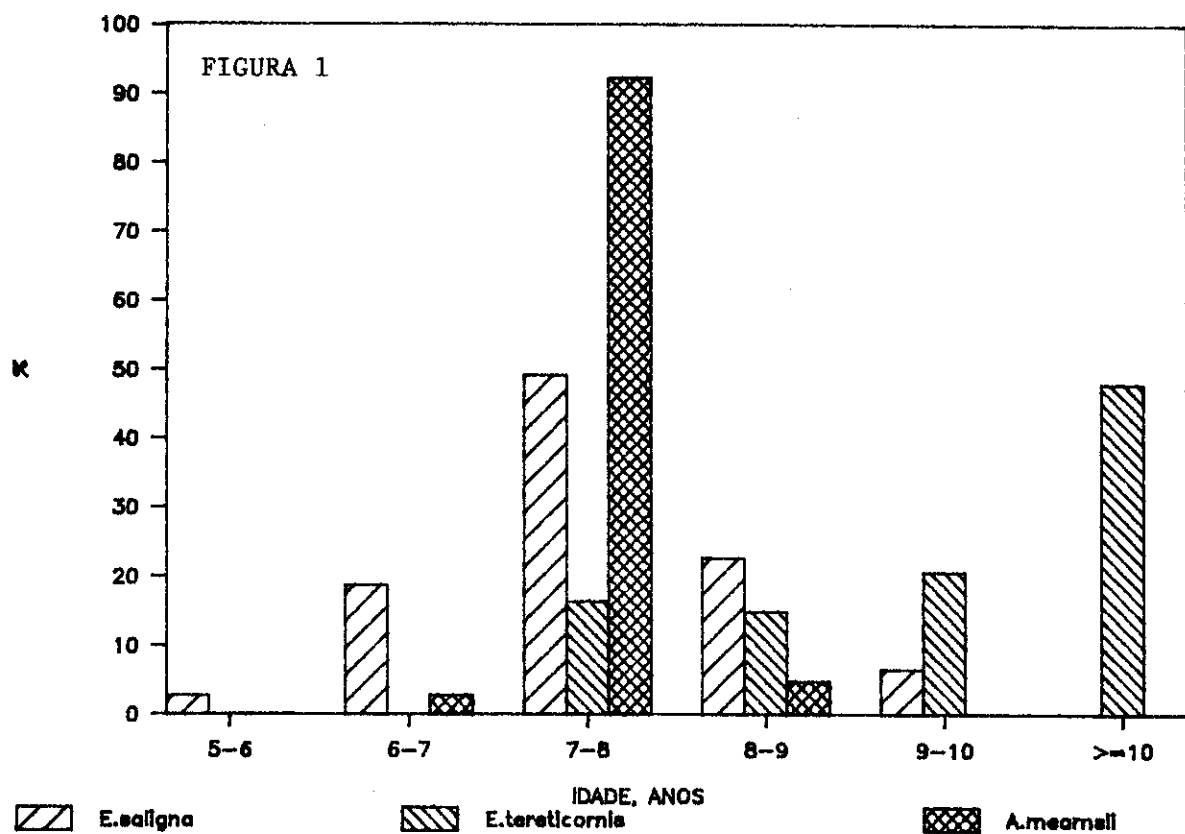
## 2.3 Estabelecimento da relação volume de madeira empilhada(st) pelo volume de madeira real sólido (m<sup>3</sup>)

O estabelecimento da relação entre o volume de madeira empilhada e o correspondente volume real sólido, relação essa denominada de fator de empilhamento, é de extrema significância econômica e industrial, pois apresenta uma relação inversa com o volume real sólido transportado, para um mesmo volume de madeira empilhada. Haja vista a multiplicidade dos dados disponíveis, o estabelecimento da presente relação foi obtida através de três procedimentos distintos, conforme segue:

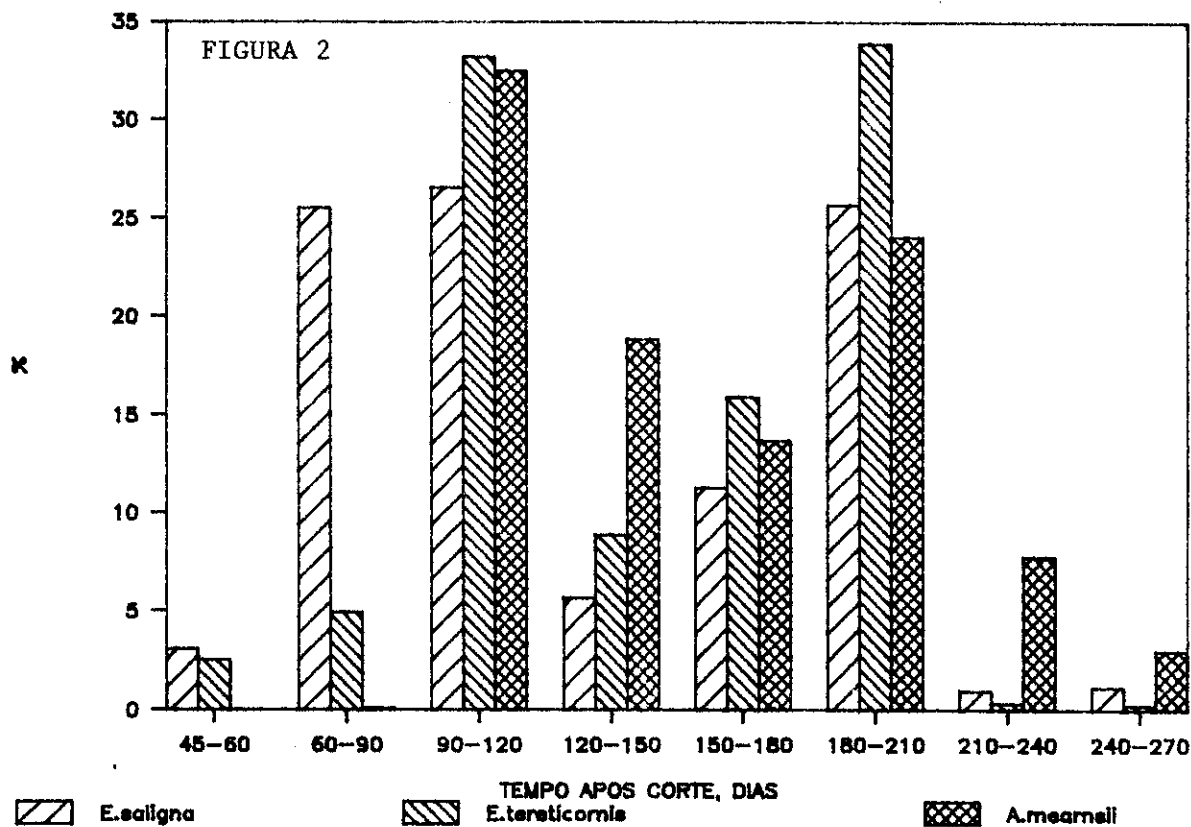
### 2.3.1 Procedimento tradicional

A determinação pelo procedimento tradicional foi efetuada mediante-se inicialmente todas as toras de madeira compreendidas em uma área delimitada por um gabarito com as dimensões 1 x 1m. Para cada caminhão, foram utilizados três gabaritos, distribuídos aleatoriamente ao longo da área lateral do mesmo. Através dos respectivos diâmetros individuais, determinava-se as respectivas áreas basais representadas unicamente por madeira, parâmetro esse que multiplicado pelo comprimento da tora, disponível para cada carga transportada, fornecia o correspondente volume real sólido de madeira. O volume de madeira empilhada, por sua vez, foi estabelecido pela multiplicação das dimensões do gabarito, constantes durante todo o período de realização do estudo. O estabelecimento da relação foi a seguir obtida pela razão entre o volume de madeira empilhada, e o correspondente volume real sólido.

## DISTRIBUICAO POR IDADE



## DISTRIBUICAO POR TEMPO DE APOS CORTE



QUADRO I - Valores individualizados e medidas estatísticas para os parâmetros analisados  
Especie - Eucalyptus saligna

AMOSTRA	Volume madeira st	P. seco madeira t	Consist. madeira %	Grau compac. kg/l	Densid. basica g/cm3	No medio toras/gabarito	No total de toras real	No total de toras teorico	Depreci- acao %	Volume sol. m3	Volume cavaco m3
1	38.80	11.51	61.61	0.167	0.473	55	1114	980	-13.67	24.34	68.95
2	37.60	11.46	63.69	0.145	0.464	60	1003	940	-6.70	24.71	79.06
3	35.00	12.40	67.19	0.176	0.536	63	859	1002	14.29	23.14	70.47
4	39.20	12.94	69.79	0.165	0.483	49	894	873	-2.39	26.79	78.42
5	35.80	12.24	68.31	0.158	0.475	51	900	830	-8.45	25.77	77.48
6	37.90	12.59	72.25	0.157	0.488	50	978	861	-13.54	25.99	80.17
7	39.30	12.28	64.45	0.154	0.472	52	999	929	-7.55	26.03	79.85
8	34.40	14.04	84.55	0.155	0.495	57	1074	950	-13.05	28.35	90.55
9	33.00	11.31	62.04	0.147	0.464	48	893	770	-15.97	24.37	76.94
10	36.10	12.44	68.15	0.152	0.515	43	907	790	-14.81	24.15	81.82
11	34.10	10.94	54.30	0.152	0.449	53	974	850	-14.59	24.36	71.95
12	36.20	10.92	52.37	0.158	0.468	49	848	790	-7.37	23.34	69.14
13	33.80	10.60	70.41	0.143	0.454	41	705	630	-11.92	23.34	74.10
14	36.80	11.64	65.32	0.161	0.489	46	808	769	-5.01	23.80	72.30
15	29.90	11.01	64.62	0.156	0.488	68	911	924	1.43	22.56	70.58
16	31.20	10.16	67.88	0.157	0.475	55	804	780	-3.08	21.39	64.72
17	33.70	10.59	48.70	0.144	0.446	50	945	830	-13.86	23.75	73.56
18	34.00	9.57	65.39	0.140	0.415	42	666	649	-2.61	23.05	68.33
19	31.20	9.75	56.31	0.162	0.458	50	671	650	-3.23	21.29	60.20
20	34.00	9.55	61.62	0.128	0.430	40	712	630	-13.02	22.21	74.62
Media	35.10	11.40	64.45	0.154	0.472	51	883	821	-7.75	24.13	74.16
D. pad.	2.62	1.17	7.63	0.010	0.027	7	124	113	—	1.73	6.57
C. var.	7.46	10.25	11.84	6.775	5.666	14	14	14	—	7.17	8.85
Moda	34.00	11.34	64.45	0.152	0.464	50	893	790	—	23.75	72.30
Mediana	34.70	11.01	64.97	0.156	0.472	50	897	830	—	23.98	73.83
V. max.	39.30	14.04	84.55	0.176	0.536	68	1114	1002	14.29	28.35	90.55
V. min.	29.90	9.55	48.70	0.128	0.415	40	666	630	-15.97	21.29	60.20
Ampl.	9.40	4.48	35.85	0.048	0.121	28	448	372	30.27	7.06	30.35

QUADRO II - Valores individualizados e medidas estatísticas para os parâmetros analisados  
Especie - Eucalyptus tereticornis

AMOSTRA	Volume madeira st	Peso seco madeira t	Consist. madeira %	Grau compac. kg/l	Densidad basica g/cm3	No medio toras/gabarito	No total de toras real	No total de toras teorico	Depreci- acao %	Volume sol. m3	Volume cavacos m3
1	36.60	12.74	74.36	0.182	0.566	70	1056	1165	9.32	22.51	69.99
2	32.40	10.70	69.84	0.187	0.531	45	652	608	-7.33	20.15	57.22
3	31.00	11.42	65.17	0.195	0.552	45	673	581	-15.78	20.70	58.59
4	29.30	10.08	64.51	0.190	0.540	43	575	573	-0.40	18.67	53.07
5	32.00	10.73	74.29	0.170	0.520	48	686	640	-7.19	20.63	63.10
6	36.70	11.11	67.56	0.180	0.540	35	609	535	-13.79	20.57	61.70
7	35.10	11.02	77.74	0.182	0.579	50	734	731	-0.38	19.03	60.53
8	34.80	12.07	71.45	0.183	0.570	41	613	595	-3.11	21.17	65.94
9	34.00	12.97	70.96	0.190	0.580	42	643	649	0.94	22.36	68.27
10	35.40	12.92	61.90	0.189	0.550	38	634	611	-3.69	23.50	68.38
11	33.50	12.62	69.32	0.185	0.559	43	581	655	11.27	22.58	68.23
12	38.70	11.45	77.16	0.166	0.537	70	960	1129	14.95	21.32	68.98
13	34.60	12.41	75.95	0.183	0.564	49	648	706	8.27	22.00	67.82
14	37.30	12.31	77.61	0.172	0.552	81	1131	1259	10.16	22.30	71.56
15	38.50	11.93	76.08	0.166	0.555	65	1053	1043	-0.99	21.49	71.86
Media	34.66	11.77	71.59	0.181	0.553	51	750	765	0.15	21.27	65.02
D. pad.	2.62	0.88	4.96	0.009	0.017	13	188	239	—	1.30	5.48
C. var.	7.55	7.46	6.93	4.798	3.027	26	25	31	—	6.11	8.43
Moda	34.60	11.45	70.96	0.166	0.552	43	648	640	—	21.17	65.94
Mediana	34.80	11.92	71.45	0.183	0.552	45	652	649	—	21.32	67.81
V. max.	38.70	12.97	77.74	0.195	0.580	81	1131	1259	14.95	23.50	71.86
V. min.	29.30	10.08	61.90	0.166	0.520	35	575	535	-15.78	18.67	53.07
Ampl.	9.40	2.89	15.84	0.029	0.060	46	556	724	30.74	4.83	18.80

QUADRO III - Valores individualizados e medidas estatísticas para os parâmetros analisados  
Especie - *Acacia mearnsii*

AMOSTRA	Volume madeira st	Peso sec madeira t	Consist. madeira %	Grau compac. kg/l	Densidad básica g/cm3	No medio toras/gabarito	No total de toras real	No total de toras teorico	Depreciacao %	Volume sol. m3	Volume cavacos m3
1	39.40	13.09	79.70	0.190	0.585	122	1651	1900	13.11	22.38	68.92
2	49.40	15.72	81.68	0.176	0.563	56	1564	1383	-13.07	27.93	89.34
3	39.40	12.15	79.18	0.188	0.587	91	1766	1793	1.49	20.71	64.65
4	35.60	12.89	81.62	0.185	0.590	80	1539	1424	-8.08	21.84	69.66
5	33.50	10.78	81.21	0.179	0.560	83	1495	1390	-7.53	19.26	60.25
6	37.10	12.66	80.35	0.173	0.566	60	1374	1234	-11.35	22.36	73.15
7	41.20	12.26	75.89	0.173	0.550	60	1437	1236	-16.26	22.28	70.85
8	34.00	11.29	80.58	0.169	0.573	91	1594	1547	-3.04	19.70	66.80
9	34.00	10.34	78.56	0.183	0.552	95	1613	1615	0.12	18.73	56.49
10	36.90	11.30	79.73	0.166	0.577	98	1840	1808	-1.76	19.58	68.06
11	37.00	10.40	78.64	0.160	0.565	65	1340	1203	-11.43	18.40	64.98
12	38.80	14.21	81.91	0.176	0.556	65	1311	1261	-3.97	25.56	80.75
13	38.40	13.83	79.44	0.173	0.573	60	1113	1152	3.39	24.14	79.95
14	35.70	11.74	79.60	0.175	0.562	94	1693	1678	-0.90	20.89	67.09
15	36.50	12.01	80.88	0.181	0.596	66	1202	1205	0.21	20.15	66.36
Media	37.79	12.31	79.93	0.176	0.570	79	1502	1455	-3.94	21.59	69.82
D. pad.	3.77	1.44	1.50	0.008	0.014	19	199	243	—	2.57	8.03
C. var.	9.97	11.68	1.88	4.471	2.408	23	13	17	—	11.89	11.50
Moda	39.40	12.01	79.70	0.173	0.573	60	1495	1383	—	20.70	67.09
Mediana	37.00	12.15	79.73	0.176	0.566	80	1539	1390	—	20.89	68.05
V. max.	49.40	15.72	81.91	0.190	0.596	122	1840	1900	13.11	27.93	89.34
V. min.	33.50	10.34	75.89	0.160	0.550	56	1113	1152	-16.26	18.40	56.49
Ampl.	15.90	5.38	6.02	0.030	0.046	66	727	740	29.37	9.53	32.84

### 2.3.2 Utilização de dados característicos da carga

Através deste procedimento, a relação volume de madeira  $st/m^3$  foi estabelecida a partir dos dados individuais relativos à cada carga analisada, por intermédio da determinação inicial do volume sólido de madeira, parâmetro esse calculado por intermédio do peso seco transportado e correspondente valor de densidade básica. Por sua vez, por intermédio da mensuração do volume de madeira empilhada transportada, por ocasião do recebimento na fábrica, a relação era perfeitamente determinada.

### 2.3.3 Estimativa através de modelagem matemática

Em conformidade com os procedimentos anteriormente relatados, a correta avaliação da relação entre o volume de madeira empilhada e o correspondente volume real sólido, é uma operação bastante trabalhosa e muitas vezes demorada, haja vista a natureza multifuncional das variáveis influentes. Pelo exposto, objetivando simplificação do procedimento experimental, o que acarretará agilização na avaliação, o fator de empilhamento foi estimado adequadamente através de modelagem matemática em conformidade com exequibilidade comprovada em trabalho anterior dos autores. Para tal, especial atenção foi concentrada inicialmente em modelos matemáticos para estimativa do diâmetro médio das toras, através de variáveis facilmente mensuráveis, e estabelecidos a partir de análises de regressão linear múltipla e regressão pelo processo stepwise. A relação de cada particular modelo para as espécies analisadas, foi efetuada a partir

das estimativas dos coeficientes para cada variável independente, erro padrão dos coeficientes, valor de t, nível de significância para cada valor de t, erro padrão da estimativa, coeficiente de correlação (R) e coeficiente de determinação ajustado.

Os respectivos modelos selecionados para estimativa do diâmetro médio das toras e fator de empilhamento para cada espécie, podem ser visualizados conforme segue:

Eucalyptus saligna

$$\widehat{DM} = 5,404836 + 344,080798 \frac{1}{NT} + 0,028133 DMAX - 0,172663 DMIN$$

R: 0,9709            R<sup>2</sup>ajustado: 94,27%

$$\widehat{FE} = 1,606136 + 111,673502 \frac{1}{NT} - 0,018341 DMAX - 0,012618 \widehat{DM}^2$$

R: 0,7094            R<sup>2</sup>ajustado: 50,33%

Eucalyptus tereticornis

$$\widehat{DM} = 4,335375 + 280,840688 \frac{1}{NT} + 0,007001 DMAX + 0,277101 DMIN$$

R: 0,9809            R<sup>2</sup>ajustado: 96,22%

$$\widehat{FE} = -4,607515 + 0,009352 NT + 0,389071 DMAX + 0,028549 \widehat{DM} - 0,006892 DMAX^2$$

R: 0,8546            R<sup>2</sup>ajustado: 73,03%

Acacia mearnsii

$$\widehat{DM} = 4,850556 + 289,059661 \frac{1}{NT} + 0,128258 DMIN$$

R: 0,9386            R<sup>2</sup>ajustado: 88,10%

$$\widehat{FE} = 3,43458 + 125,29427 \frac{1}{NT} + 0,09197 DMIN - 0,40564 \widehat{DM}$$

onde:

$\widehat{DM}$ : estimativa do diâmetro médio das toras, cm,

$\widehat{FE}$ : estimativa do fator de empilhamento,

DMAX: diâmetro máximo da tora no gabarito, cm,

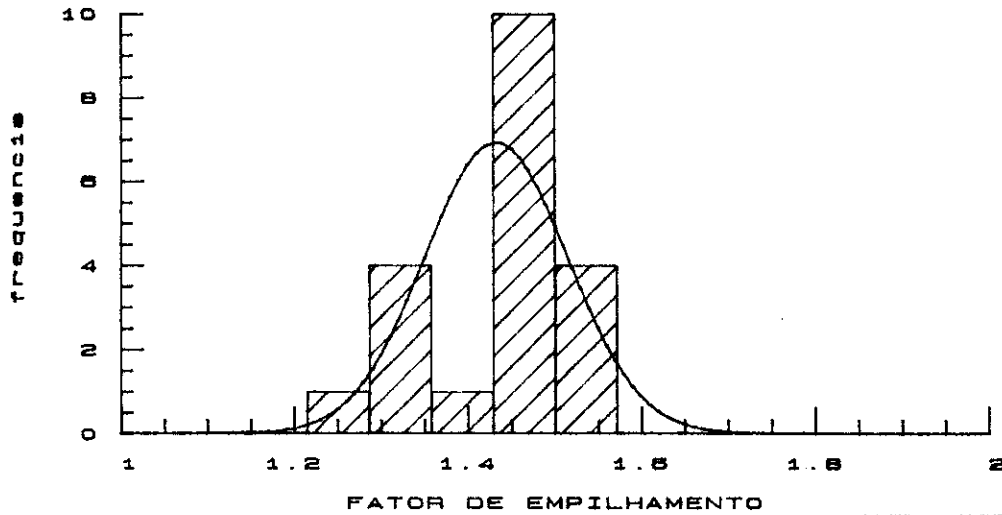
DMIN: diâmetro mínimo da tora no gabarito, cm.

Nos Quadros IV, V e VI encontram-se apresentados os valores individualizados por carga amostrada, bem como respectivos valores médios e demais medidas de dispersão, respectivamente particularizados para os grandes grupos analisados. Nas Figuras 3 e 4 podem ser visualizados respectivamente os histogramas para fator de empilhamento e variabilidade diamétrica, em classes de frequências relativas, obtidas a partir dos dados individuais dos gabaritos analisados. Em adição, na Figura 5, as estimativas para o fator de empilhamento em comparação com os dados originais, são apresentadas.

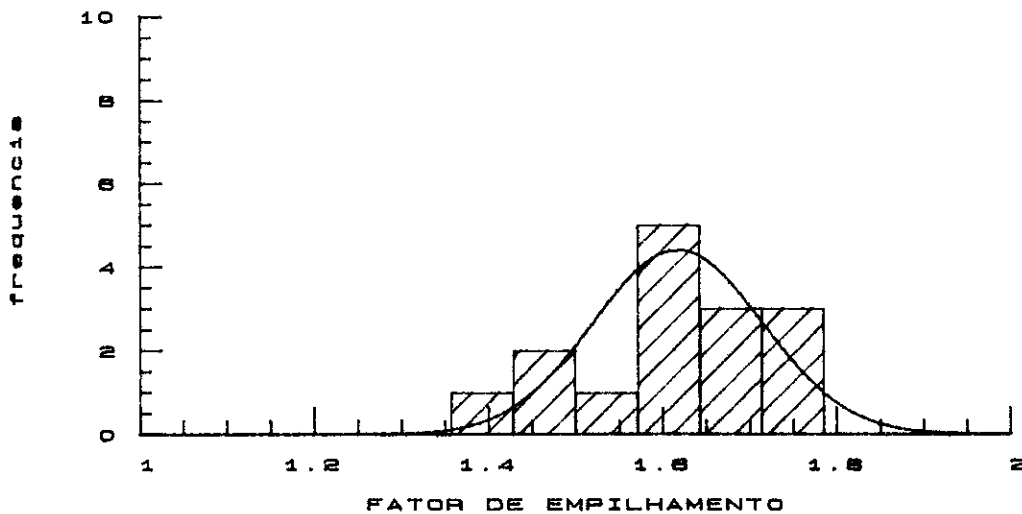


FIGURA 3 - Histogramas relativos à distribuição do fator de empilhamento em classes de frequências relativas

*Eucalyptus saligna*



*Eucalyptus tereticornis*



*Acacia mangium*

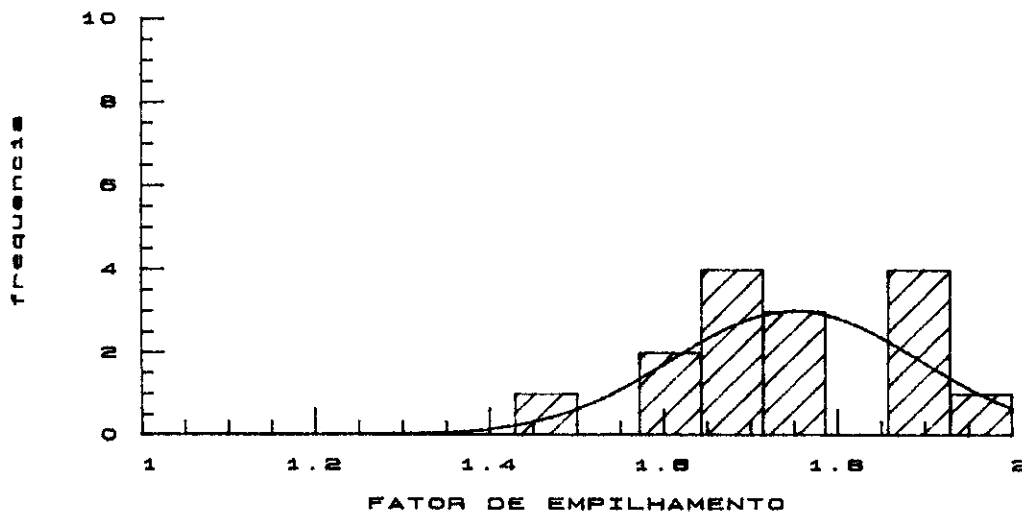
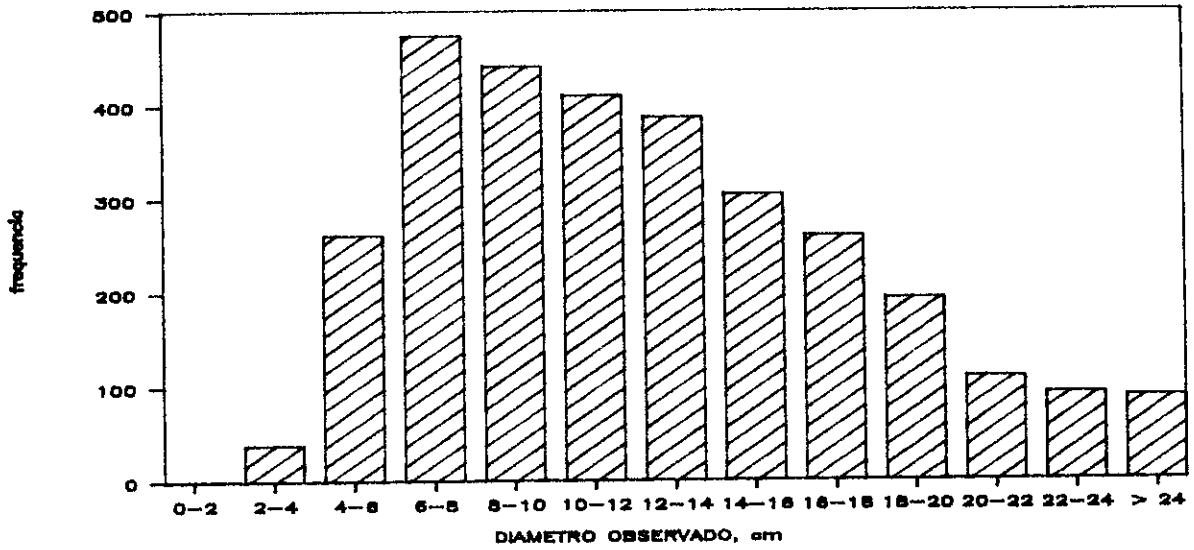
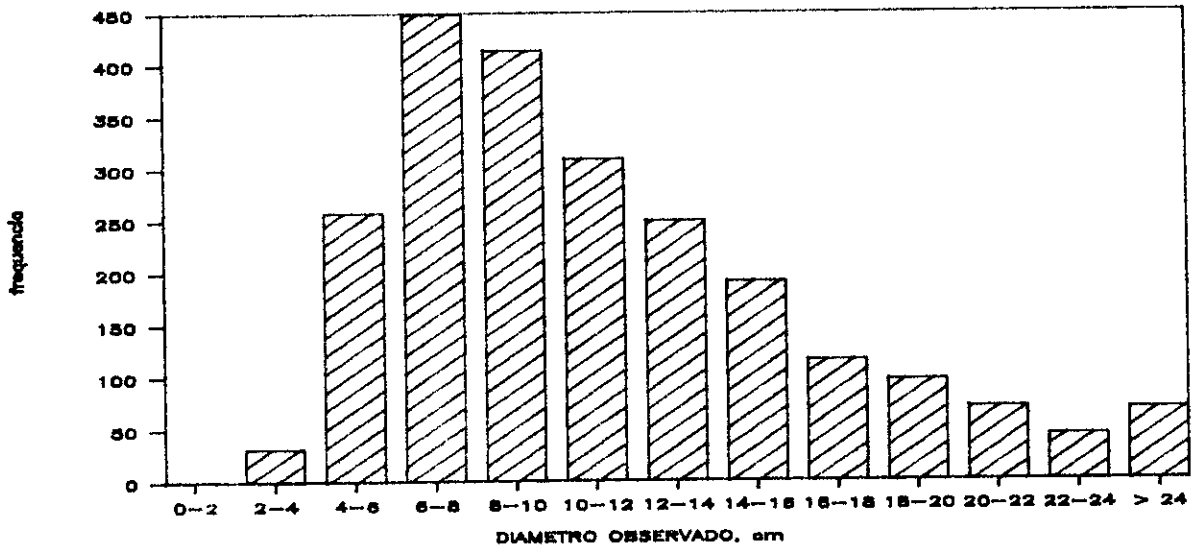


FIGURA 4 - Histogramas relativos à distribuição diamétrica em classes de frequências relativas

*Eucalyptus saligna*



*Eucalyptus tereticornis*



*Acacia mearnsii*

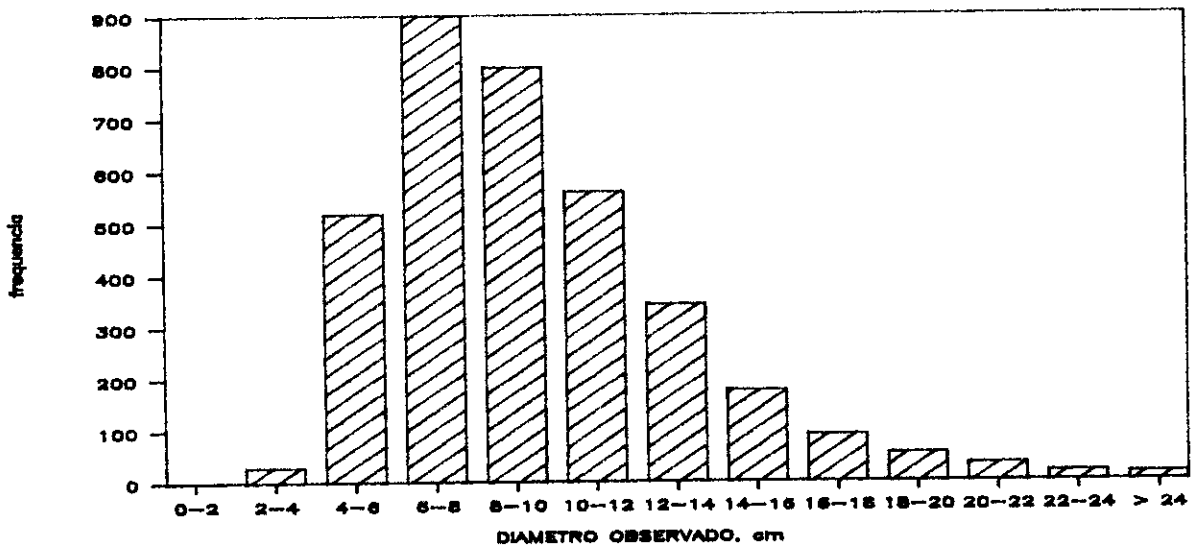
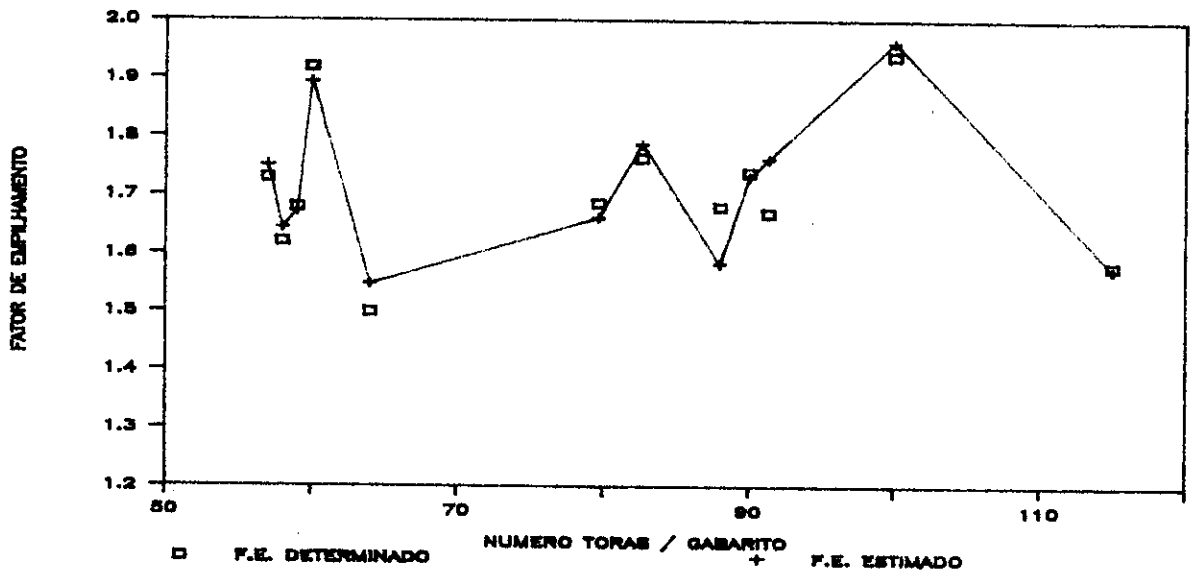
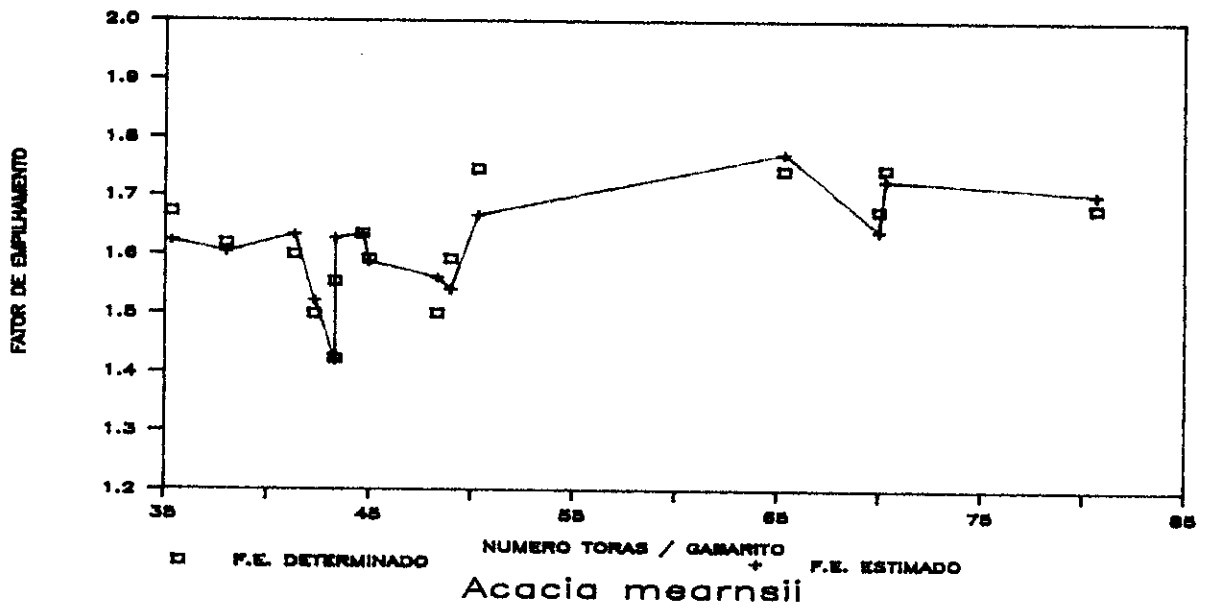
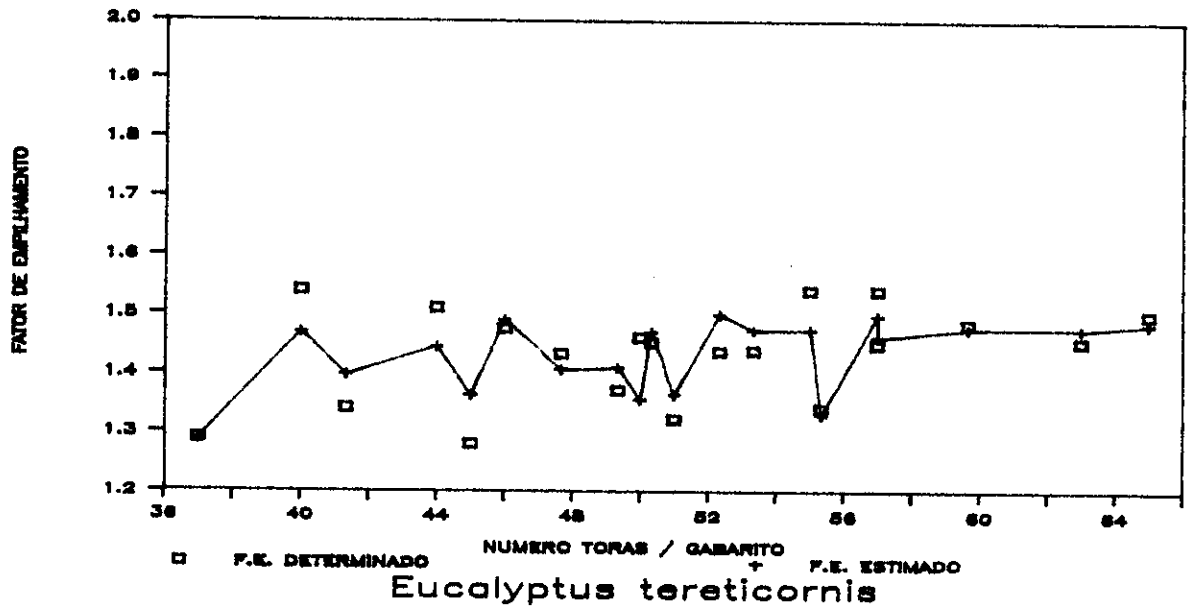


FIGURA 5 - Representações gráficas comparativas entre os fatores de empilhamento determinados e estimados  
*Eucalyptus saligna*



QUADRO IV - Valores individualizados, estimados e medidas estatísticas para as relações práticas analisadas  
Especie - Eucalyptus saligna

AMOSTRA	Relação volume madeira, st/m <sup>3</sup>		Vol. sol. mad., m <sup>3</sup>		Rel. m <sup>3</sup> cav./m <sup>3</sup> mad		Relação		Consumo específico	
	Babarito	Caminhao	Estimado	Caminhao	Estimado	Caminhao	Estimado	m <sup>3</sup> cav./ st mad.	m <sup>3</sup> mad./ tAD branco	m <sup>3</sup> cav./ tAD branco
1	1.54	1.59	1.48	24.34	26.29	2.83	2.62	1.78	4.02	11.38
2	1.48	1.52	1.48	24.71	25.45	3.20	3.11	2.10	4.10	13.11
3	1.45	1.51	1.48	23.14	23.71	3.05	2.97	2.01	3.55	10.80
4	1.37	1.46	1.41	26.79	27.78	2.93	2.82	2.00	3.93	11.52
5	1.32	1.39	1.37	25.77	26.22	3.01	2.95	2.16	4.00	12.03
6	1.45	1.47	1.50	25.79	25.28	3.11	3.17	2.12	3.89	12.10
7	1.44	1.51	1.50	26.03	26.17	3.07	3.05	2.03	4.03	12.35
8	1.28	1.21	1.36	28.35	25.22	3.19	3.59	2.63	3.84	12.26
9	1.43	1.35	1.41	24.37	23.44	3.16	3.28	2.33	4.10	12.93
10	1.51	1.49	1.45	24.15	24.96	3.39	3.28	2.27	3.69	12.50
11	1.44	1.40	1.47	24.36	23.13	2.95	3.11	2.11	4.23	12.50
12	1.54	1.55	1.46	23.34	24.74	2.96	2.79	1.91	4.06	12.03
13	1.34	1.45	1.40	23.34	24.17	3.17	3.07	2.19	4.19	13.29
14	1.48	1.55	1.49	23.80	24.67	3.04	2.93	1.96	3.89	11.80
15	1.29	1.33	1.29	22.56	23.17	3.13	3.05	2.36	3.89	12.18
16	1.34	1.46	1.33	21.39	23.42	3.03	2.76	2.07	4.00	12.10
17	1.46	1.42	1.36	23.75	24.84	3.10	2.96	2.18	4.26	13.20
18	1.50	1.47	1.49	23.05	22.89	2.96	2.99	2.01	4.58	13.57
19	1.45	1.47	1.47	21.29	21.20	2.83	2.84	1.93	4.15	11.73
20	1.54	1.53	1.47	22.21	23.12	3.36	3.23	2.19	4.42	14.85
Media	1.43	1.46	1.43	24.13	24.49	3.07	3.03	2.12	4.04	12.41
D. pad.	0.08	0.09	0.06	1.73	1.49	0.15	0.21	0.18	0.23	0.87
C. var.	5.59	5.94	4.26	7.17	6.07	4.72	7.04	8.66	5.67	7.05
Moda	1.54	1.46	1.45	23.75	24.17	3.04	2.97	2.07	3.89	12.41
Mediana	1.45	1.47	1.47	23.98	24.70	3.06	3.02	2.11	4.02	12.22
V. max.	1.54	1.59	1.50	28.35	27.78	3.39	3.59	2.63	4.58	14.85
V. min.	1.28	1.21	1.29	21.29	21.20	2.83	2.62	1.78	3.55	10.80
Ampl.	0.26	0.38	0.21	7.06	6.58	0.56	0.97	0.86	1.03	4.05

QUADRO V - Valores individualizados, estimados e medidas estatísticas para as relações práticas analisadas  
Especie - Eucalyptus tereticornis

AMOSTRA	Relação volume madeira, st/m <sup>3</sup>		Vol. sol. mad., m <sup>3</sup>		Rel. m <sup>3</sup> cav./m <sup>3</sup> mad		Relação		Consumo específico	
	Babarito	Caminhao	Estimado	Caminhao	Estimado	Caminhao	Estimado	m <sup>3</sup> cav./ st mad.	m <sup>3</sup> mad./ tAD branco	m <sup>3</sup> cav./ tAD branco
1	1.67	1.63	1.64	22.51	22.30	3.11	3.14	1.91	3.52	10.94
2	1.64	1.61	1.64	20.15	19.81	2.84	2.89	1.77	3.75	10.65
3	1.59	1.50	1.59	20.70	19.52	2.83	3.00	1.89	3.61	10.21
4	1.55	1.57	1.63	18.67	17.99	2.84	2.95	1.81	3.69	10.48
5	1.50	1.55	1.56	20.63	20.49	3.06	3.08	1.97	3.83	11.72
6	1.67	1.78	1.62	20.57	22.60	3.00	2.73	1.68	3.69	11.07
7	1.75	1.84	1.67	19.03	21.03	3.18	2.88	1.72	3.44	10.94
8	1.60	1.64	1.63	21.17	21.29	3.11	3.10	1.89	3.49	10.88
9	1.50	1.52	1.52	22.36	22.34	3.05	3.06	2.01	3.43	10.48
10	1.62	1.51	1.61	23.50	22.06	2.91	3.10	1.93	3.62	10.54
11	1.42	1.48	1.42	22.58	23.58	3.02	2.89	2.04	3.56	10.77
12	1.75	1.81	1.73	21.32	22.39	3.23	3.08	1.78	3.71	12.00
13	1.59	1.57	1.54	22.00	22.45	3.08	3.02	1.96	3.53	10.88
14	1.68	1.67	1.70	22.30	21.89	3.21	3.27	1.92	3.61	11.58
15	1.74	1.79	1.77	21.49	21.69	3.34	3.31	1.87	3.59	12.00
Media	1.62	1.63	1.62	21.27	21.43	3.06	3.03	1.88	3.61	11.01
D. pad.	0.09	0.12	0.08	1.30	1.40	0.15	0.15	0.10	0.11	0.54
C. var.	5.79	7.28	5.20	6.11	6.53	4.85	4.84	5.37	3.04	4.93
Moda	1.59	1.57	1.62	21.17	21.69	3.05	3.02	1.89	3.60	10.48
Mediana	1.62	1.60	1.63	21.32	21.88	3.06	3.05	1.89	3.68	10.88
V. max.	1.75	1.84	1.77	23.50	23.58	3.34	3.31	2.04	3.83	12.00
V. min.	1.42	1.48	1.42	18.67	17.99	2.83	2.73	1.68	3.43	10.21
Ampl.	0.32	0.36	0.35	4.83	5.59	0.51	0.58	0.36	0.40	1.78

QUADRO VI - Valores individualizados, estimados e medidas estatísticas para as relações práticas analisadas  
Especie - Acacia mearnsii

AMOSTRA	Relação volume madeira, st/m <sup>3</sup>			Vol. sól. mad., m <sup>3</sup>		Rel. m <sup>3</sup> cav./m <sup>3</sup> mad		Relação		Consumo específico	
	Gabarito	Caminhão	Estimado	Caminhão	Estimado	Caminhão	Estimado	m <sup>3</sup> cav./ st mad.	m <sup>3</sup> mad./ m <sup>3</sup> cav.	m <sup>3</sup> cav./ m <sup>3</sup> cav.	m <sup>3</sup> cav./ m <sup>3</sup> cav.
1	1.73	1.76	1.75	22.38	22.47	3.08	3.07	1.75	3.15		9.71
2	1.68	1.77	1.67	27.93	29.52	3.20	3.03	1.81	3.28		10.48
3	1.92	1.90	1.90	20.71	20.79	3.12	3.11	1.64	3.14		9.81
4	1.69	1.63	1.66	21.84	21.41	3.19	3.25	1.96	3.13		9.97
5	1.76	1.74	1.79	19.26	18.73	3.13	3.22	1.80	3.30		10.31
6	1.62	1.66	1.64	22.36	22.55	3.27	3.24	1.97	3.26		10.67
7	1.92	1.85	1.90	22.28	21.74	3.18	3.26	1.72	3.35		10.67
8	1.67	1.73	1.76	19.70	19.28	3.39	3.47	1.96	3.22		10.92
9	1.92	1.82	1.90	18.73	17.94	3.02	3.15	1.66	3.34		10.08
10	1.94	1.88	1.96	19.58	18.79	3.48	3.62	1.84	3.20		11.12
11	1.92	2.01	1.90	18.40	19.52	3.53	3.33	1.76	3.27		11.53
12	1.50	1.52	1.55	25.56	25.06	3.16	3.22	2.08	3.32		10.48
13	1.58	1.59	1.58	24.14	24.38	3.31	3.28	2.08	3.22		10.67
14	1.68	1.71	1.58	20.89	22.54	3.21	2.98	1.88	3.28		10.54
15	1.74	1.81	1.73	20.15	21.06	3.29	3.15	1.82	3.10		10.19
Media	1.75	1.76	1.75	21.59	21.72	3.24	3.22	1.85	3.24		10.48
D. pad.	0.14	0.12	0.13	2.57	2.89	0.14	0.16	0.13	0.08		0.47
C. var.	7.81	7.06	7.45	11.89	13.29	4.29	4.94	7.23	2.39		4.52
Moda	1.92	1.74	1.89	20.70	21.06	3.22	3.21	1.80	3.19		10.66
Mediana	1.73	1.76	1.75	20.89	21.71	3.23	3.22	1.82	3.20		10.48
V. max.	1.94	2.01	1.96	27.93	29.52	3.53	3.62	2.08	3.35		11.53
V. min.	1.50	1.52	1.55	18.40	17.94	3.02	2.98	1.64	3.10		9.71
Ampl.	0.44	0.49	0.41	9.53	11.58	0.51	0.64	0.44	0.26		1.82

#### 2.4 Estimativa do volume sólido de madeira

A determinação do volume sólido de madeira pelo procedimento tradicional, envolve basicamente a determinação da razão entre o peso seco de madeira transportada e o correspondente valor de densidade básica para a madeira em análise. Embora as análises para determinação de consistência e densidade básica para os cavacos amostrados quando da operação de picagem sejam de fácil execução, as mesmas demandam grande intervalo de tempo para sua conclusão, pois envolvem, a determinação do peso seco após secagem em estufa. No caso particular quando da determinação de densidade básica, o intervalo de tempo necessário para a efetiva secagem é incrementado, haja vista a saturação parcial sofrida pelo material durante o desenvolvimento analítico. Pelo exposto, objetivando simplificação do procedimento experimental, associado à agilização na avaliação, optou-se por avaliar o volume sólido de madeira através da estimativa do fator de empilhamento previamente estabelecido por modelagem matemática, e próprio para cada espécie, por intermédio da seguinte expressão geral:

$$\hat{V} \text{ SOL} = VT \cdot \frac{1}{\hat{F}E}$$

onde:

$\hat{V} \text{ SOL}$ : volume sólido de madeira, m<sup>3</sup>,

VT: volume transportado pela carga, st,

$\hat{F}E$ : estimativa do fator de empilhamento.

Valores individualizados por espécie e unidade de carga amostrada, bem como valores médios e demais medidas de dispersão, relativos aos dados globais obtidos por caminhão, em comparação com os correspondentes estimados por modelagem matemática, encontram-se apresentados nos Quadros IV, V e VI. Em adição, na Figura 6, as representações gráficas das

estimativa para o volume sólido de madeira, em comparação com as correspondentes obtidas pelo procedimento tradicional, são apresentadas.

## 2.5 Estabelecimento das relações entre volume de cavacos e volume de madeira

O volume de cavacos correspondente a cada unidade amostral foi facilmente determinado pela razão entre o peso transportado, pelo grau de compactação (densidade a granel) apresentado pelos cavacos amostrado. Através da prévia determinação do volume sólido de madeira, obtido por qualquer dos procedimentos experimentais disponíveis, bem como do volume de madeira transportada, as correspondentes relações podem ser facilmente obtidas. Valores individualizados, bem como médios e demais medidas de dispersão encontram-se sumarizados nos Quadros IV, V e VI. Nas Figuras 7 e 8, podem ser visualizadas as respectivas representações gráficas para as relações entre o volume de cavacos pelo volume de madeira, expresso nas formas sólido ou empilhado, em classes de frequências estabelecidas.

## 2.6 Estabelecimento do consumo específico de madeira e cavacos para produção de uma tonelada de celulose branqueada depurada, seca ao ar

Para o adequado estabelecimento do consumo específico para a produção de uma tonelada de celulose branqueada depurada seca ao ar, independente da forma de expressão, desenvolveu-se inicialmente um memorial descritivo de cálculos, objetivando uma adequada comparação com os correspondentes valores verificados quando da situação industrial. Para tal, levou-se em consideração o correspondente teor de rejeitos apresentado pela polpa marrom na saída do digestor, associado às perdas na depuração e lavagem, rendimento no processo de branqueamento, avaliado através de balanços mássicos, bem como os respectivos volumes sólidos de madeira consumidos. A utilização dos correspondentes valores para rendimento depurado foi estabelecida a partir de deslignificações efetuadas em escala laboratorial, objetivando a obtenção de um valor de número kappa próximo a 15,5. Tais valores característicos para cada espécie, foram mantidos constantes durante todo o desenvolvimento. Os valores de densidade básica utilizados eram os relativos a cada particular carga analisada. A correspondente expressão do consumo específico em  $m^3$  cavacos/tonelada polpa branqueada depurada seca ao ar foi facilmente determinada, tendo em vista o estabelecimento de relação prévia envolvendo volume de cavacos e volume de madeira. Valores individualizados, bem como valores médios e demais medidas de dispersão, encontram-se apresentados nos Quadros IV, V e VI.

FIGURA 6 - Representações gráficas comparativas entre os volumes reais sólidos determinados e estimados *Eucalyptus saligna*

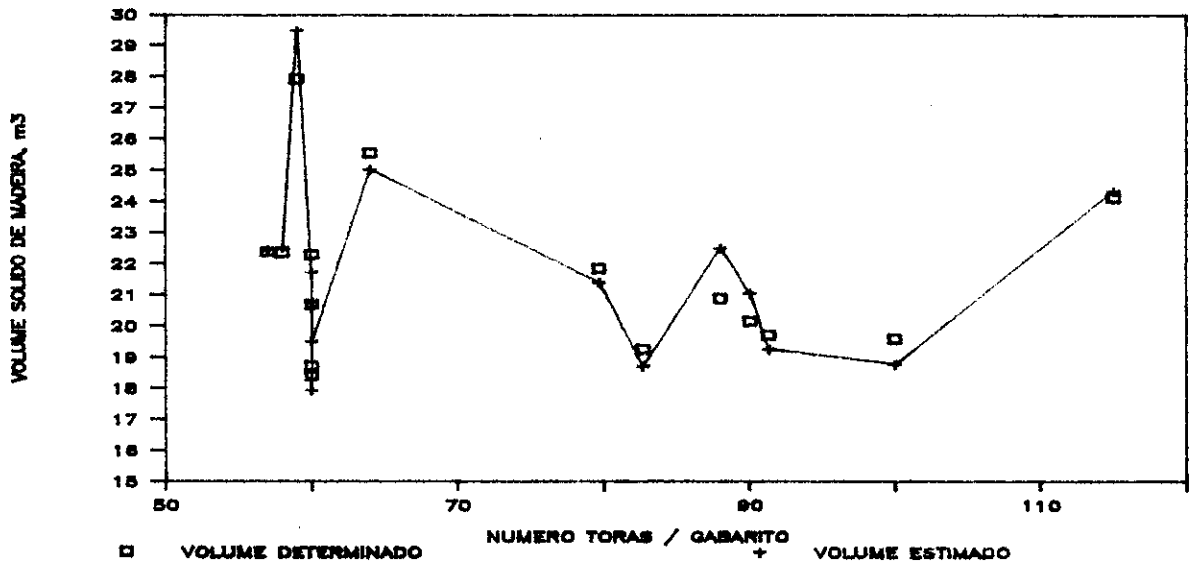
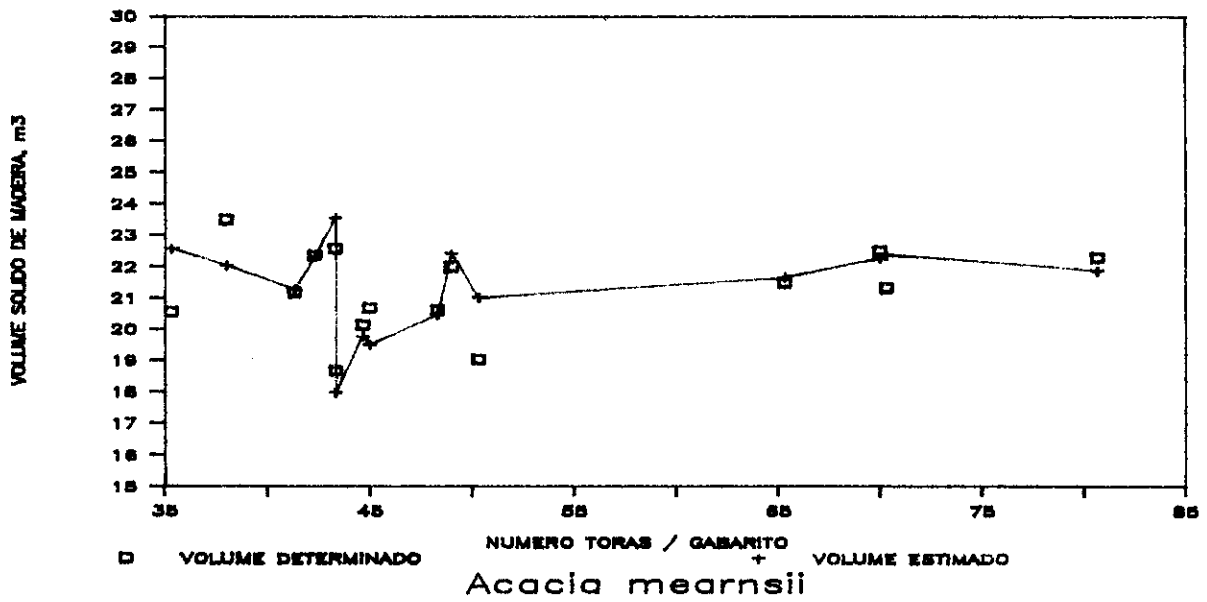
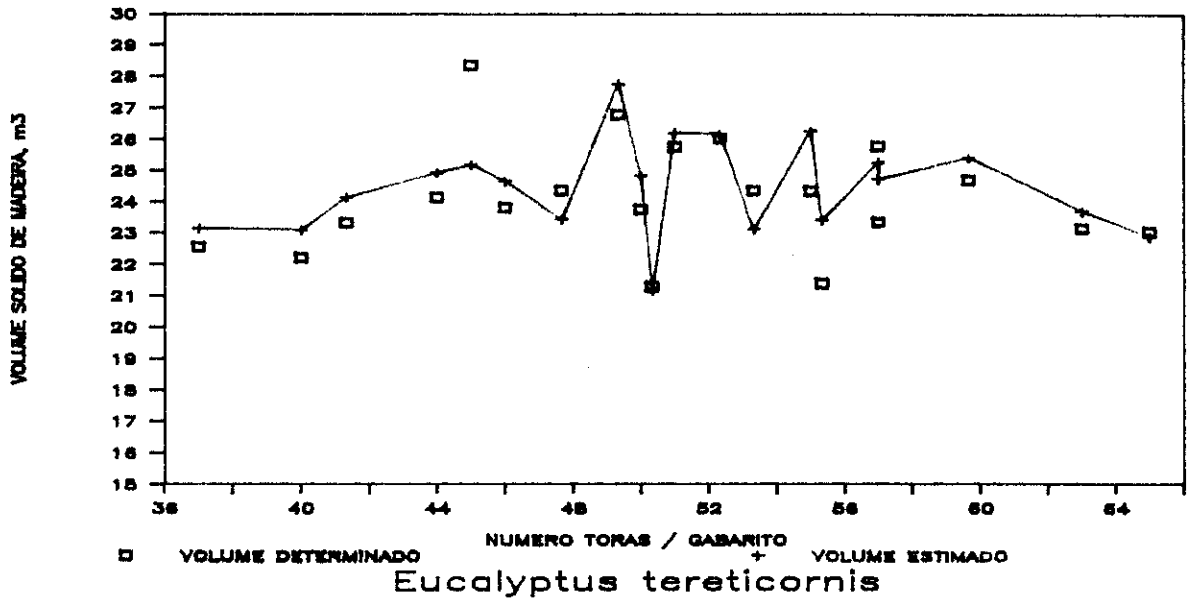


FIGURA 7 - Histogramas relativos à distribuição da relação volume de cavacos(m<sup>3</sup>)/volume sólido de madeira (m<sup>3</sup>)

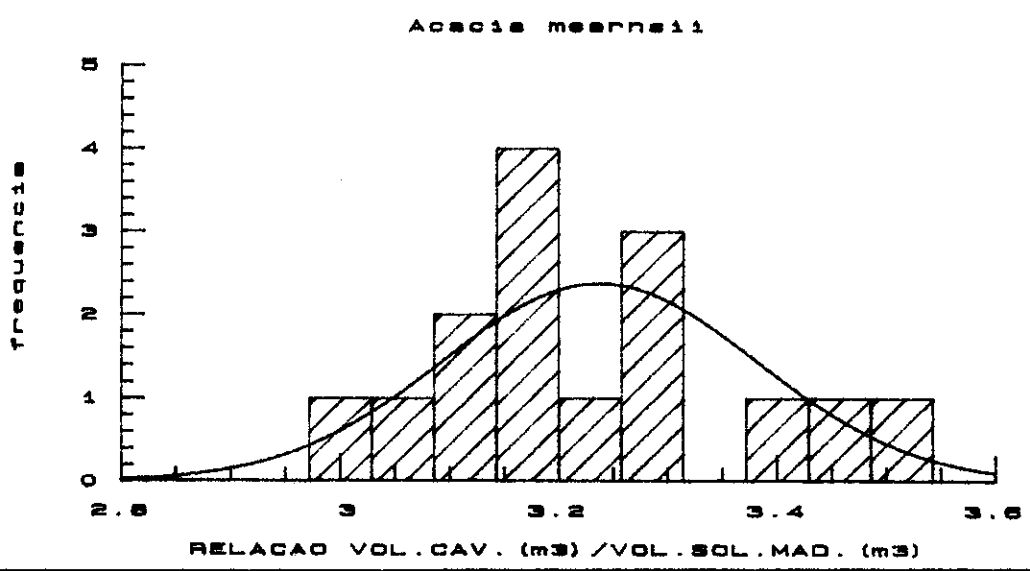
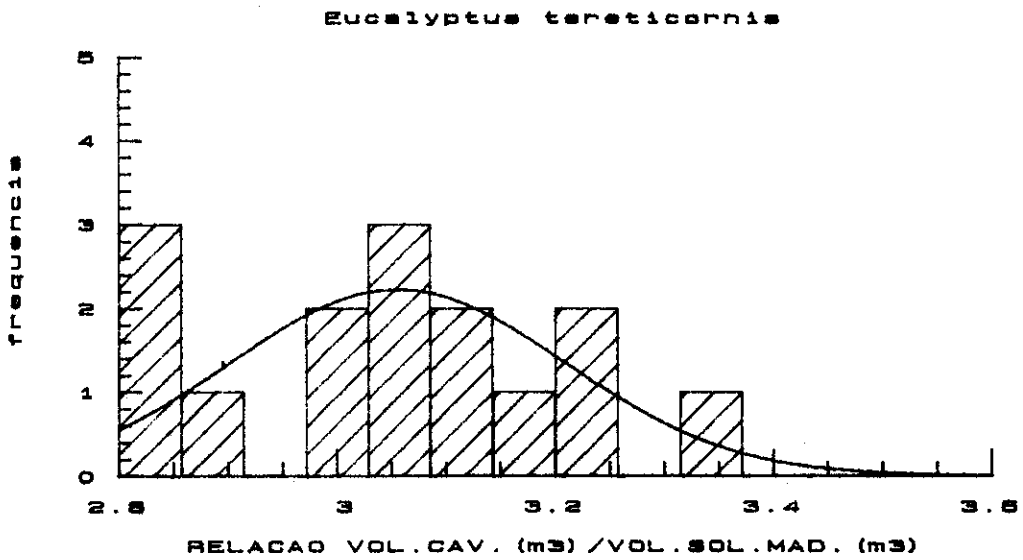
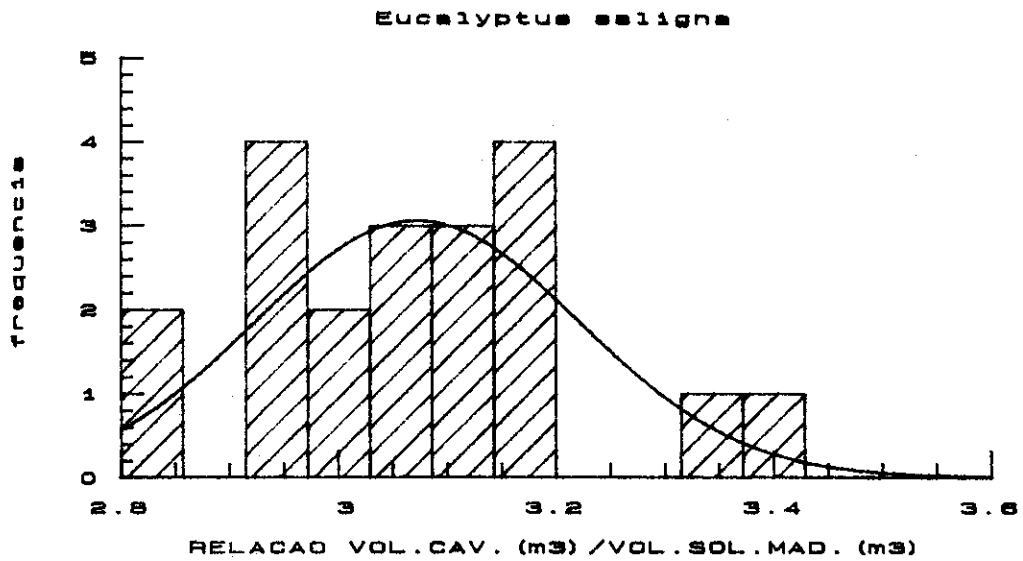
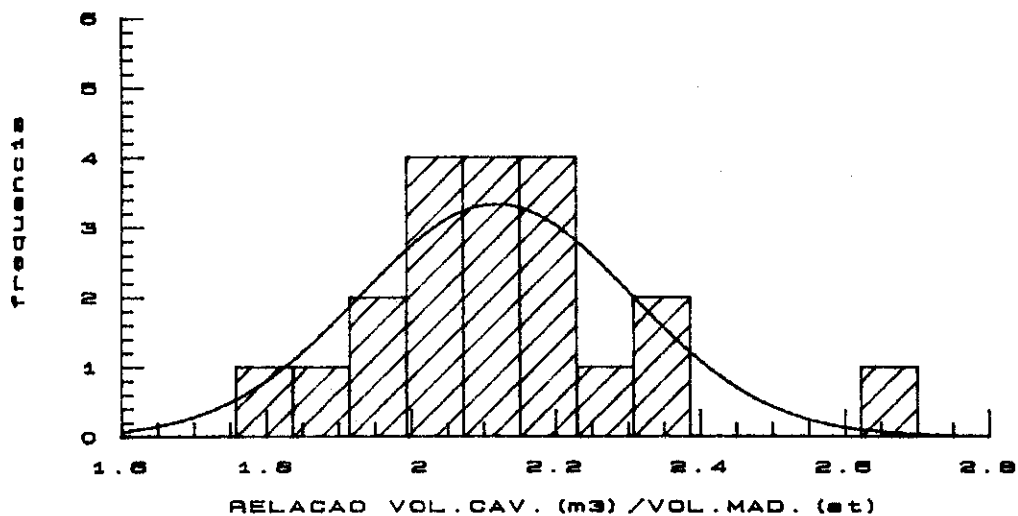


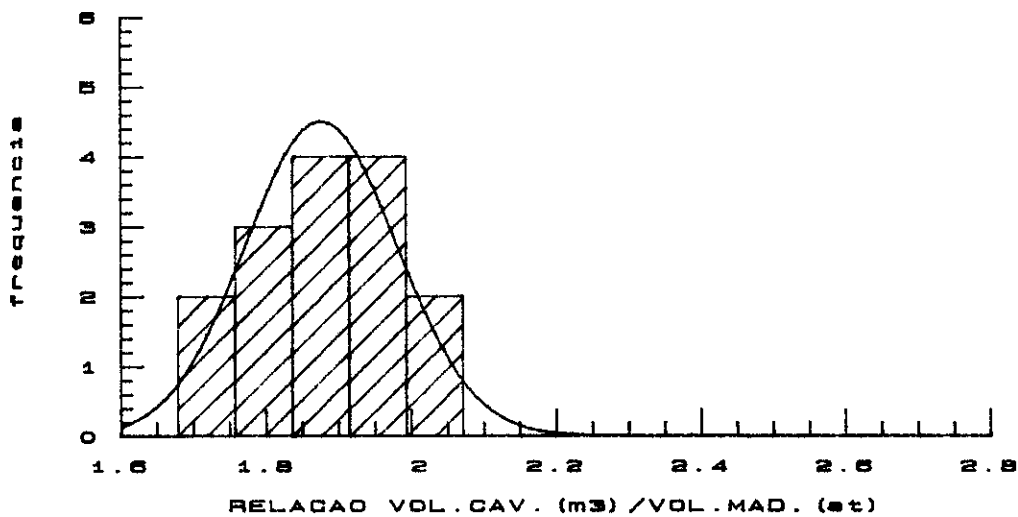


FIGURA 8 - Histogramas relativos à distribuição da relação volume de cavacos (m<sup>3</sup>)/volume de madeira (st)

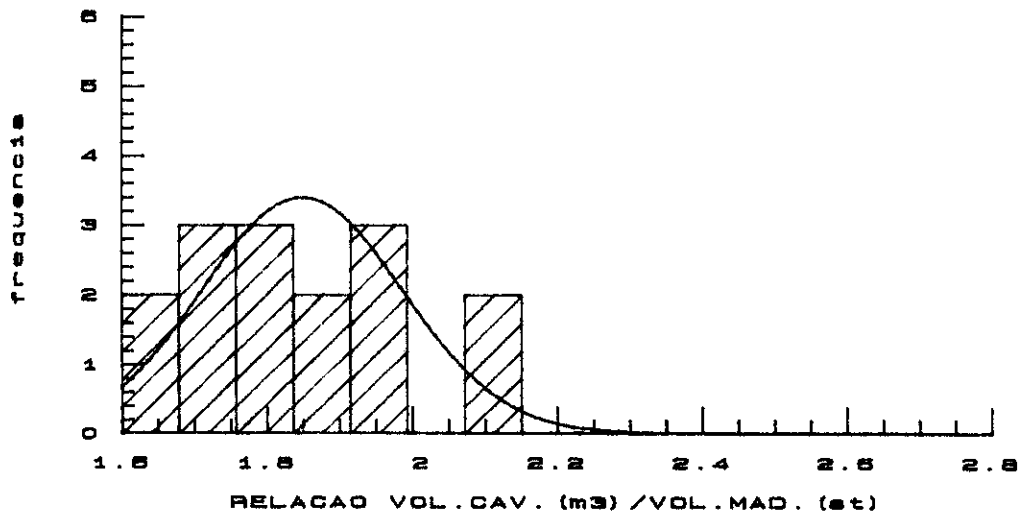
*Eucalyptus saligna*



*Eucalyptus tereticornis*



*Acacia mearnsii*



### 3. Discussão dos resultados

A análise da Figura 1, relativa à distribuição por idade para as madeiras analisadas, nos revela para o gênero Eucalyptus, grande grupo E. saligna, predominância de enquadramento na faixa de 7 a 8 anos, seguidos por valores percentuais nas faixas de 8 a 9 anos e 6 a 7 anos. Pequena utilização de madeira jovem foi observada, conforme atestamos mais baixos valores na faixa de 5 a 6 anos. Entretanto, para o grande grupo E. tereticornis, a distribuição por idade foi bem mais heterogênea. A utilização de madeira com idade superior a dez anos é pronunciada, chegando a atingir praticamente 50% do total consumido para a espécie no período. Tal situação é reflexo da aquisição de madeira provenientes de plantios de terceiros. Para essa espécie, madeiras com idades inferiores a 7 anos não foram verificadas. Já para a madeira de Acacia mearnsii, merece destaque a homogeneidade de idade quando do abate.

Relativamente ao tempo de após corte, para todas as espécies analisadas, não foi detectada a presença de madeiras com tempos de após corte inferiores a 45 dias. De uma maneira geral, todas as espécies caracterizaram-se por apresentarem elevados tempos de estocagem, mais notadamente para a madeira de Acacia mearnsii. Neste particular aspecto, a definição de uma política florestal e industrial relativa à utilização de madeiras com períodos prolongados de estocagem está sendo extensivamente debatida na empresa, pois conforme demonstraram RATNIEKS et alii (1989), o comportamento das espécies frente à deslignificação kraft, quando abatidas em períodos de inverno ou verão, é diferenciada.

A análise conjunta dos dados relativos à mensuração global das toras nos evidencia que a variabilidade diamétrica em classes de frequências relativas é bastante heterogênea, apresentando funções de distribuições positivamente desviadas. A espécie E. saligna caracterizou-se por apresentar os mais elevados valores para diâmetro médio (12,2cm), sendo que menores valores foram observados para a madeira de A. mearnsii (9,4cm). Relativa similaridade entre os histogramas foi verificada entre as espécies E. saligna e E. tereticornis, mesmo levando-se em consideração a diferença de idade entre as espécies. Para todas as espécies, elevada proporção relativa de madeiras com diâmetros na faixa de 6 a 8 anos foi verificada. Diâmetros mínimos da ordem de 2,5cm foram verificados para as três espécies, sendo que a espécie E. saligna foi caracterizada por apresentar variabilidade diametral mais elevada. A observância de toras de pequenos diâmetros é justificada pela alteração no padrão de recebimento da madeira, associada à subjetividade quando do procedimento de mensuração. Apesar das vantagens qualitativas da adoção de tais práticas, a utilização de toras de menores diâmetros tende a acarretar elevações no fator de empilhamento, e contribuir para uma perda na qualidade final dos cavacos, haja vista a formação mais intensa de lascas. Testes de significância entre os valores médios para diâmetro, efetuados ao nível de 95% de probabilidade, indicaram diferenças significativas entre as espécies analisadas.

Em conformidade com os dados apresentados nos Quadros I, II e III, o fator de depreciação, expresso percentualmente pela razão entre a diferença entre o número teórico e número real de toras, pelo número teórico de toras, é altamente dependente do número médio de toras por gabarito. A elevação do número médio de toras por gabarito, por sua vez, encontra-se intimamente associada com a diminuição do diâmetro das toras, conforme demonstrado em trabalho anterior dos autores. Valores negativos para o fator de depreciação indicam uma maior heterogeneidade na distribuição diamétrica da carga, com observância de maior presença de toras finas, em detrimento da relação volume sólido/volume estéreo de madeira. A espécie E. saligna foi caracterizada por apresentar uma maior variabilidade

de para o parâmetro, em concordância direta com a variabilidade verificada nas classes diametraais, quando da mensuração dos gabaritos. Apesar da praticidade do procedimento, a aplicação regular permite estabelecer índices quantitativos relacionados à variabilidade diametral e geometria da carga, mesmo após sucessivas manipulações. De uma maneira geral, objetivava-se uma distribuição mais homogênea possível do diâmetro das toras na carga, minimizando dessa forma os espaços vazios, com conseqüente incremento do volume sólido de madeira. Nas ocasiões em que acentuada dispersão de diâmetros foi observada, após rápida análise visual da área lateral do caminhão, para o estabelecimento de um fator de empilhamento que mais adequadamente represente o comportamento da carga, a utilização de um maior número de gabaritos deve ser efetuada.

De uma maneira geral, ambas as espécies analisadas apresentaram elevados teores de secos para as madeiras quando do recebimento, mais notadamente para Acacia mearnsii. Tal comportamento já era esperado, haja vista a observância de recebimento de madeiras com elevados intervalos de tempo de após corte. A definição de um tempo de após corte ideal para ambas as espécies deve ser adequadamente efetuada, pois deve levar em consideração as particulares transformações sofridas pelos extrativos da madeira quando da estocagem, associada à velocidade de impregnação dos cavacos e comportamento frente à deslignificação kraft. Testes de significância entre os valores médios, efetuados a 95% de probabilidade, indicaram diferenças significativas para o parâmetro. A espécie E. saligna caracterizou-se por apresentar os menores valores para densidade básica, grau de compactação e peso seco transportado, e em conseqüência, valores mais elevados para volume sólido de madeira e cavacos. A variabilidade verificada entre os dados individuais encontra-se associada à presença de E. grandis no grande grupo considerado, com reconhecidos valores inferiores para os parâmetros. Diferenças significativas entre os valores médios, quando analisadas pelo teste de Scheffe a 95% de probabilidade, foram verificadas para os parâmetros: densidade básica, grau de compactação e volume de cavacos. Para volume de madeira, não foram observadas diferenças significativas entre as espécies E. tereticornis e A. mearnsii.

Os respectivos valores individualizados obtidos para o fator de empilhamento, expressos pela relação  $st/m^3$ , conforme apresentados nos Quadros IV, V e VI, evidenciam plena concordância quando da utilização dos três procedimentos utilizados para avaliação, e são altamente dependentes do número de toras por gabarito, bem como dos correspondentes valores máximos e mínimos verificados. A observância de toras de pequenos diâmetros acarreta substanciais elevações no fator de empilhamento global, até próximos a 2,0, conforme verificado para a madeira de A. mearnsii. Tal situação indica que a madeira fina realmente contribui com o volume da pilha, não ficando totalmente disfarçada entre os espaços formados pelas toras de maiores diâmetros, conforme costuma ser afirmado. Menores valores para o parâmetro foram observados para E. saligna, sendo que a madeira de Acacia mearnsii caracterizou-se pela apresentação dos mais elevados valores. Tal situação já era esperada, haja vista os mais elevados valores para diâmetro médio observados para E. saligna, em contra-partida com os menores valores verificados para A. mearnsii. Os dados obtidos estão concordantes com os obtidos por FOELKEL et alii (1978) e BUSNARDO et alii (1988), os quais relataram que a elevação na classe diametral das toras acarreta em conseqüência direta, elevação na relação  $m^3$  sólido/estéreo.

Testes de significância efetuados entre os valores médios obtidos quando da utilização dos três procedimentos, não revelaram diferenças significativas, podendo por sua vez serem usados indistintamente. Leve tendência de elevação da relação  $m^3$  sólido/estéreo foi verificada quando da utilização do volume sólido de madeira calculado para a carga,

através da relação entre os correspondentes valores para peso seco e densidade básica. Por sua vez, diferenças significativas entre as espécies foram detectadas quando da aplicação do teste de Scheffe a 95% de probabilidade. Respective representações gráficas para o fator de empilhamento, obtidas através do procedimento de mensuração da totalidade das toras dos gabaritos, conforme apresentadas na Figura 3, evidenciam diferenças bastante acentuadas, relacionadas com a variabilidade em classes diamétrais, dentre outros fatores. Experimentos efetuados por TORQUATO (S.d.) com plantações comerciais de Eucalyptus spp., com idades entre 5 e 7 anos, demonstraram que o fator de empilhamento é dependente do comprimento das toras, bem como do método de empilhamento. Para comprimentos de toras na faixa de 1,30 a 2,20m, o fator de empilhamento apresentou uma relação direta com o incremento do comprimento, bem como era incrementado quando uma pilha de madeira, empilhada mecanicamente, é reempilhada mecanicamente. Tais considerações não são frequentemente levadas em consideração nas avaliações, podendo comprometer os resultados obtidos.

Conforme pode ser observado pela Figura 5, relativa às representações gráficas para o fator de empilhamento quando comparado aos correspondentes obtidos nos gabaritos, os modelos matemáticos selecionados, a despeito dos mais baixos valores para o coeficiente de determinação ajustado, são apropriados para a estimativa do parâmetro, mesmo considerando-se grande amplitude de variação. Para tal, para a estimativa do fator de empilhamento, deve-se inicialmente proceder à estimativa do diâmetro médio das toras, procedimento esse facilmente efetuado a partir da utilização de variáveis independentes facilmente mensuráveis. Para ambos os modelos selecionados, a variável independente "número de toras" ou o seu recíproco, foi a de maior influência. As variáveis "diâmetro máximo e diâmetro mínimo", de menor influência relativa, foram mantidas nos modelos, pois apresentaram representatividade, conforme comprovado pelos valores numéricos verificados para o erro padrão, valor de t, nível de significância para cada valor de t, e coeficiente da determinação ajustado.

Procedimento idêntico utilizado para a estimativa do volume sólido de madeira, conforme representações gráficas mostradas na Figura 6, indica que esse parâmetro pode ser avaliado com adequada precisão através da estimativa inicial do fator de empilhamento, por intermédio da utilização de variáveis facilmente mensuráveis, agilizando sobremaneira a avaliação quando do recebimento de madeira. Através da utilização deste procedimento, não há a necessidade de se proceder à determinação do teor de secos e densidade básica, com conseqüente agilização na emissão dos resultados. Em termos estatísticos, para ambas as espécies analisadas, não foram observadas diferenças significativas entre as diferenças dos pares de médias entre os dois procedimentos, quando da utilização do teste t pareado.

Em termos práticos, o estabelecimento das relações existentes entre o volume de cavacos gerado quando da picagem de um volume de um metro cúbico ou de um estéreo de madeira, permite um adequado dimensionamento da área de estocagem de cavacos para atendimento das necessidades da empresa, relativamente ao atingimento de um determinado volume de produção. O volume de cavacos é altamente correlacionado com o grau de compactação, razão pela qual poder-se-á esperar comportamentos distintos para as relações para as diferentes espécies. O volume sólido de madeira, por sua vez, também é altamente influenciado pelos respectivos valores verificados para densidade básica, característicos para as diferentes espécies. A madeira de A. mearnsii foi caracterizada por apresentar os mais elevados valores para a relação  $m^3$  cavacos/ $m^3$  madeira, bem como os menores valores quando da expressão da relação para estéreo de madeira, haja vista a observância de elevados valores de volume de madei

ra empilhada nas cargas transportadas. Similaridade entre os valores médios para a relação  $m^3$  cavacos/ $m^3$  madeira foram verificados entre as espécies E.saligna e E.tereticornis. Testes de significância entre os valores médios, indicaram que não há diferenças significativas entre as relações, entre as espécies de Eucalyptus, ocorrendo o oposto quando da comparação com a madeira de Acacia mearnsii. Respektivas representações gráficas para relação  $m^3$  cavacos/ $m^3$  madeira, conforme mostradas na Figura 7, indicam que as madeiras do gênero Eucalyptus apresentam um comportamento similar, sendo o oposto o verificado para o gênero Acacia. Apesar de todo o esforço, não foi possível o estabelecimento de um modelo matemático, que representasse com adequada precisão o comportamento generalizado dos dados, evidenciando a natureza multifuncional das variáveis envolvidas. De uma maneira geral, os dados permitem verificar o estabelecimento de uma relativa correlação inversa entre o fator de empilhamento e a relação  $m^3$  cavacos/estéreo de madeira.

Relativamente ao consumo específico de madeira ou cavacos para a produção de uma tonelada de celulose branqueada e depurada seca ao ar, as espécies analisadas apresentaram distintos comportamentos. A espécie E.saligna apresentou valores mais elevados para ambas as relações, sendo que a madeira de A.mearnsii foi caracterizada por apresentar os menores, situações essas já esperadas, haja vista a interação entre os parâmetros rendimento depurado e densidade básica. Em relação ao consumo específico de madeira de E.saligna, a utilização das espécies de E.tereticornis e A.mearnsii proporcionam economias de madeira respectivamente de 10,64 e 19,80% para a produção de uma tonelada de celulose branqueada seca ao ar. Testes de significância indicaram que ao nível de 95% de probabilidade, ambas as relações são estatisticamente distintas para as espécies analisadas. O estabelecimento de uma relação inversa entre o fator de empilhamento e o consumo específico de madeira pode ser verificada.

#### 4. Conclusão

De uma maneira geral, o presente estudo permitiu obter dentre outras, as seguintes conclusões:

- A variabilidade diamétrica para as espécies analisadas, em classes de frequências relativas é bastante heterogêneas, apresentando funções típicas de distribuições positivamente desviadas,

- O fator de depreciação é altamente dependente do número médio de toras por gabarito, e apresenta comportamento distinto para cada espécie florestal. Observância de valores negativos para o parâmetro evidenciam maior heterogeneidade diamétrica, com presença acentuada de toras finas, em detrimento da relação volume sólido/volume estéreo de madeira,

- Ambos os procedimentos utilizados para avaliação do fator de empilhamento demonstraram eficácia, podendo doravante serem utilizados indistintamente. Sempre que possível a opção deverá recair sobre a utilização dos modelos matemáticos selecionados para as diferentes espécies, pois permitem uma avaliação expedita e precisa do fator de empilhamento, em condições de total aleatoriedade de recebimento dos caminhões,

- A avaliação do fator de empilhamento é altamente dependente do número de toras por gabarito, bem como dos respectivos diâmetros máximos, mínimos e médios estimados para cada particular gabarito analisado. Para agilização da informação, a utilização de tabelas práticas específicas para cada espécie florestal será de inestimável valor,

- O volume sólido de madeira pode ser perfeitamente estimado com precisão através da estimativa inicial do fator de empilhamento, efe-

tuada a partir da utilização de variáveis independentes facilmente mensuráveis. Através do procedimento proposto, determinações dos respectivos teores de secos e densidade básica podem ser dispensadas,

- O volume de cavacos é altamente correlacionado com o grau de compactação, razão pela qual poder-se-á esperar comportamentos distintos para as relações para as diferentes espécies,

- Relativamente à relação  $m^3$ cavacos/ $m^3$ madeira, espécies do gênero Eucalyptus apresentaram um comportamento similar, sendo o oposto o verificado para a madeira de Acacia mearnsii,

- Relativa correlação inversa foi observada entre o fator de empilhamento e a relação  $m^3$ cavaco/estéreo de madeira,

- Não foi possível o estabelecimento de modelos matemáticos que representassem com precisão suficiente o comportamento generalizado dos dados, quando da obtenção das relações apresentadas,

- Relativamente ao consumo específico de madeira para produção de uma tonelada de celulose branqueada e depurada seca ao ar, as espécies analisadas apresentaram comportamentos distintos, verificando-se em adição, o estabelecimento de relações inversas com os respectivos fatores de empilhamento,

- O estabelecimento das relações práticas envolvendo o volume de cavacos, permite um adequado dimensionamento da área de estocagem e transporte de madeira, para atendimento das necessidades de produção,

- Aplicações dos procedimentos propostos permitirão que estimativas do consumo específico de madeira para produção de uma tonelada de celulose possam ser melhor quantificadas.

## 5. Literatura citada

BUSNARDO, C.A. et alii. Avaliação do fator de empilhamento para espécies florestais: uma abordagem prática para controle da qualidade da madeira. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 21 São Paulo. Trabalhos técnicos... São Paulo, ABCP, 1988, p. 127 a 147.

FOELKEL, C.E.B. et alii. Verificação acerca da influência do diâmetro das toras de eucalipto sobre alguns dos parâmetros de mensuração da madeira e sobre a qualidade de celulose kraft. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 11. São Paulo. Trabalhos técnicos... São Paulo, ABCP, 1978, p. 115 a 119.

TORQUATO, M.C. Fator de empilhamento - Implicações técnicas na medição da madeira empilhada. S.n.t. p. 230-233.

## Agradecimentos

Agradecemos a colaboração e entusiasmo demonstrado pelas senhoritas Alessandra Bezerra, Susete da Silva Sanvidot, Lia teresinha Arend de Chong, Rosane dos Santos Dias pelas mensurações e demais determinações analíticas, e aos funcionários do DEMADE, pelo apoio recebido durante o desenvolvimento experimental.