

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOSENIR RODRIGUES DE RAMOS

ANÁLISE TÉCNICA DA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA EM DESBASTE  
NA REGIÃO NORTE PIONEIRO DO PARANÁ

CURITIBA

2015

JOSENIR RODRIGUES DE RAMOS



ANÁLISE TÉCNICA DA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA EM DESBASTE  
NA REGIÃO NORTE PIONEIRO DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Renato César Robert

CURITIBA

2015

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos, que foram grandes incentivadores e que sempre acreditaram na realização dos meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, pela existência, sabedoria e a graça por esta conquista;

Aos meus familiares e amigos, que sempre me incentivaram a continuar buscando novos conhecimentos;

Ao Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert meu agradecimento, pelo apoio e orientação;

Aos Colegas, Professores e Tutores do Curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade, ensinamento e acompanhamento.

Por fim, a todos os amigos que de alguma forma contribuíram e acreditaram na conclusão deste trabalho.

## RESUMO

O presente estudo foi realizado na Fazenda Santa Terezinha, localizada no município de Ibaiti, Norte Pioneiro no Estado do Paraná, com o objetivo principal de analisar tecnicamente as etapas da colheita florestal mecanizada em desbaste de *Pinus taeda* correspondentes ao corte, ao processamento, ao baldeio e ao carregamento. Para a análise técnica, foi analisada a produtividade florestal por hora efetiva de trabalho e os tempos dos ciclos operacionais de cada máquina estudada. Foram analisadas 5 parcelas de plantio florestal, cada parcela com 1000 m<sup>2</sup>, totalizando 1025 covas, com um índice de sobrevivência médio de 85,4%. O tempo médio do *harvester* por árvore foi 39,5 segundos. A atividade que demandou maior tempo do ciclo operacional foi o desgalhamento, o qual utilizou 45,3% do tempo do ciclo operacional. Em seguida, veio o corte, traçamento, deslocamento da máquina, que utilizaram um tempo médio de 23,2%, 18,6%, 13,0% respectivamente. A produtividade média foi de 91 árvores e 17,1 m<sup>3</sup> por hora efetiva de trabalho. Para o *forwarder*, o carregamento, descarregamento, deslocamento carregado e deslocamento vazio que consumiram 42,8%, 37,9%, 8,9, 8,6% do ciclo total de extração, respectivamente. A produtividade média ficou com 30,9 m<sup>3</sup> de extração de madeira por hora trabalhada. Para o carregador florestal, o carregamento consumiu 78,3%, do tempo do ciclo operacional e as manobras adicionais consumiram os 21,7% restantes. A produtividade média foi de 125,7 toneladas por hora efetiva de trabalho.

**Palavras-Chave:** *Pinus taeda*. Colheita Florestal. Produtividade. Desbaste.

## ABSTRACT

The study was realized in Santa Terezinha's farm, it is located in Ibaiti' city, north pioneer at Paraná's state, with the main objective of analyzing the four steps for mechanized forest harvesting at thinning of *Pinus taeda* correspondent to cut, to processing, to motorized and loading. For technical analysis, it was analyzed the forest productivity for effective hour of work and the time operating cycles of each studied machine. They were analyzed 5 pieces of forest plantation, each piece with a 1000 m<sup>2</sup>, totaling 1025 pits, with index survival average of 85,4%. The average time to *harvester* for tree was 39,5 seconds. The activity that demanded more time of operating cycle was the delimiting, which used 45,3% of the operating cycle time. Then the cut, tracing, the displacement machine, that it used average time of 23,2%, 18,6%, 13,0% respectively. The average productivity was 91 trees for effective hour of work, producing 17,1 m<sup>3</sup> for effective hour of work. To *forwarder*, the loading, the unloading, loaded displacement, empty displacement that consumed 42,8%, 37,9%, 8,9%, 8,6% of total extraction cycle and the average productivity was with 30,9 m<sup>3</sup> logging for hour of work. To forestry loader, it was equivalent load with 78,3% of the operating cycle, and the adcionais maneuvers consumed 21,7% of the operating cycle. The productivity average was 125,7 tons for effective hour of work.

**Keywords:** *Pinus taeda*. Forest Harvesting. Productivity. Thinning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 –	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM IBAITI – PR .....	20
FIGURA 2 –	ESQUEMA ILUSTRATIVO DO DESBASTE FLORESTAL.....	23
FIGURA 3 –	ESCAVADEIRA FLORESTAL CAT 320D FM E CABEÇOTE LOG MAX 6000B.....	24
FIGURA 4 –	POSICIONAMENTO DO <i>HARVESTER</i> CAT 320D FM NO EITO DE TRABALHO (PARCELA).....	24
FIGURA 5 –	DETALHES DO <i>FORWARDER</i> CAT 584.....	25
FIGURA 6 –	DETALHES DO CARREGADOR FLORESTAL, ESCAVADEIRA FLORESTAL CAT 320D.....	26
FIGURA 7 –	ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL DO <i>HARVESTER</i> .....	31
FIGURA 8 –	<i>PINUS TAEDA</i> SEM DESRAMA .....	32
FIGURA 9 –	ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL DO <i>FORWARDER</i> .....	34
FIGURA 10 –	<i>FORWARDER</i> REALIZANDO EXTRAÇÃO DE MADEIRA.....	35
FIGURA 11 –	ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL DO CARREGADOR FLORESTAL.....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	DESCRIÇÃO TÉCNICA DAS MÁQUINAS ANALISADAS.....	23
TABELA 2 –	DADOS DAS PARCELAS ANALISADAS.....	30
TABELA 3 –	DADOS DO CICLO OPERACIONAL E PRODUTIVIDADE DO <i>FORWARDER</i> .....	33



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 OBJETIVOS .....	11
1.1.1 Objetivo Geral .....	11
1.1.2 Objetivos Específicos .....	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1 COLHEITA FLORESTAL.....	13
2.1.1 Sistemas de Colheita Florestal.....	13
2.1.1.1 Sistema de toras curtas.....	14
2.1.1.2 Sistema de fustes.....	14
2.1.1.3 Sistema de árvores inteiras .....	14
2.1.1.4 Sistema de árvores completas .....	15
2.1.1.5 Sistema de cavaqueamento ( <i>chipping</i> ) .....	15
2.2 EVOLUÇÃO DA COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL.....	15
2.3 DESCRIÇÃO DAS MÁQUINAS ANALISADAS .....	16
2.3.1 <i>Harvester</i> .....	16
2.3.2 <i>Forwarder</i> .....	16
2.3.3 Carregador Florestal .....	17
2.4 DESBASTE FLORESTAL .....	17
2.5 ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS.....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODO</b> .....	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.2 METODOLOGIA DO ESTUDO .....	21
3.2.1 Seleção da Área de Estudo.....	21
3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE COLHEITA FLORESTAL E DAS MÁQUINAS ANALISADAS.....	22
3.3.1 Corte e Processamento.....	23
3.3.2 Baldeio .....	25
3.3.3 Carregamento .....	26
3.4 ANÁLISE TÉCNICA .....	27
3.4.1 Produtividade Florestal por Hora Efetiva de Trabalho.....	27
3.4.2 Tempos dos Ciclos Operacionais das Máquinas.....	28

<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	30
4.1 ANÁLISE TÉCNICA .....	30
4.2 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL E DA PRODUTIVIDADE DO <i>HARVESTER</i> .....	30
4.3 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL E DA PRODUTIVIDADE DO <i>FORWARDER</i> .....	32
4.4 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL E DA PRODUTIVIDADE DO CARREGADOR FLORESTAL.....	35
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	37
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38

## 1 INTRODUÇÃO

A mecanização da colheita de madeira permite maior controle dos custos e pode proporcionar reduções dos custos em prazos relativamente curtos. Além disso, tem lugar de destaque na humanização do trabalho florestal e no aumento do rendimento operacional.

A utilização de equipamentos para substituir a motosserra e o machado resultou no aumento do rendimento das operações de colheita, diminuindo o número de trabalhadores nessas atividades. Porém, em decorrência da atuação humana no manuseio de equipamentos maiores e mais caros, surgiu a necessidade do acompanhamento constante do desempenho dos operadores.

A mecanização da colheita florestal intensificou-se significativamente a partir da década de 1990 com a abertura do mercado, pelo governo brasileiro, à importação de máquinas e equipamentos florestais. Além disso, outros fatores contribuíram para a mecanização, como o aumento da produtividade das florestas e dos custos de mão de obra além da necessidade de executar o trabalho com maior segurança operacional e de redução nos custos de produção. Essas circunstâncias levaram empresas brasileiras a passarem da colheita manual ou semimecanizada para sistemas totalmente mecanizados, com máquinas de alta tecnologia, produtividade e elevados custos. Por isso, torna-se cada vez mais importante a realização de estudos que aperfeiçoem as operações e reduzam os custos operacionais (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002).

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

- O objetivo geral desse trabalho é analisar tecnicamente a colheita florestal mecanizada em desbaste na região Norte Pioneiro do Paraná.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do estudo foram:

- a) Analisar tecnicamente as etapas de colheita florestal;
- b) Analisar a produtividade das máquinas;
- c) Descrever o sistema de colheita florestal e das máquinas utilizadas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 COLHEITA FLORESTAL

Segundo Zagonel (2005), colheita florestal é o conjunto de atividades que são realizadas no interior da floresta com o objetivo de fazer a derrubada, extração e o transporte da madeira. Este conjunto de atividades está ligado ao planejamento de longo prazo, planejamento operacional, sistema de extração e consumos das unidades industriais, ocasionando um reflexo na sustentabilidade do meio ambiente.

Existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, segundo a espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto e condições gerais da área de colheita. Portanto, o sistema de colheita e processamento a ser utilizado será uma função de um conjunto de fatores condicionantes. Para cada grupo de condições específicas certamente existe um método e um sistema de colheita mais indicado, a serem selecionados para que se proceda a colheita e o beneficiamento da madeira (SILVA *et al.*, 2003).

A colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal visando preparar e conduzir a madeira até o local de transporte, utilizando técnicas e normas estabelecidas com o objetivo de transformá-la em um produto final para ser comercializado (MACHADO, 2008).

#### 2.1.1 Sistemas de Colheita Florestal

Os sistemas podem variar de acordo com os tratos silviculturais, relevo, clima, tipo de solo, sortimento, investimento, disponibilidade de mão-de-obra, volume a ser produzido e outros.

Para Malinovski e Malinovski (1998), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto ao comprimento das toras e forma como são extraídas ao local de processamento. Desta forma existem basicamente 5 (cinco) sistemas de colheita:

- Sistema de toras curtas (Cut-to-length);
- Sistema de fustes (Tree-length);
- Sistema de árvores inteiras (Full-tree);

- Sistemas de árvores completas (Whole-tree);
- Sistema de cavaqueamento (Chipping).

#### 2.1.1.1 Sistema de toras curtas

É o sistema mais antigo utilizado no Brasil. Caracteriza-se pelos trabalhos complementares ao corte (desgalhamento e processamento) no próprio local onde a árvore foi derrubada. As árvores são processadas em comprimentos de até 6 metros, variando com a mecanização, e após esta atividade parcial são extraídas. Este sistema é amplamente empregado por exigir menor grau de mecanização e facilidade de deslocamento a pequenas distâncias, baixa agressão ao meio ambiente principalmente em relação ao solo, além da possibilidade de ser utilizado em desbastes.

#### 2.1.1.2 Sistema de fustes

Este sistema consiste em efetuar o desgalhamento e o destopamento da árvore no mesmo local onde ocorreu o corte. Desta forma o traçamento, é realizado nas estradas que circundam o talhão, nos pátios intermediários de processamento ou nas indústrias. É um sistema amplamente utilizado na América do Norte, onde até 1996 cerca de 90 a 95% de toda madeira era colhida por este método. No Brasil muitas empresas no sul utilizam este sistema por ser um dos mais baratos quando mecanizados.

#### 2.1.1.3 Sistema de árvores inteiras

A árvore é derrubada e retirada do talhão, onde o processamento completo é feito em locais previamente escolhidos.

#### 2.1.1.4 Sistema de árvores completas

Este sistema tem por estratégia retirar a árvore inclusive com as raízes, de forma tal que seja possível a utilização da árvore completa.

#### 2.1.1.5 Sistema de cavaqueamento (chipping)

Neste sistema as árvores são derrubadas, desgalhadas, destopadas, descascadas e transformadas em cavacos dentro do talhão e depois levadas para a indústria.

### 2.2 EVOLUÇÃO DA COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL

Segundo Santos (1995), a introdução de equipamentos que substituem a motosserra e o machado possibilitou o aumento da produtividade das operações de colheita, minimizando a participação do homem no processo produtivo.

Conforme Moreira (2000), os primeiros sistemas de colheita no Brasil eram os manuais, usados em sua maioria na exploração de florestas nativas, sem preocupação com a racionalização e produtividade das atividades. Atualmente essa forma de produção ainda é utilizada, embora em pequena escala, geralmente na obtenção de madeira para uso doméstico.

Para Machado (2002), atividades de colheita da madeira são de grande importância no setor florestal, principalmente em termos econômicos, pois representa em torno de 50% ou mais do custo final da madeira posta na fábrica.

De acordo com Paccola (2003), o processo de mecanização com a utilização de máquinas de última geração, teve início nos anos 90 e hoje muitas empresas já dominam parte deste processo. Méritos devem ser atribuídos a todos que, de forma muito rápida, conseguiram introduzir esta tecnologia nas empresas.

Segundo Gonçalves (2008), a evolução tecnológica de mecanização da colheita florestal resultou em ganhos de produtividade e qualidade que permitem atender aos crescentes níveis de exigência dos clientes. A sustentabilidade econômica, social e ambiental atingiu um peso sem precedentes. O alinhamento das

operações aos objetivos estratégicos da organização e a utilização eficaz dos vultosos investimentos em equipamentos, estrutura de apoio e capacitação de pessoal, são fatores críticos de sucesso na colheita florestal, que servem de modelo para o setor nos dias atuais.

Atualmente, as empresas empregam uma variada linha de maquinários e equipamentos na colheita de madeira, em virtude da quantidade de marcas e modelos existentes para a realização das operações de corte e extração florestal, cabendo a cada uma optar por aquele sistema/método que seja mais adequado às suas peculiaridades (NASCIMENTO *et al.*, 2011).

## 2.3 DESCRIÇÃO DAS MÁQUINAS ANALISADAS

### 2.3.1 *Harvester*

Segundo Burla (2008), para o sistema de colheita de “toras curtas”, o *Harvester* é a principal máquina utilizada na derrubada e processamento das árvores e no corte em toras de comprimento predeterminado (traçamento), deixando-se as toras agrupadas e prontas para serem retiradas da área de colheita florestal.

Burla (2008), citado por Simões *et al.*, (2010), para a atividade da colheita de madeira com *harvester* existe uma variação da produtividade em função das diferentes condições das florestas, sendo características distintas para cada empresa.

### 2.3.2 *Forwarder*

Para Seixas (2002), citado por Malinovski (2007), os *forwarders* foram projetados para trabalhar no sistema de toras curtas, não são máquinas velozes, porém muito versáteis, com capacidade de superar as condições adversas encontradas no campo e com bom desempenho em terrenos com declividade de até 30%. É um equipamento que necessita de floresta de alta produtividade e operadores qualificados, devido ao seu alto valor de aquisição.



Segundo Machado (2007), citado por Diniz e Lopes (2014), o uso do trator florestal *forwarder* na extração de madeira é muito comum, tanto no regime de corte raso quanto de desbastes. É uma máquina articulada, com tração 4x4, 6x6 ou 8x8, possuindo uma plataforma de carga e uma grua hidráulica, rodados de pneus ou esteiras e responsável pela retirada da madeira do interior do talhão para a margem da estrada ou pátio intermediário na forma de “baldeio”.

### 2.3.3 Carregador Florestal

Minette *et al.*, (2002), citado por Carmo *et al.*, (2010), o carregamento florestal é a fase em que a madeira é colocada no veículo para o transporte principal (ligação entre a extração e o transporte). Essa fase pode ser realizada de forma manual, com ou sem o auxílio de equipamentos, ou de forma mecanizada, sendo esse método o mais utilizado nas empresas devido a sua elevada eficiência operacional. Dentre as máquinas mais adequadas para a realização do carregamento florestal, destacam-se os carregadores florestais, que são tratores equipados com um braço de acionamento hidráulico e uma garra. A função é realizar a movimentação de toras da pilha de madeira localizada nas margens da estrada ou pátio para o veículo de transporte.

## 2.4 DESBASTE FLORESTAL

O desbaste é uma prática silvicultural que tem como objetivo a remoção de algumas árvores de forma a favorecer o crescimento das árvores remanescentes. Essa retirada visa, portanto, diminuir a competição existente entre indivíduos, disponibilizando maior quantidade de recursos, principalmente água e luz (GTZ, 1986).

O desbaste tem por finalidade a produção intermediária de madeira ao longo do ciclo florestal, melhorar o padrão das florestas remanescentes, através da retirada de árvores de menor padrão e proteger as árvores do ataque de pragas e doenças, por meio da diminuição do estresse das mesmas, evitando-se também a taxa de mortalidade por competição (SCOLFORO; MAESTRI, 1998).

Dias *et al.* (2005), citam que os desbastes são cortes de árvores feitos em plantios florestais, visando, sobretudo estimular o crescimento das árvores remanescentes e acrescentar a produção de madeira utilizável. Árvores pré-selecionadas são colhidas de modo a concentrar a produção potencial de madeira em um número limitado de indivíduos. A aplicação do desbaste pode resultar na produção de árvores de grande porte, se houver melhor distribuição dos fatores de crescimento, como água, luz e nutrientes para as árvores previamente selecionadas, com a garantia de aumento na qualidade da madeira, o que possivelmente irá agregar valor ao produto.

Para Silva e Angeli (2006), o desbaste é uma atividade que visa aumentar o volume das árvores remanescentes, já que as mesmas sofrerão menos com a competição pelos recursos, e pode ser do tipo seletivo ou sistemático. O desbaste sistemático caracteriza-se por retirar as árvores sem avaliá-las, por exemplo, retirar uma a cada cinco linhas de plantios, independente do estado das árvores. Em povoamentos não homogêneos ocorre a perda de indivíduos superiores, porém essa modalidade é mais simples e barata.

Para Daniel (2010) o desbaste seletivo implica na escolha de indivíduos com algumas características previamente estabelecidas, e certas variáveis de acordo com a finalidade a que se destina a produção, iniciando-se pelas árvores inferiores, dominadas e/ou defeituosas. O sistema de desbaste mais usual é o seletivo por baixo, que corresponde a retirada das árvores inferiores, tal procedimento demanda mais trabalho, por consequência, maior custo, porém é o que apresenta melhores resultados na produção e na qualidade da madeira.

## 2.5 ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

Para Fenner (2002), citado por Gonçalves (2011) o estudo de tempo e movimentos também pode ser usado para o planejamento e a organização do trabalho. Neste caso, o objetivo do estudo pode ser a configuração adequada do local de trabalho e os meios de produção, a definição da técnica e/ou método para efetuar as operações, a organização da sequência de execução do trabalho e para controlar a produtividade e fixar a remuneração do trabalho. No planejamento econômico da empresa, o estudo de tempo pode ser usado na otimização e

racionalização das operações, bem como para o micro e macro planejamento operacional.

De acordo com Simões e Fenner (2010), citado por Gonçalves (2011) a realização de estudos sobre as variáveis que influenciam a produtividade de colheita de madeira tornaram-se imperativos, visando à minimização dos custos e à otimização operacional. A identificação dessas variáveis pode ser realizada por estudos específicos que possibilitem estimar a produtividade, a qual resultará em subsídios para avaliação mais precisa do processo de produção.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em povoamentos de *Pinus taeda* de 11 anos de idade em uma propriedade localizada no município de Ibaiti, na região Norte Pioneira do estado do Paraná, entre as coordenadas UTM (DATUM SAD-69 - Fuso 22): norte= 7.348.213 m; leste= 583.685 m. O relevo da propriedade é suave ondulado com altitude de 850, a classificação climática, segundo Köppen, é o tipo Cfa - subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes e com geadas pouco frequentes, e a temperatura média anual do município situam-se em torno de 21°C e 22°C.

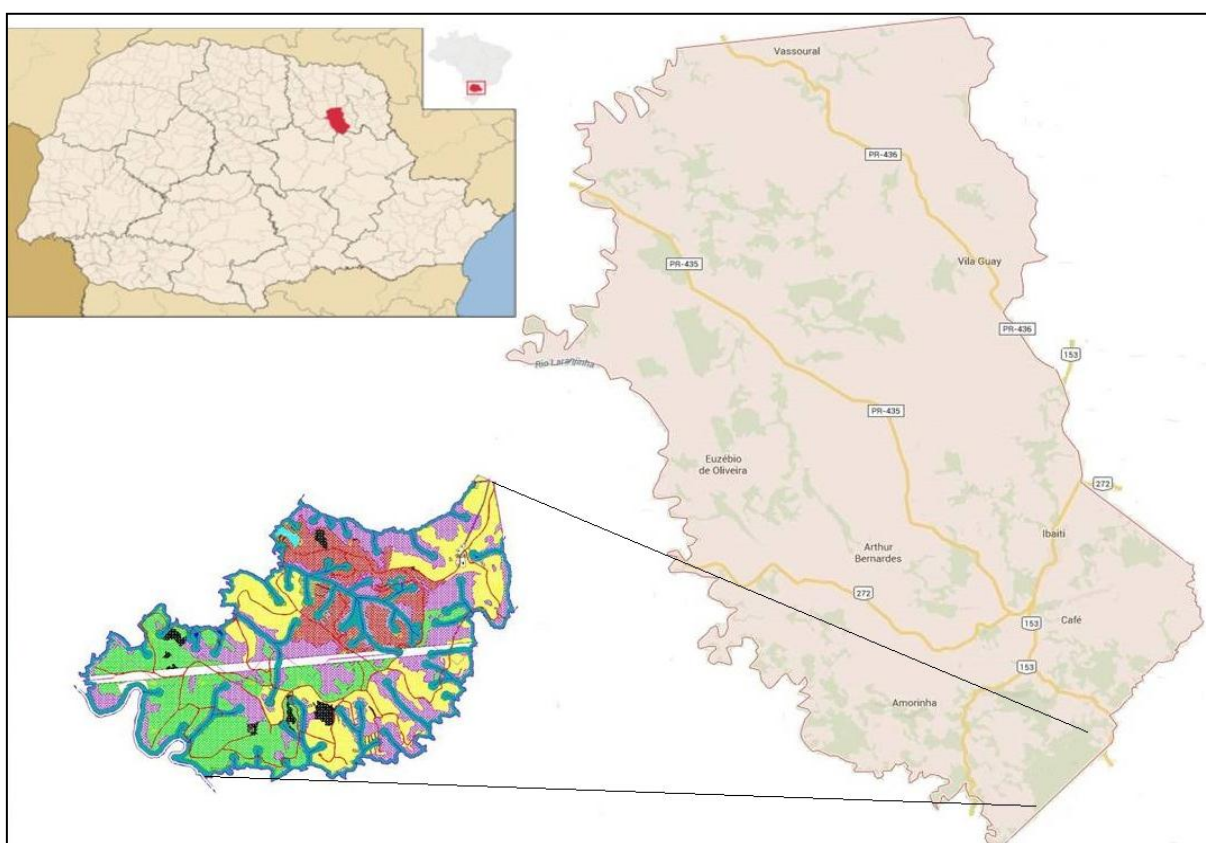


FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM IBAITI – PR  
FONTE: O AUTOR (2015).

O povoamento foi implantado em 2004, no espaçamento de 2,5 x 2,5 metros. De acordo com os dados de inventário florestal, fornecido pela empresa

proprietária da fazenda, a densidade é de 1276 árvores por hectares, o diâmetro na altura do peito (DAP) médio é 23,2 centímetros, à altura média 15,7 m, volume médio com casca das árvores é de 0,25 m<sup>3</sup> e o volume médio por hectare é de 325,3 (m<sup>3</sup>/ha).

### 3.2 METODOLOGIA DO ESTUDO

O estudo foi compreendido de duas etapas básicas. Primeiramente, determinou-se a produtividade florestal por hora efetiva de trabalho das três máquinas que operam na colheita florestal, utilizando o volume de madeira, o número de árvores colhidas por hora efetiva de trabalho dentro de cada parcela. Logo após houve um acompanhamento seguido de uma coleta de dados dos elementos do ciclo operacional através do estudo de tempos e movimentos das máquinas na execução das operações de colheita da madeira, sendo o ciclo operacional de cada máquina subdividida em elementos parciais.

Segundo Andrade (1998), citado por Gonçalves (2011) uma das técnicas utilizadas no planejamento e na otimização da operação de colheita florestal é o estudo de tempos e movimentos. Para isso pode ser empregado para medir o tempo despendido e identificar os ciclos operacionais, o método da cronometragem, pois por meio deste método determina-se o tempo e as atividades parciais que compõem a operação e, de forma análoga, realiza-se o estudo dos movimentos, que tem como propósito proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento da operação.

#### 3.2.1 Seleção da Área de Estudo

Segundo a metodologia proposta por Barnes (1977), primeiramente foi feito um estudo piloto, para inferir estatisticamente sobre as operações. Foi definido o número mínimo de observações necessárias no ciclo operacional em cada fase do ciclo de trabalho, a fim de proporcionar um erro de amostragem máximo de 10%.

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2}$$

Sendo:

n = número mínimo de ciclos necessários;

t = valor de t, para o nível de probabilidade desejado (n-1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação, em porcentagem e;

E = erro admissível, em porcentagem (10%).

A partir desse ponto, foram preliminarmente selecionadas, dentro de um talhão de 18,5 hectares, 5 parcelas de 5 linhas de plantio cada, contendo 41 covas. A área total de cada parcela foi de 1000 m<sup>2</sup>, ou seja, 0,10 ha, com dimensões de 10 m de largura por 100 m de comprimento. A soma das parcelas totalizou 5000 m<sup>2</sup> de povoamento florestal. Procurou-se alocar as parcelas de forma que as condições de terreno, declividade, padrão da floresta, entre outras, fossem as mais homogêneas possíveis.

### 3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE COLHEITA FLORESTAL E DAS MÁQUINAS ANALISADAS

O método de colheita florestal utilizado no desbaste da propriedade foi o Desbaste Misto, totalmente mecanizado, retirando a 5<sup>a</sup> (quinta) linha de plantio (desbaste sistemático) e 30% das árvores remanescentes (desbaste seletivo), retirando principalmente as árvores suprimidas, tortuosas ou bifurcadas, já marcadas anteriormente no povoamento florestal pela equipe da empresa proprietária da fazenda.

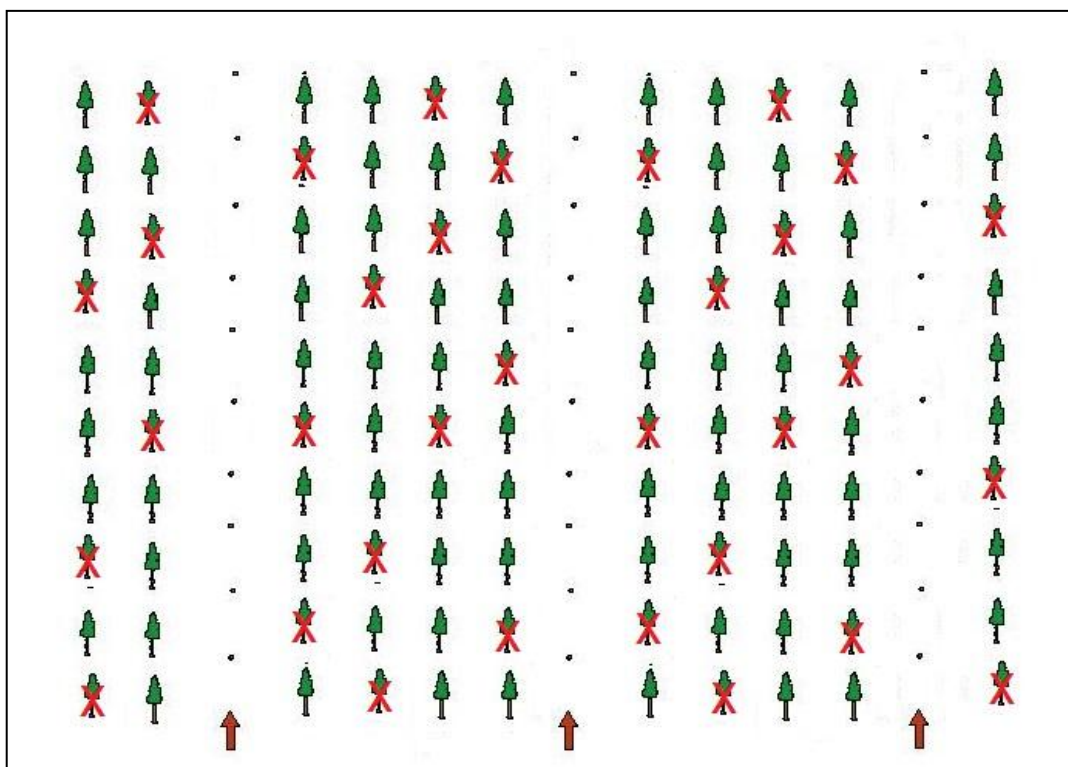


FIGURA 2 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DO DESBASTE FLORESTAL.  
FONTE: O AUTOR (2015).

O sistema de colheita florestal avaliado foi o sistema de toras curtas (cut-to-length), composto por um módulo - base de três máquinas, descrito na Tabela 1.

TABELA 1 – DESCRIÇÃO TÉCNICA DAS MÁQUINAS ANALISADAS

Trator florestal	Modelo	Descrição
<i>Harvester</i>	CAT 320D FM	Escavadeira florestal com rodados de esteiras, motor de 117 kW. Cabeçote processador <i>Log Max 6000B</i> .
<i>Forwarder</i>	CAT 584	Trator florestal com rodados de pneus, motor de 204 kW. Grua Epsilon X120F, com alcance de 8,0 m, garra Epsilon FG37, capacidade de carga 18.000 kg.
Carregador florestal	CAT 320D	Escavadeira florestal com rodados de esteiras, motor de 117 kW, garra Hultdins.

FONTE: O AUTOR (2015).

### 3.3.1 Corte e Processamento

O Trator florestal derrubador-processador (*harvester*) utilizado nesta etapa é composto de uma escavadeira florestal com esteiras CAT 320D FM e um cabeçote processador *Log Max 6000B*.



FIGURA 3 – ESCAVADEIRA FLORESTAL CAT 320D FM E CABEÇOTE LOG MAX 6000B.

FONTE: O AUTOR (2015).

O *harvester* foi utilizado no sistema de toras curtas. As toras foram cortadas com 3,60 m de comprimento, com um diâmetro mínimo de 8 cm na ponta mais fina e até um diâmetro máximo de 40 cm na ponta mais grossa, segundo especificações técnicas do fabricante. O cabeçote tem capacidade de processar toras com diâmetros mínimo de 3 cm na ponta mais fina até 62,5 cm na ponta mais grossa.

O deslocamento da máquina no interior da linha de plantio, é ilustrado na Figura 4, sendo o eito de trabalho (parcela) composto de cinco fileiras de árvores, onde o *harvester* colhe primeiro as árvores da linha do centro e depois as árvores marcadas nas duas linhas remanescentes de cada lado.

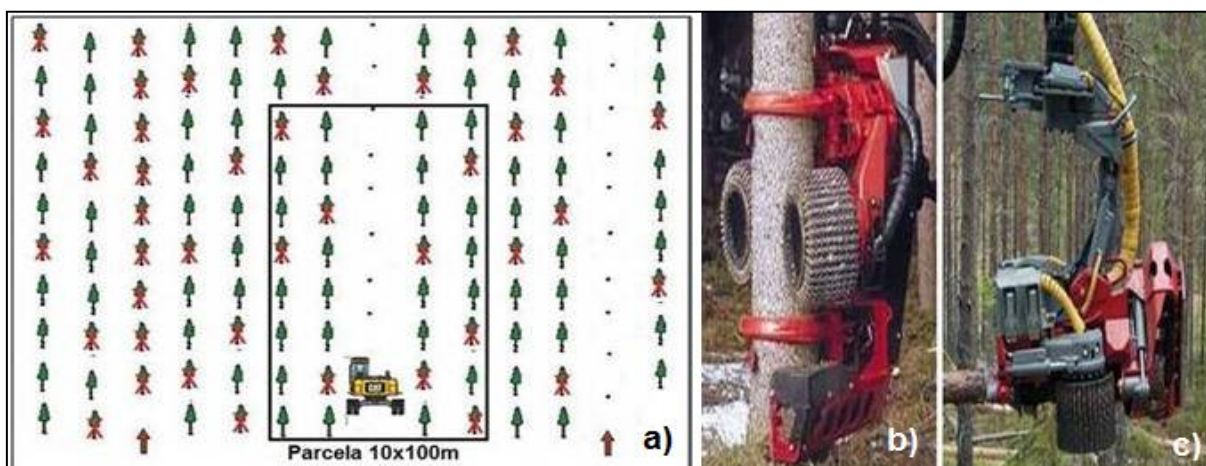


FIGURA 4 – POSICIONAMENTO DO *HARVESTER* CAT 320D FM NO EITO DE TRABALHO (PARCELA).

FONTE: O AUTOR (2015).



A madeira, após o processamento, foi depositada à esquerda do sentido de deslocamento da máquina, entre as árvores remanescentes.

Na Figura 5, apresenta-se um cabeçote no momento em que o mesmo está posicionado na árvore e pronto para efetuar o corte e derrubada, bem como o momento subsequente à derrubada, quando se inicia a operação de desgalhamento e traçamento no interior da linha de plantio (centro).

### 3.3.2 Baldeio

A máquina utilizada para realizar a extração (baldeio das toras) foi um *forwarder* CAT 584. Essa máquina tem a finalidade de promover o carregamento da madeira (toretas) dentro da linha de desbaste sistemático e o descarregamento nas margens das estradas ou pátios temporários.



FIGURA 5 – DETALHES DO *FORWARDER* CAT 584.  
FONTE: [www.cat.com.br](http://www.cat.com.br) (2015).

As parcelas onde ocorreu o desbaste foram alocadas próximas às estradas principais do talhão na propriedade, implicando na diminuição da distância média de transporte (baldeio).

### 3.3.3 Carregamento

O carregador utilizado nesta etapa é também uma máquina de esteiras Escavadeira Florestal CAT 320D. Houve a substituição do compartimento de carga na extremidade do braço por uma garra.



FIGURA 6 – DETALHES DO CARREGADOR FLORESTAL, ESCAVADEIRA FLORESTAL CAT 320D.

FONTE: [www.siqueiraflorestal.com.br](http://www.siqueiraflorestal.com.br) (2015).

Os dados foram coletados nas operações de carregamento de toras de *Pinus taeda* em veículos de carga articulados tipo bitrem, com capacidade de carga bruta de 57 toneladas. As toras possuíam comprimento médio de 3,60 m e diâmetro entre 8 e 40 cm, sendo destinadas ao processo fabril. O carregamento das toras no veículo de transporte era realizado no sentido longitudinal.

### 3.4 ANÁLISE TÉCNICA

#### 3.4.1 Produtividade Florestal por Hora Efetiva de Trabalho

A determinação da produtividade (metros cúbicos por hora efetiva de trabalho ( $m^3/h$ )) para o *harvester* foi feito com base na metodologia de Burla (2008), utilizando o volume de madeira, o número de árvores colhidas por hora efetiva de trabalho. Foi cronometrado o tempo gasto pelo *harvester* para processar cada parcela, sendo o tempo iniciado no momento em que o cabeçote era posicionado na primeira árvore e encerrado após processar a última tora da última árvore da parcela. No início de cada parcela havia pequena pausa no ritmo de trabalho, aproximadamente 60 segundos, para ativação do contador de volume e do número de árvores do software *Log Mate 500*, instalado no computador de bordo do *harvester*, capaz de armazenar e acumular todas as informações das árvores processadas, volume processado, número de árvores derrubadas, etc. Através desse software, foram armazenados e coletados o volume (com casca) e o número de árvores colhidas em cada parcela, obtendo-se o volume por árvore. Diante do volume cortado, do número de árvores e do tempo gasto em cada parcela, calcularam-se o volume e número de árvores cortadas por hora efetiva de trabalho em cada parcela.

A determinação da produtividade do *forwarder* foi obtida por meio do volume processado pelo *harvester* em cada parcela, que posteriormente foi dividido pelas horas efetivamente trabalhadas, conforme descrita na expressão abaixo.

$$Pf = \frac{Vp}{he}$$

Sendo:

Pf = produtividade *forwarder* ( $m^3cc$  he)

Vp = volume médio processado por parcela ( $m^3cc$ )

he = horas efetivas de trabalho.

A produtividade média do carregador florestal, em toneladas por hora efetiva de trabalho, foi dada pela seguinte expressão, sugerida por Santos *et al.* (2009):

$$Pr = \frac{t}{he}$$

Sendo:

Pr = produtividade (tonelada/hora efetiva)

t = toneladas de madeira carregada (obtido através da balança da fábrica)

he = horas efetivamente trabalhadas.

### 3.4.2 Tempos dos Ciclos Operacionais das Máquinas

Para o estudo do tempo dos ciclos operacionais, foram coletados dados dos elementos parciais de um ciclo completo de operação das máquinas, com uso de um cronômetro digital e formulários específicos para registro dos dados.

Os tempos foram cronometrados sem nenhuma interferência no andamento normal das atividades na empresa.

No estudo de tempos e movimentos do ciclo operacional do *harvester*, obtiveram-se os tempos parciais: corte (CT) - inicia-se com o acionamento do sabre de corte até a manobra de derrubada; desgalhamento (DG) - árvore em posição horizontal com sabre desativado e rolos e facas acionadas; traçamento (TÇ) - a partir da medição inicial ao traçamento da última tora; deslocamento da máquina (DM) - deslocamento da máquina dentro da linha de plantio, na parcela.

O ciclo operacional do *forwarder* avaliado era composto pelos seguintes tempos parciais: deslocamento vazio (DV) - iniciava com o deslocamento da máquina da beira do talhão e terminava com o posicionamento próximo à primeira pilha de toras a ser carregada na parcela; carregamento (CR) - iniciava com o deslocamento da grua de carregamento após o posicionamento da máquina, e finalizava, quando a caixa de carga da máquina estava completa com a grua posicionada sobre as toras, incluindo os tempos de deslocamentos entre as pilhas de toras na parcela; deslocamento carregado (DC) - iniciava com o posicionamento da grua sobre a caixa de carga e finalizava com o posicionamento da máquina próximo à pilha de toras na beira do talhão com início da movimentação da grua; descarregamento (DT) - iniciava com a movimentação da grua para realizar o

descarregamento das toras e finalizava com o posicionamento da grua sobre a caixa de carga da máquina vazia.

Para o carregador florestal, foram avaliadas as seguintes atividades parciais: carregamento (CG) - iniciava com o posicionamento da máquina entre a pilha de madeira e o veículo transportador, deslocamento da grua carregada, arrumação da carga e finalizava, com o carregamento total do veículo de transporte; manobras adicionais (MA) - iniciava com os deslocamentos adicionais necessários para executar o carregamento do veículo.

As interrupções do trabalho não foram cronometradas, ou seja, foi considerado como se os operadores tivessem uma eficiência operacional de 100%. Esse procedimento permitiu que se estimasse a produtividade da máquina em qualquer situação.

As operações de colheita executadas na fazenda eram realizadas em uma jornada diária de trabalho de 24 horas, distribuídas em três turnos (7 às 15 horas, 15 às 23 horas e 23 às 7 horas) com uma hora para as refeições em cada turno. Cada máquina era operada por três operadores, sendo um por turno. Para a coleta de dados do presente estudo, foram realizadas as medições apenas no turno das 7 às 15 horas.

## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE TÉCNICA

Foram analisadas 5 parcelas de plantio florestal, totalizando 1025 covas, com um índice de sobrevivência médio de 85,4%. O tempo médio para processamento das parcelas pelo *harvester* foi de 41,9 minutos, o tempo mínimo apresentado foi de 37,0 minutos e o máximo foi de 46,7 minutos. As parcelas analisadas apresentaram um volume médio de 11,9 m<sup>3</sup>, com base no volume fornecido pelo *Log Mate 500*. A Tabela 2 apresenta os dados das parcelas analisadas.

TABELA 2 – DADOS DAS PARCELAS ANALISADAS.

Parcelas	Área (m <sup>2</sup> )	Árvores			Vol. Desb. (m <sup>3</sup> )	Tempo/parcela (min)
		Nº/parcela	Extraídas desbaste	Remanesc.		
Parcela 1	1000	175	60	115	11,1	39,5
Parcela 2	1000	190	71	119	13,3	46,7
Parcela 3	1000	146	61	85	11,6	40,0
Parcela 4	1000	164	56	108	10,4	37,0
Parcela 5	1000	200	71	129	13,3	46,5
	<b>Soma</b>	<b>875</b>	<b>319</b>	<b>556</b>	<b>59,7</b>	<b>209,7</b>
	<b>Média</b>	-	-	-	<b>11,9</b>	<b>41,94</b>

FONTE: O AUTOR (2015).

O volume médio individual das árvores retiradas no desbaste misto ficou com 0,19 metros cúbicos com casca (m<sup>3</sup>cc), devido ao número de árvores suprimidas, tortuosas ou bifurcadas no desbaste seletivo. O volume médio das parcelas ficou em 59,7 m<sup>3</sup>, o que totaliza aproximadamente 119,40 m<sup>3</sup>/ha.

### 4.2 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL E DA PRODUTIVIDADE DO HARVESTER

Com base no estudo de tempo e movimento foi possível determinar o percentual parcial gasto em cada atividade, através da coleta de 495 ciclos operacionais do *harvester*, tomando como base algumas árvores escolhidas

aleatoriamente dentro de cada parcela, de maneira a encontrar os tempos médios dos ciclos operacionais. O tempo médio do *harvester* por árvore foi 39,5 segundos.

A atividade que demandou maior tempo do ciclo operacional do *harvester* foi o desgalhamento (DG), o qual utilizou 45,3 % do tempo do ciclo operacional, correspondente a um tempo médio de 17,9 segundos por árvore. A seguir veio o corte (CT) que utilizou um tempo médio de 9,2 segundos, equivalendo a 23,2%. O traçamento (TÇ), absorvendo em média 7,3 segundos do ciclo operacional, consumindo 18,6%. Logo após, veio o deslocamento da máquina (DM) que consumindo em média 5,1 segundos, igual a 13,0% do tempo total.

A Figura 7 apresenta a média geral do percentual de tempo em cada etapa do processamento das árvores.

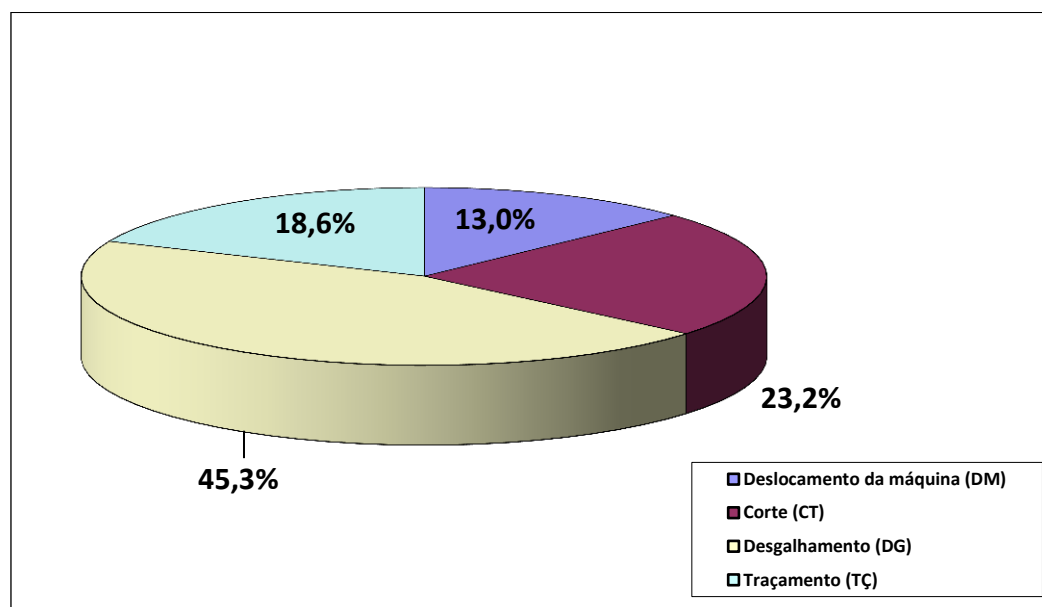


FIGURA 7 – ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL DO *HARVESTER*.  
FONTE: O AUTOR (2015).

O maior tempo consumido no desgalhamento (DG) das árvores (45,3% do tempo do ciclo operacional), pode ser explicado pela falta de desrama no talhão, além do fato que o *Pinus taeda* apresentar galhos em maior quantidade, mais grossos, como pode ser visto na Figura 8. Silva (2008), obteve em sua avaliação na etapa de processamento (envolvendo as atividades de desgalhamento, destopamento e traçamento), 66,0% do tempo do ciclo operacional do *harvester* em colheita de *Pinus caribaea var. hondurensis*, ficando próximo com os valores encontrados na presente análise estudada.



FIGURA 8 – *PINUS TAEDA* SEM DESRAMA  
FONTE: O AUTOR (2015).

A produtividade média das parcelas analisadas apresentou um volume médio 11,9 m<sup>3</sup>, com base no volume fornecido pelo *Log Mate 500*. O rendimento médio do *harvester* foi de 91 árvores por hora efetiva de trabalho produzindo 17,1 m<sup>3</sup> de madeira com casca por hora trabalhada na colheita do desbaste misto. Comparando com a avaliação de Lopes *et al.* (2007), a produtividade efetiva de trabalho de 17,1 m<sup>3</sup>/h pode ser considerada boa, por se tratar de 1<sup>o</sup> desbaste, e também pelo diâmetro médio das árvores ser de 0,19 m<sup>3</sup>, contra 0,49 m<sup>3</sup> encontrado na avaliação dos autores.

#### 4.3 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL E DA PRODUTIVIDADE DO *FORWARDER*

Através do estudo de tempo e movimento foi possível determinar o percentual parcial gasto em cada atividade, por meio da coleta de 315 ciclos operacionais do *forwarder*. O tempo médio do *forwarder* por parcela foi de 1388,6



segundos, ou seja, 23,1 minutos, percorrendo uma distância média de extração de 100 metros. Na Tabela 3 são apresentados os tempos dos ciclos operacionais.

TABELA 3 – DADOS DO CICLO OPERACIONAL E PRODUTIVIDADE DO FORWARDER.

Parcelas	Ciclos Operacionais (segundos)				Tempo (seg.)	Produtividade (m <sup>3</sup> /parcela)
	DV	CR	DC	DT		
Parcela 1	116,2	556,3	122,7	528,6	1323,8	11,1
Parcela 2	128,8	634,1	129,4	605,3	1497,6	13,3
Parcela 3	113,2	588,6	116,3	533,4	1351,5	11,6
Parcela 4	109,8	534,8	113,2	490,2	1248,0	10,4
Parcela 5	132,4	655,5	132,8	601,5	1522,2	13,3
<b>Soma</b>	<b>600,4</b>	<b>2969,3</b>	<b>614,4</b>	<b>2759,0</b>	<b>6943,1</b>	<b>59,7</b>
<b>Média</b>	<b>120,1</b>	<b>593,9</b>	<b>122,9</b>	<b>551,8</b>	<b>1388,6</b>	<b>11,9</b>

FONTE: O AUTOR (2015).

Sendo:

DV = deslocamento vazio

CR = carregamento

DC = deslocamento carregado

DT = descarregamento.

Como pode ser observado, o carregamento dos toretes (CR) consumiu a maior parte do tempo total do ciclo operacional 593,9 segundos, gastando 42,8% do tempo do ciclo operacional. Em seguida, ficou o descarregamento dos toretes (DT) na beira das estradas do talhão, com 551,8 segundos, consumindo 37,9% do ciclo operacional. O elemento deslocamento carregado (DC), consumiu 122,9 segundos, equivalendo a 8,9%, do tempo. O elemento que consumiu menos tempo do ciclo operacional foi o deslocamento vazio, 120,1 segundo, correspondendo a 8,6% do ciclo total de extração.

A Figura 9 apresenta a média geral do percentual de tempo em cada etapa da extração das toras das parcelas.

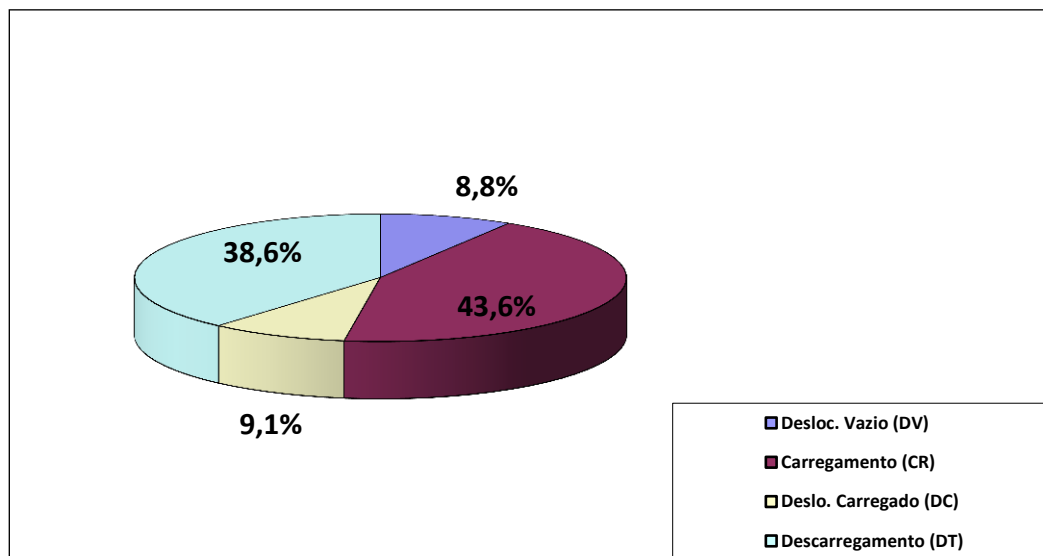


FIGURA 9 – ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL DO *FORWARDER*  
 FONTE: O AUTOR (2015).

De acordo com a análise operacional do *forwarder* na extração de toras de pinus em regime de desbaste, descrita por Diniz (2014) o elemento que consumiu o maior tempo percentual foi o carregamento das toras, com 52 e 50% do tempo total, atribuindo o elevado tempo consumido pelo baixo volume de madeira produzida pelo desbaste, cujas pilhas de toras são normalmente de baixo volume e com maior distância entre si ao longo da linha de extração. De acordo com Pereira (2012) em sua análise técnica de *forwarder* na extração de toras de pinus, descreveu que o carregamento e descarregamento consumiu 82,9% do tempo total. O elevado tempo de carregamento ocorreu devido ao excesso de deslocamentos da máquina no interior do talhão para efetuar o carregamento de toras com diferentes sortimentos.

A produtividade média do *forwarder* por hora efetiva de trabalho, totalizou 1388,6 segundos, o que corresponde a produtividade média de 30,9 m<sup>3</sup> de madeira extraída por hora trabalhada.

A Figura 10 ilustra o *forwarder* realizando a extração na linha de plantio.



FIGURA 10 – FORWARDER REALIZANDO EXTRAÇÃO DE MADEIRA.  
FONTE: O AUTOR (2015).

#### 4.4 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL E DA PRODUTIVIDADE DO CARREGADOR FLORESTAL

Com base no estudo de tempo e movimento, foi possível determinar o percentual parcial gasto em cada atividade, através da coleta de 18 ciclos operacionais do carregador florestal. O tempo médio do carregamento foi de 1176,0 segundos, ou seja, 19,6 minutos por caminhão. O elemento que gastou mais tempo foi o carregamento dos toretes no caminhão (CG), consumindo 920,8 segundos, (78,3%), seguido pelas manobras adicionais (MA) que consumiram 255,2 segundos, (21,7%), do tempo do ciclo operacional.

A Figura 11 apresenta a média geral do percentual de tempo em cada etapa do carregamento dos caminhões.

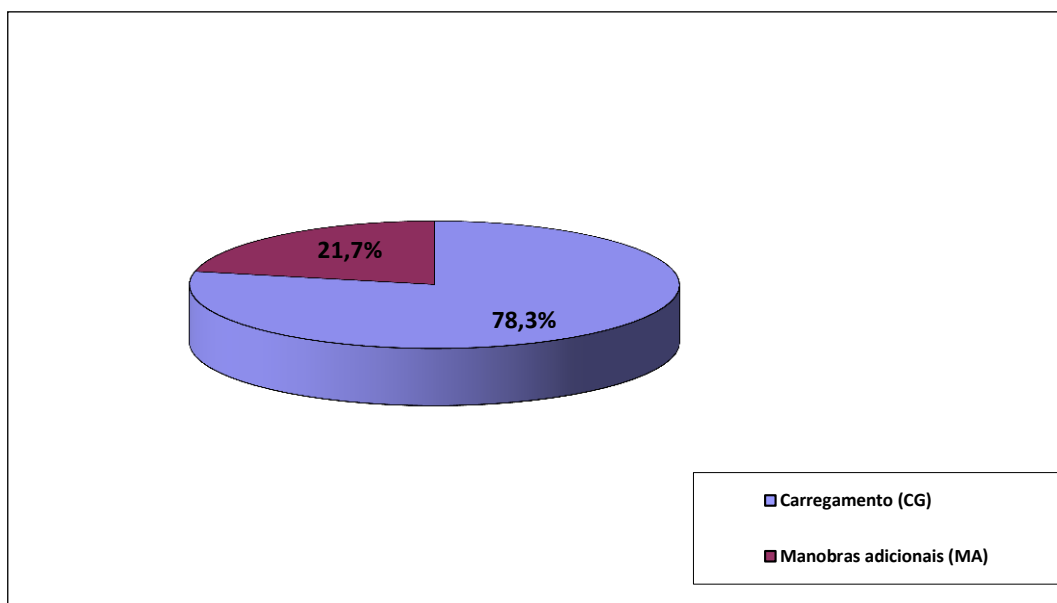


FIGURA 11 – ELEMENTOS DO CICLO OPERACIONAL DO CARREGADOR FLORESTAL  
FONTE: O AUTOR (2015).

Santos (2009), avaliando um carregador florestal, em um de seus tratamentos, carregando madeira de pinus de 3,60 m, concluiu que os elementos que consumiram a maior parte do tempo do ciclo operacional foram a arrumação de carga e a arrumação de pilha, com 49,1 e 22,4%, do tempo total, respectivamente. Resultado muito parecido com o resultado dos ciclos operacionais desta pesquisa, que consumiu 78,3% do tempo total.

O tempo gasto pelo carregador florestal foi de 19,6 minutos, acarretando uma produtividade média de 125,7 toneladas por hora efetiva de trabalho. Foi usado nesse carregamento, para a coleta dos ciclos operacionais apenas a madeira oriunda das parcelas dessa análise, que estava baldeada na margem da estrada principal do talhão.

Entre os principais fatores que influenciam no rendimento do carregamento, e entre os principais estão a capacidade da grua, comprimento dos toretes, volume do feixe, organização do estaleiro.

## 5 CONCLUSÕES

A partir da análise técnica da colheita florestal mecanizada no 1º (primeiro) desbaste misto de *Pinus taeda*, conclui-se que trabalhando as máquinas estudadas possuem um bom rendimento na colheita florestal.

Os elementos que consumiram mais tempo nas etapas avaliadas para o *harvester* foram as operações de desgalhamento das árvores que utilizaram 45,3% do tempo do ciclo operacional, o que pode ser explicado pela falta de desrama. Para o ciclo operacional do *forwarder*, o carregamento dos toretes que consumiu 42,8% do tempo, devido as pequenas quantidades de feixes de toras ao longo da linha de extração.

Os rendimentos das operações de colheita florestal mecanizada, no geral, foram satisfatórias devido ao volume mais baixo retirados em 1º (primeiro) desbaste, por apresentarem árvores de pior qualidade, como suprimidas, tortuosas, etc.

## REFERÊNCIAS

- BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 635 p.
- 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, 2002.
- BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do *harvester* na colheita do eucalipto**. 2008. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- CARMO, F.C.A. *et al.* Análise de Produtividade do Carregamento de Madeira de Eucalipto. **XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**. São José dos Campos, 2010.
- CAT. Disponível em: <[http://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/forest-machines.html](http://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/forest-machines.html)> Acesso em 21 de abril de 2015.
- DANIEL, O. **Silvicultura Sustentável: Métodos e práticas**. Dourados: UFGD, 2010. 180 p.
- DIAS, A. N.; CAMPOS, J. C. C.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 731-739, Viçosa-MG, 2005.
- DINIZ, C. C. C.; LOPES, E. S. **Extração de madeira de diferentes sortimentos com o trator florestal *forwarder* sob regime de desbaste**. XVII Seminário de Atualização em Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal. Anais. Campinas. 2014.
- GONÇALVES, A. F. **A Colheita Florestal do Século XXI - Foco nas novas estruturas e tecnologias aplicadas à colheita mecanizada de corte raso de eucalipto**. 45 p. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- GONÇALVES, S. B. **Análise Técnica das Atividades de Colheita Semimecanizada em Áreas Declivosas no Sul do Espírito Santo**. 31 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.
- GTZ. **Manual do Técnico Florestal**. Apostilas do colégio florestal de Irati, volume I. Irati - Paraná, 1986. 484 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Disponível em: <[http://iapar.br/site/sma/cartas\\_climaticas/temperatura.htm](http://iapar.br/site/sma/cartas_climaticas/temperatura.htm)> Acesso em: 20 abr. 2015.

LOG MAX. Disponível em: <<http://http://www.logmax.com/en/products/6000b>> Acesso em: 21 abr. 2015.

LOPES, E. S. *et al.* Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote *harvester* em diferentes condições operacionais. **Revista Floresta**, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 468 p.

MALINOVSKI, R. A. **Otimização da distancia de extração de madeira com Forwarder**. Botucatu, 94 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2007.

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

MOREIRA, F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

MOREIRA, F. M. T. *et al.* Avaliação operacional e econômica do Feller-Buncher em dois sistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 199-205, 2004.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. de. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne, Lavras**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011.

PACCOLA, J. E. Desafios da manutenção mecânica frente às inovações tecnológicas. **Anais do 6º Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal 2003**. Belo-Horizonte: UFV/SIF, 2003. p. 267-179.

PEREIRA, A. L. N. *et al.* **Análise técnica do forwarder na extração de toras de pinus com diferentes sortimentos**. Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, PR. 2012.

SANTOS, M. D.; LOPES, E. S; DIAS, A. N.; RIBEIRO, A. B. Avaliação técnica de um carregador florestal com diferentes sortimentos de madeira. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 5, n. 1, jan./abr., 2009.

SANTOS, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

SCOLFORO, J. R.; MAESTRI, R. **O manejo de florestas plantadas.** In: SCOLFORO, J. R.; Manejo Florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 1988. 438 p.

SEIXAS, F. **Extração.** In: MACHADO, C. C. Colheita florestal. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002, 468 p.

SILVA, E. N. **Avaliação técnica e econômica do corte de pinus com harvester.** 2008. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SILVA, P. H. M.; ANGELI, A. **Implantação e Manejo de Florestas Comerciais.** 18. ed. Piracicaba: Documentos Florestais - IPEF, 2006. 14 p.

SILVA, R. S.; FENNER, P. T.; CATANEO, A. Desempenho de máquinas florestais de colheita derrubador-processador Slingshot sobre as esteiras. **Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**, 6., 2003, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: UFV/SIF, 2003. p. 267-279.

SIMÕES, D. *et al.* Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**, n. 88, p. 611-618, dez. 2010.

TANAKA, O. K. A utilização de animais em operações de extração florestal. **Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos.** Anais. Curitiba: UFPR/IUFRO, p. 118-132, 1987.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótimas de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de *Pinus taeda*.** 2005. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.