



## AVALIAÇÃO DA PERDA DE MADEIRA EM DOIS SISTEMAS DE COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA

Ricardo Roberto Stroher<sup>1</sup>, Anderson Nikkel<sup>2</sup>, Amanda do Nascimento Nodari<sup>3</sup>, Adriana da Silva Santos<sup>4</sup>, Renato Cesar Gonçalves Robert<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Eng. Florestal, Amata S.A. – [ricardoflorestas@gmail.com](mailto:ricardoflorestas@gmail.com)

<sup>2</sup>Acadêmico de Eng. Florestal, Universidade Federal do Paraná

<sup>3</sup>Acadêmica de Eng. Florestal, Universidade Federal do Paraná

<sup>4</sup>Eng. Florestal, Professora Mestre em Agroecossistemas – Instituto Federal do Paraná

<sup>5</sup>Eng. Florestal, Professor Doutor em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

### RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar a perda de madeira gerada na colheita de *Pinus taeda* em dois sistemas: toras curtas e árvores inteiras, tanto na forma de cepas como de discos da base resultantes do processamento pelo *harvester*. Foram levantados dados do diâmetro e altura das cepas. Em seguida, analisou-se estatisticamente, com limite de erro de 10% e probabilidade de 95% os volumes de madeira deixados em campo. Em ambos os sistemas foram constatadas perdas significativas de madeira, variando entre os talhões com volumes entre 9,3 a 11,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. A média de perda foi 1,45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de madeira que excedeu o correspondente a altura de cepa de 10 cm, no sistema de toras curtas. No sistema de árvores inteiras, o volume de discos de destopo chegou a 4,78 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Talhões com relevo ondulado a fortemente ondulado apresentaram maior volume de madeira em forma de cepa (4,23 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a 5,11m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) do que talhões em terrenos planos a suavemente ondulados (2,94 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) no sistema de árvores inteiras. Já no sistema de toras curtas a perda de madeira foi de 10,57m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, enquanto os terrenos declivosos obtiveram menores perda de volume em cepa que os terrenos planos.

**PALAVRAS-CHAVE:** altura de cepa, desperdício de madeira, qualidade da colheita florestal

### EVALUATION OF THE WOOD LOSS IN TWO SYSTEMS OF MECHANIZED FOREST HARVESTING

#### ABSTRACT

The study aimed to evaluate the loss of timber in the harvest of *Pinus taeda*, both in cut to length and full tree system, in the form of stumps, as well as top disks in the processing section of the *harvester*. First, the diameter and height of the stump were collected, and then the data was statistically analyzed, considering an error limit of 10% and 95% probability, which made possible to get the wood volume left in the field. In both systems, significant losses of wood were found; been that the values

ranged from 9.3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> to 11.26 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in the plots. The cut to length system had an average loss of 1.45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of wood that exceeds the stump height of 10 cm. In the full tree system, the volume disk section reached 4.78m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Stands with average to intense slope showed a higher volume of wood in the stump than flat stands, the first one ranging from 4.23 to 5.11m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and the second 2.94 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in full tree system. In the cut to length system the loss was 10.57 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of wood, while the steep slopes had lower volume loss than the flat lands.

**KEYWORDS:** height of the stump, quality of forest harvesting, wood waste

## INTRODUÇÃO

A colheita da madeira é considerada uma das operações de mais alto custo no processo de produção de uma empresa florestal. Por esse motivo, todo sistema de colheita necessita de uma avaliação de rendimento, para uma análise eficiente das viabilidades técnicas e econômicas (BERTIN, 2010).

Em trabalho realizado por JACOVINE et al. (1999), afirmaram que o volume de madeira perdido durante a colheita florestal promove a necessidade de serem realizadas avaliações para a determinação destas perdas em termos econômicos, de forma a subsidiar as tomadas de decisões das empresas. Conforme os mesmos, estas perdas ocorrem em função de falhas dentro do processo produtivo e estão relacionadas aos investimentos que a empresa faz em qualidade, quer seja na prevenção ou avaliação de falhas relacionadas a colheita florestal.

O sistema de toras curtas, também conhecido como *cut to length*, é aquele em que todas as operações são realizadas dentro do talhão (ZAGONEL, 2005). A madeira é processada em peças de pequeno comprimento (2 a 6 metros) para o transporte primário (ROBERT & ANDREATA, 2012). Este sistema é amplamente empregado por exigir menor grau de mecanização e por proporcionar facilidade de deslocamento a pequenas distâncias, baixa agressão ao meio ambiente (principalmente em relação ao solo) e a possibilidade de ser utilizado em desbastes (MALINOVSKI & MALINOVSKI, 1998).

Dados apresentados por JACOVINE et al., (1999) revelam os custos de falhas no sistema de toras curtas devido ao desperdício de madeira remanescente nas cepas como sendo em média de 1,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, acarretando a empresa uma perda média de R\$ 7,78 por hectare, para o preço de R\$ 7,70 m<sup>3</sup> da madeira. Considerando que a área avaliada pelos autores possui 1,7 hectares, e o consumo médio de madeira da empresa está em torno de 2.600 m<sup>3</sup> por mês, este valor representa cerca de R\$ 20.000,00 por mês.

No sistema de árvores inteiras (*full tree*), a árvore é derrubada e, em seguida, transportada para uma estrada ou pátio de processamento, onde a madeira é preparada para o transporte (MALINOVSKI & MALINOVSKI, 1998; ROBERT & ANDREATA, 2012).

Um dos grandes desafios da colheita florestal mecanizada é o que fazer com as cepas que restam após a colheita. Segundo FOELKEL (2014), estima-se que há uma perda de 0,4 a 0,7% quando o cepa fica entre 5 e 10 cm, enquanto perde-se 1,5 a 2% quando o cepa ultrapassa os 15 cm. Em se tratando de a primeira tora da árvore ser a mais grossa, é uma perda financeira considerável.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o volume de madeira deixado nos cepas das árvores durante a operação de derrubada comparando sistemas de colheita *full tree* e *cut to length*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A coleta de dados das cepas remanescentes foi realizada nas propriedades de uma empresa florestal, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2012, nos municípios paranaenses de Campo do Tenente, onde o sistema de colheita empregado é o de toras curtas, e em Arapoti, cujo sistema utilizado é o de árvores inteiras. Neste local ainda foi avaliado o volume de madeira gerado na forma de discos de destopo.

As florestas de ambos os municípios onde o estudo foi realizado eram compostas por indivíduos de *Pinus taeda* com idade de 15 anos. Os talhões avaliados estão descritos na Tabela 1.

**TABELA 1.** Descrição dos talhões avaliados.

Município	Talhão	Área (ha)	Terreno	Máquina
Campo do Tenente – PR	A	6,58	Plano	<i>harvester</i>
	B	10,00	declivoso	<i>harvester</i>
	C	3,39	declivoso	<i>harvester</i>
	D	8,86	Plano	<i>harvester</i>
Arapoti – PR	E	17,41	Plano	<i>feller buncher</i>
	F	6,18	declivoso	<i>feller buncher</i>
	G	19,05	declivoso	<i>feller buncher</i>

### Sistemas de colheita

A máquina utilizada para corte e processamento da madeira no sistema de toras curtas foi um *harvester*. No local onde foi adotado o sistema de árvores inteiras, a etapa de corte foi realizada por um *feller buncher*, enquanto o processamento da madeira foi efetuado somente à beira do talhão, utilizando-se um cabeçote *harvester* para desgalar e seccionar as árvores. Neste caso, na etapa de processamento foi retirado um disco da base da tora, chamado também de disco de destopo, com objetivo de eliminar as imperfeições causadas pelo disco do *feller buncher* no momento do corte. Este corte também é utilizado para que o sistema de mensuração de toras do *harvester* inicie.

### Coleta de dados

Para a coleta de dados foi calculado o número de amostras necessárias para um limite de erro de 10% e 95% de probabilidade. Isso gerou um número diferente de intensidade amostral para cada sistema de colheita.

A locação das amostras obedeceu a um padrão de amostragem sistemática em estágio único, buscando coletar a máxima variação dos locais estudados. De acordo com SANQUETTA et al. (2009), o critério de probabilidade aplicado a este processo estabelece a aleatoriedade apenas da primeira unidade de amostra, sendo todas as demais distribuídas segundo uma mesma orientação, ou seja, de acordo com uma distribuição espacial equitativa ou mecânica.

### Dados referentes ao volume das cepas

Foram utilizadas para a área onde o sistema de toras curtas foi empregado parcelas retangulares de 250 m<sup>2</sup>, com dimensões de 2,5 por 100 metros, seguindo a linha de cepas. Na medição dos limites das parcelas utilizou-se uma fita métrica. Enquanto no sistema de árvores inteiras foram utilizadas parcelas também de 250

m<sup>2</sup>, porém com dimensões de 8,33 por 30 metros. A diferença entre as dimensões das parcelas adotadas em cada sistema de colheita se deu em razão da diferença de alcance do braço do *harvester* e do *feller buncher*. A largura de 2,5 m no sistema *cut to length* foi empregada de forma a evitar o uso excessivo do braço mecânico e do telescópio, o que poderia causar uma influência direta na altura dos tocos mais distantes. Este efeito não era evidenciado na operação com o *feller buncher* que ao realizar somente a derrubada não usava muito o alcance máximo do braço mecânico.

Para a quantificação do volume de madeira deixado no campo na forma de cepas foram medidos o diâmetro e altura de cada cepa, como é possível visualizar na Figura 1. Para a medição das variáveis foi utilizada uma trena, obtendo-se o diâmetro através de duas linhas transversais no topo da cepa, enquanto a altura foi obtida por meio da média das alturas de ambos os lados da cepa no sentido de inclinação do terreno.



**FIGURA 1.** Medição do diâmetro e altura da cepa.

Com base nas afirmações de Machado e Figueiredo (2006), calculou-se o volume das cepas considerando-os como cilíndricos. Para o cálculo de volume de cada cepa considerou-se o diâmetro médio, tomado das duas medições, calculando-se a área transversal e multiplicando-o pela altura média, também tomada de duas medições.

Posteriormente as cepas foram separadas em classes diamétricas para diferentes finalidades, sendo elas: processo (8 a 18 cm); tora fina (18 a 25 cm) e tora grossa (>25 cm).

### **Dados referentes ao volume dos discos de destopo**

No sistema de árvores inteiras, além das cepas também foram contabilizados os discos de destopo. A quantificação do volume dos discos foi realizada no talhão “E”. Foram coletados todos os discos encontrados no local e mensurados um a um. O cálculo de volume foi feito fazendo-se a média da área transversal da base e do topo dos discos e multiplicando-se pelo comprimento dos mesmos. Todas essas seções são encontrados na área em que o *harvester* faz o processamento, conforme está representado na Figura 2.



**FIGURA 2.** Discos de Destopo

Sabendo-se que nem toda tora gera um disco de destopo, foi necessário realizar um estudo de tempos e movimentos feito de forma contínua. Na operação de retiradas de discos da base, realizada pelo *harvester*, foram medidos 20 ciclos de 10 minutos. Em cada ciclo foram contabilizados o número de árvores processadas e o número de discos inteiros derivados do processamento das mesmas. Em cada um dos ciclos foram cortadas 12 árvores. Obtendo a média das árvores nos 20 ciclos que necessitaram de um corte de destopo, foi obtido um valor de 81,6%.

O desvio padrão para esse cálculo foi de 9,0%.

#### **Tratamento estatístico dos dados**

Os dados de ambos os locais foram tratados através da estatística descritiva. Na fase inicial do estudo foram coletadas amostras para os cálculos das médias e dos desvios, a fim de estabelecer as intensidades amostrais a serem utilizadas para cada talhão. Com as intensidades amostrais atingidas, os dados foram dispostos descritivamente buscando a visualização sistemática dos volumes de madeira deixada no campo em cada sistema de desdobro por local de exploração.

#### **Recomendações da altura das cepas**

Aliando a produtividade com a preservação dos itens de corte das máquinas florestais, a empresa usa como valor aceitável uma cepa de 10 cm para o *harvester* e de 3 cm para o caso do *feller buncher*. Isso pode ser justificado pelo fato de que para um trator florestal fazer uma cepa muito baixa pode ocorrer o contato acidental com o solo, danificando assim os sistemas de corte. Por outro lado, uma cepa muito alta gera a perda da produção. Portanto, neste trabalho, para calcular os desperdícios de madeira nos dois sistemas de colheita, serão considerados as cepas que estiverem acima dos padrões acima citados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos quatro talhões estudados, do sistema de toras curtas, foram instaladas 38 parcelas de 250 m<sup>2</sup>, sendo avaliadas um total de 1.611 cepas. Os dados médios de diâmetro, altura e volume estão apresentados na Tabela 2.

**TABELA 2.** Valores médios de diâmetro, altura e volume das cepas por talhão no sistema de toras curtas

Talhão	Diâmetro médio (cm)	Altura média (cm)	Volume Médio (m <sup>3</sup> )	Terreno
A	28,05	10,56	0,006892	plano
B	28,67	9,53	0,006397	declivoso
C	27,95	9,68	0,006071	declivoso
D	27,29	10,45	0,006573	plano
Média	27,99	10,06	0,006483	

Os dados obtidos revelam que nos talhões cujo terreno apresenta topografia declivosa, a altura média das cepas analisadas é menor quando comparada com a altura das cepas nos talhões de terreno plano, influenciando de maneira direta no volume de madeira remanescente em campo após a colheita.

O fato de as cepas estarem com menor altura em um terreno declivoso mostrou-se o oposto ao que se esperaria nessas áreas. Isso ocorreu devido ao *harvester* trabalhar no sentido do aclive (ou seja subindo) e, dessa forma, a altura da cepa na parte de baixo estaria semelhante caso o terreno fosse plano, mas na parte superior as cepas ficavam muito menores devido à declividade. Em média as áreas declivosas obtiveram tocos mais baixos que as áreas planas. Fiedler *et al.* (2013), em seu estudo com colheita semi-mecanizada de eucalipto, também obteve valores menores de altura das cepas nos terrenos declivosos em relação aos planos. Apesar disso, o maior grau de dificuldade na realização da operação acarreta numa redução da produtividade.

Foi mensurado o total de 1.611 cepas, com uma média volumétrica de 0,0064 m<sup>3</sup>, isso contabilizaria uma perda de 10,44 m<sup>3</sup> de madeira, numa área de 9.500 m<sup>2</sup>, ou seja, a perda de 10,57m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de madeira.

### **Análise estatística referente ao sistema de toras curtas (*cut to length*)**

Os resultados referentes à análise estatística dos quatro talhões cujo sistema de toras curtas é empregado estão ilustrados na Tabela 3.

**TABELA 3.** Estatística descritiva referente ao sistema de colheita de toras curtas.

Talhão	Nº de parcelas	Média (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Variância (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Erro Padrão (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Erro (%)
A	14	11,26	0,2366	0,4864	9,33
B	10	10,38	0,1250	0,3535	7,69
C	6	9,30	0,1421	0,3760	10,41
D	8	10,55	0,4504	0,6711	15,04

O volume médio de cepas, nos diferentes talhões, apresentou valores próximos, sendo que, o talhão “A” apresentou o maior volume, 11,26 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> enquanto o talhão “C” teve o menor volume, 9,30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Os talhões “C” e “D” não atenderam o limite de erro estabelecido de 10%, uma vez que o número de parcelas foi insuficiente. Levando em conta esses fatores, os talhões “C” e “D” foram desconsiderados nas avaliações.

Classificando os volumes em forma de cepa dos quatro talhões, divididos nas classes de sortimento comercializados na empresa (processo, tora fina e tora



grossa), tem-se os seguintes valores, demonstrados na Tabela 4, enquanto na Tabela 5 podem ser observados os volumes totais e por classe de altura das cepas.

**TABELA 4.** Volume das cepas em classes de sortimento e altura, no sistema de toras curtas.

Classe de Altura	Processo		Tora fina		Tora Grossa	
	V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	%	V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	%	V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	%
0 – 5 cm	0,007	0,066	0,072	0,683	0,202	1,917
5,1 – 10 cm	0,065	0,619	0,690	6,542	3,431	32,527
10,1 – 15 cm	0,080	0,759	0,682	6,466	3,724	35,306
15,1 – 20 cm	0,016	0,155	0,166	1,576	1,194	11,324
20,1 – 25 cm			0,042	0,399	0,133	1,265
> 25 cm					0,042	0,397
Total	0,169	1,599	1,652	15,666	8,727	82,735

**TABELA 5.** Volume total das cepas e volume por classe de altura.

Classe de Altura	Total		(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Total	
	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	%		(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	%
0 – 5 cm	0,281	2,665	4,467	42,353	
5,1 – 10 cm	4,186	39,688			
10,1 – 15 cm	4,486	42,532	6,081	57,647	
15,1 – 20 cm	1,377	13,055			
20,1 – 25 cm	0,175	1,664			
> 25 cm	0,042	0,397			
Total	10,548	100	10,548	100	

Os dados da Tabela 4 e 5 demonstram que na média geral, o volume de cepas por hectare é de 10,55 m<sup>3</sup>, onde 1,59% correspondem à madeira de processo, 15,66% de tora fina e 82,73% de tora grossa. Apenas esse último apresentou 8,727 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de madeira remanescente no talhão após a colheita. Considerando que a madeira do sortimento de tora grossa é aquela que possui maior preço de mercado, alturas de cepa tão elevadas desperdiçam madeira que poderia estar sendo comercializada pela empresa e aumentando assim seus lucros.

Tomando como critério uma altura máxima aceitável de cepa de 10 cm é possível obter a quantidade de madeira que realmente é desperdiçada no sistema de colheita de toras curtas, quantificando o volume de madeira das cepas que excedem o valor recomendado (Tabela 6).

**TABELA 6.** Volume de madeira remanescente acima da altura de 10 centímetros.

Classe de Altura	Processo		Tora fina		Tora Grossa		Volume Total	
	(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	%	(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	%	(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	%	(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	%
10,1 – 15 cm	0,01	0,94	0,12	8,40	0,64	44,11	0,77	53,46
15,1 – 20 cm	0,01	0,46	0,07	4,66	0,48	33,37	0,56	38,49
20,1 – 25 cm	-	-	0,02	1,50	0,07	4,73	0,09	6,23
> 25 cm	-	-	-	-	0,03	1,83	0,03	1,83
Total	0,02	1,40	0,21	14,56	1,22	84,04	1,45	100

O volume total de madeira considerada como desperdiçada, ou seja, o volume que excede a altura recomendada de 10 cm de cepa é de 1,45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Desse volume, 84% corresponde à madeira de tora grossa, 14,6% corresponde a tora fina e, apenas 1,4% corresponde à madeira para processo. O que revela novamente que a maior quantidade de madeira perdida é aquela cujo preço para venda é o mais elevado, caracterizando uma perda expressiva nos ganhos. Em termos financeiros, a perda por hectare é de R\$ 146,51. Desse valor, R\$ 129,04 corresponde ao sortimento das toras mais grossas

A porcentagem significativa de cepas com altura abaixo de 10 cm (42,35%) dificulta a sustentação de uma hipótese de mau dimensionamento de maquinário.

Para Parise & Malinovski (2002), a falta de operadores treinados também tem provocado muitos danos às máquinas, comprometendo a produtividade e a qualidade do trabalho e aumentado os custos de produção, além de impactos ao meio ambiente. Porém, como nenhum desses aspectos foram avaliados é inviável sustentar tal hipótese.

### **Análise estatística referente ao sistema de árvores inteiras (*full tree*)**

No sistema de colheita de árvores inteiras o volume de cepa dos três talhões avaliados (Tabela 7).

**TABELA 7.** Parâmetros médios de diâmetro, altura e volume referentes ao sistema de árvores inteiras

Talhão	Diâmetro médio (cm)	Altura média (cm)	Volume médio dos cepas (m <sup>3</sup> )	Terreno
E	36,5	3,5	0,003788	plano
F	31,3	8,5	0,005507	declivoso
G	34,5	7,6	0,007103	declivoso
Média	34,1	6,53	0,005466	

Diferentemente dos dados referentes ao sistema de toras curtas, as alturas médias de cepa dos talhões declivosos foram consideravelmente maiores do que a altura média do talhão plano. Em estudo realizado por HAN & RENZIE (2013) também concluíram que a altura das cepas provenientes de cortes com *feller buncher* tendem a aumentar quanto maior a porcentagem de inclinação do terreno. Quando se compara a altura média das cepas dos dois sistemas, o sistema *full tree* apresentou um valor consideravelmente menor do que a média do sistema *cut to length* (6,53 cm e 10,06 cm, respectivamente). Isso está relacionado diretamente à disposição do elemento de corte das máquinas, do sabre no caso do *harvester* e do disco no caso do *feller buncher*.

A importância da altura das cepas se dá não somente ao elevado valor de mercado da primeira tora, mas também pela necessidade de interrupção de operação que se faz necessária caso esta seja deixada muito alta. Um estudo de tempos e movimentos apresentado por NASCIMENTO et al. (2010) mostra que esta não conformidade do processo é a segunda dentre as maiores causas de necessidade de interrupção. Em um trabalho feito por OLIVEIRA Jr. et al., (2009) foi afirmado que a produtividade em áreas declivosas para *feller buncher* pode ser 50% da produtividade da mesma máquina em áreas planas. Os resultados dos parâmetros estatísticos realizados para os três talhões deste sistema estão apresentados na Tabela 8.



**TABELA 8.** Estatística descritiva referente ao sistema de árvores inteiras.

Talhão	Nº de parcelas	Média (m³ ha <sup>-1</sup> )	Variância (m³ ha <sup>-1</sup> )	Erro Padrão (m³ ha <sup>-1</sup> )	Erro (%)
E	14	2,94	0,0287	0,01696	12,45
F	9	4,23	0,1051	0,3242	17,66
G	10	5,11	0,1048	0,3238	14,33

Pode-se observar que todos os talhões apresentaram erros maiores do que o limite de 10% empregado para este estudo. Porém, se considerados, eles demonstram novamente que em talhões cujo terreno é plano o desperdício é menor, e conseqüentemente a produtividade será maior, enquanto em terrenos declivosos a perda de volume de madeira na forma de cepas é maior.

Tendo em vista que o volume médio variou consideravelmente entre o talhão plano e os declivosos, os volumes em forma de cepa foram classificados estratificando o talhão plano. Posteriormente foram divididas as classes de sortimento comercializadas na empresa, obtendo-se os seguintes valores das Tabelas 9, para o talhão “E”, cujo terreno é plano.

**TABELA 9.** Volume das cepas do talhão “E” em classes de sortimento e altura, no sistema de árvores inteiras.

Classes de Altura	% Total	Volume (m³ ha <sup>-1</sup> )	Percentual (%)			Volume (m³ ha <sup>-1</sup> )		
			Processo	Tora Fina	Tora Grossa	Processo	Tora Fina	Tora Grossa
0 – 3 cm	0 – 3 cm	32,443	0,039	0,512	31,891	0,001	0,015	0,939
3 – 6 cm	3,1 – 6 cm	47,882	-	0,641	47,241	-	0,019	1,391
> 6 cm	> 6 cm	19,675	-	0,343	19,333	-	0,010	0,569
Total	Total	100	0,039	1,496	98,465	0,001	0,044	2,899

O volume total de cepas por hectare no talhão “E” corresponde a 2,944 m³. O volume das cepas cuja classe de altura é de 0 a 3 cm representa 32,4% e 67,6% correspondem as cepas cuja altura foi superior a 3 cm. A classe de altura que tem o maior percentual de volume é a classe de 3 a 6 cm (47,88%).

Tomando como base a recomendação da empresa de cepas para *feller buncher* serem de 3 cm, foram contabilizadas todas as cepas acima deste valor. O volume de madeira que excede os 3 cm nas cepas, considerada desperdício, encontra-se na Tabela 10 apresentada a seguir:

**TABELA 10.** Volume de madeira remanescente que excede a altura de cepa de 3 centímetros.

Classes de Altura	Tora Fina		Tora Grossa		Total	
	(m³ ha <sup>-1</sup> )	%	(m³ ha <sup>-1</sup> )	%	(m³ ha <sup>-1</sup> )	%
3,1 – 6 cm	0,003	0,85	0,167	56,215	0,17	57,065
> 6 cm	0,002	0,768	0,125	42,167	0,128	42,935
Total	0,005	1,618	0,293	98,382	0,297	100

O volume total de madeira desperdiçada atingiu quase 0,3 m³ ha<sup>-1</sup>. Desse volume, 98,38 % correspondem à madeira de tora grossa, 1,61 % correspondem a tora fina, inexistindo representatividade nos valores correspondentes à madeira para

processo. Comparativamente, os dados dos talhões declivosos (“G” e “F”) revelam uma perda de volume de madeira de aproximadamente  $1,33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , caracterizando uma diferença de perda de volume por hectare de aproximadamente  $1 \text{ m}^3$ .

### Volume de madeira perdido na forma de discos da base

No sistema de colheita de árvores inteiras existe ainda, além da avaliação do volume de madeira remanescente em campo na forma de cepas, o volume eliminado das toras em forma de discos da base. Foram realizadas 20 amostras de 10 minutos, contabilizado em cada amostra o número de árvores processadas e o número de discos inteiros derivados do processamento, revelando uma relação de 81,1 %. Um total de 460 discos divididos em 20 amostras foi contabilizado. Os resultados em volume de madeira eliminada por classe de sortimento estão demonstrados na Tabela 11.

**TABELA 11.** Volume por sortimento, perdido na forma de discos de base

Classes de Comprimento	Centros de Classe (cm)	Tora Fina		Tora Grossa		Total	
		( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	%	( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	%	( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )	%
0 – 2,5 cm	1,3 cm	0,001	0,0	0,043	0,9	0,044	0,9
2,6 – 5 cm	3,8	0,014	0,3	0,53	11,1	0,544	11,4
5,1 – 10 cm	7,5	0,045	0,9	1,926	40,2	1,971	41,1
10,1 – 15 cm	12,5	0,085	1,8	1,305	27,2	1,389	29,0
15,1 – 20 cm	17,5	-	-	0,483	10,1	0,483	10,1
> 20 cm	-	0,021	0,4	0,338	7,0	0,358	7,5
Total		0,165	3,5	4,624	96,5	4,789	100

O volume por hectare dos discos da base correspondeu a  $4,79 \text{ m}^3$ , sendo que a grande maioria é representada pelo sortimento de tora grossa (96,5 %). As classes cujos centros de classes são 7,5 cm e 12,5 cm que obtiveram os maiores volumes com 41,1 e 29 %, respectivamente.

Somando os valores de desperdício das cepas acima de 3 cm com o dos discos de destopo, houve um desperdício de R\$ 534,63 em madeira. Deste valor, R\$ 521,20 foram do sortimento de toras grossas.

Há de se considerar também o volume de madeira perdido devido à linha de corte do disco do *feller buncher*. Considerando que o disco tem espessura de 6 cm e o diâmetro médio da floresta estudada é de 34,1 cm (tomado como base o inventário de volume de cepas), o volume por hectare médio hipoteticamente pode ser  $4,25 \text{ m}^3$ . Já a linha de corte de um *harvester* não deve passar de 2 cm, segundo estudo feito pela VERACEL (2014).

O uso de sistemas mecanizados de colheita de madeira é afetado por diversas variáveis que interferem na capacidade operacional dos equipamentos e, conseqüentemente, no custo final da madeira (BRAMUCCI & SEIXAS 2002), e para que se possa atingir as metas de altura de cepa, faz-se necessário o treinamento dos operadores de *harvester* e *feller buncher*, orientação e um controle de qualidade por parte das empresas, além de uma boa manutenção das máquinas.

### CONCLUSÕES

- O desperdício do volume de madeira das cepas acima do valor recomendado, somado com o volume dos discos de destopo no sistema *full tree* foi superior ao observado no sistema *cut to length*.

- Embora o desperdício de madeira do *feller buncher* tenha sido superior ao do *harvester*, o sistema *full tree* apresentou cepas com menores alturas, o que pode facilitar a implantação do próximo ciclo e, conseqüentemente a redução de custos desta operação.
- Com o aumento da declividade diminui-se a altura das cepas no sistema de toras curtas enquanto no sistema de árvores inteiras as cepas aumentam com o aumento da declividade do terreno.

## REFERÊNCIAS

BERTIN, V. A. S. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em primeira rotação** [dissertação]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista; 2010.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 62-74, 2004.

FOELKEL, C. O Problema dos Cepas Residuais das Florestas Plantadas de Eucaliptos. **Eucalyptus Newsletter**, nº 45, 2014.

FIEDLER, N. C.; CARMO, F. C. A.; SÃO TEAGO, G. B.; CAMPOS, A. A.; SILVA, E. N. Análise da Colheita Florestal de Eucalipto em diferentes declividades. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal da FAEF**, v.22, n.1, ago, 2013.

HAN, H-S.; RENZIE, C. Effect of Ground Slope, Stump Diameter, and Species on Stump Height for Feller-Buncher and Chainsaw Felling. **International Journal of Engineering**, p.81-88, v. 16, i. 2, 2013.

JACOVINE, L. A. G.; REZENDE, J. L.P.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; TRINDADE, C. Descrição e uso de uma metodologia para avaliações dos custos da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Cerne** vol.18, no.2, Lavras, p.197-203, Abr./Junho 2012.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**, 2 ed, Guarapuava: Ed. UNICENTRO., 2006, 316 p.

MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, J.R. **Evolução dos sistemas de colheita de Pinus na região sul do Brasil**, Curitiba: FUPEF, 1998. 138 p.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T.S.; FREITAS, L.C. Avaliação Técnica e Econômica da Colheita Florestal com Feller-Buncher. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 9-15, jan./mar. 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de; SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Produtividade de *feller buncher* em povoamento de eucalipto em relevo acidentado, **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 905-912, out./dez. 2009.

PARISE, D.; MALINOVSKI, J. R. **Análise e reflexões sobre o desenvolvimento tecnológico da colheita florestal no Brasil**. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, **Anais**. Curitiba: 2002. p.78-109.2002.

ROBERT, R. C. G.; ANDREATA, H. K. Sistemas de colheita de madeira. In ROBERT, R. C.G. **Guia prático de operações florestais na colheita de madeira**. 1ª edição. Curitiba: Editora Imprensa UFPR, 2012.

SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; CÔRTE, A.P.D.; FERNANDES, L.A.V.; SIQUEIRA, J.D.P.; **Inventários florestais: planejamento e execução**, 2. Ed., Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2009. 316p.

VERACEL. **Mudança no processo de colheita florestal com interação na silvicultura**. Editora Artes e Textos. 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, maio/2014 p. 47-56.2014.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de Pinus Taeda**. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005.