

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO DESGALHADOR FLORESTAL DE DISCOS EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES TEORES DE UMIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO**

RODRIGO PETRONGARI TONIN

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP –
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU - SP
JULHO/2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO DESGALHADOR FLORESTAL DE DISCOS EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES TEORES DE UMIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO**

Rodrigo Petrongari Tonin

Orientador: Prof^o Dr. Paulo Torres Fenner

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP –
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU-SP
JULHO/2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP -
FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

T665a Tonin, Rodrigo Petrongari, 1988-
Avaliação do desganhador florestal de discos em função
de diferentes teores de umidade da madeira de eucalipto /
Rodrigo Petrongari Tonin. - Botucatu : [s.n.], 2015
viii, 58 f. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Paulo Torres Fenner
Inclui bibliografia

1. Colheita florestal. 2. Eucalipto - Colheita. 3. Má-
quinas florestais. 4. Madeira - Efeito da umidade. 5. Pro-
dutividade florestal. I. Fenner, Paulo Torres. II. Univer-
sidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus
de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Ti-
tulo.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÔNICAS DE BOTUCATU

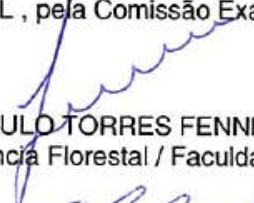
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "AVALIAÇÃO DO DESGALHADOR FLORESTAL DE DISCOS EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES TEORES DE UMIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO"**

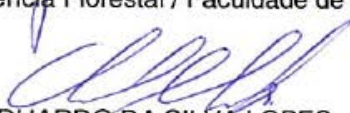
AUTOR: RODRIGO PETRONGARI TONIN

ORIENTADOR: Prof. Dr. PAULO TORRES FENNER

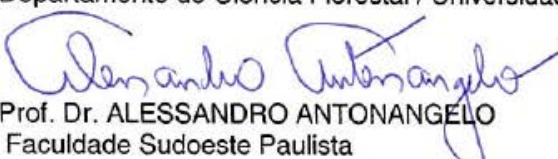
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. PAULO TORRES FENNER
Dep de Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu



Prof. Dr. EDUARDO DA SILVA LOPES
Departamento de Ciência Florestal / Universidade Estadual do Centro Oeste



Prof. Dr. ALESSANDRO ANTONANGELO
Faculdade Sudoeste Paulista

Data da realização: 01 de julho de 2015.

À Deus, a meus pais, Olidio e Elisabete, minha irmã Juliana, que me incentivaram e apoiaram na realização deste trabalho.

DEDICO E OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, por intermédio do programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela formação científica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior– CAPES, pelo suporte financeiro através da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Paulo Torres Fenner, orientador, amigo e exemplo de conduta, pelo acolhimento, dedicação, paciência durante o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado pela confiança!

Ao professor Dr. José Raimundo de Passos pela amizade, ajuda, contribuições valiosas para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colaboradores da empresa onde foi realizado o estudo, em especial ao Gilberto Pereira, por viabilizar a realização do estudo.

De maneira especial aos amigos Ricardo Hideaki Miyajima e Humberto de Jesus Eufrede Jr., pelo auxílio durante o árduo trabalho de campo.

Aos amigos Cássio Campos Delmanto e Thais Campos Delmanto pela presteza, companheirismo e por compartilhar bons e maus momentos.

Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS.....	5
3. REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1. Setor florestal mundial	6
3.2. Setor florestal brasileiro	6
3.3. <i>Eucalyptus</i>	7
3.4. Colheita florestal.....	8
3.5. Mecanização da colheita de madeira.....	9
3.6. Sistemas mecanizados de colheita da madeira.....	11
3.7. Sistema de árvores inteiras (<i>full-tree</i>)	13
3.8. Desgalhamento florestal.....	13
3.9. Secagem da madeira	14
3.10. Estudo de tempos e movimentos.....	15
3.11. Custos de produção.....	16
3.12. Custos operacionais de máquinas.....	16
3.13. Custos fixos	17
3.14. Custos variáveis	19
4. MATERIAL E MÉTODO.....	21
4.1. Material.....	21
4.1.1. Caracterização da Área de Estudo.....	21
4.1.2. Área Experimental.....	22
4.1.3. Sistema de Colheita da Madeira.....	24
4.1.4. Equipamento e Atividade Estudada.....	26
4.1.5. Análise Técnica	28
4.1.6. Ciclo operacional do desgalhador florestal de discos	29
4.2. Métodos.....	30

4.2.1.	Rendimento operacional do desganhador florestal de discos.....	30
4.2.2.	Análise de custo.....	31
4.2.2.1.	Custos fixos	31
4.2.2.2.	Custos variáveis	34
4.2.3.	Estimativas do custo de desgalhamento	36
4.2.4.	Eficácia do desgalhamento	36
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1.	Teor de Umidade da Madeira	40
5.2.	Análise Técnica	41
5.3.	Análise de Custos	44
5.4.	Eficácia do Desgalhamento.....	46
5.5.	Correlação entre as variáveis	47
6.	CONCLUSÕES	48
7.	REFERÊNCIAS.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Sistema de colheita da madeira utilizado no estudo.....	26
Tabela 2. Dimensões do desganhador florestal de discos.....	28
Tabela 3. Características da máquina base.....	28
Tabela 4. Médias (desvio padrão entre parênteses) do teor de umidade da madeira em função do período de estocagem da madeira em campo.....	41
Tabela 5. Médias (desvio padrão entre parênteses) do rendimento operacional do desganhador florestal de discos em função do período de estocagem da madeira em campo.....	44
Tabela 6. Custos fixos do desganhador florestal de discos.....	45
Tabela 7. Custos variáveis do desganhador florestal de discos.....	46
Tabela 8. Médias (desvio padrão entre parênteses) dos custos operacionais do desganhador florestal de discos em função do período de estocagem da madeira em campo.....	46
Tabela 9. Médias (desvio padrão entre parênteses) da massa de galhos remanescentes do desganhador florestal de discos em função do período de estocagem da madeira em campo.....	47
Tabela 10. Matriz de correlação e (valor p entre parênteses) das variáveis: teor de umidade, rendimento, massa remanescente e custo.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município onde foi realizado o experimento.....	23
Figura 2. Área experimental.....	24
Figura 3. Croqui da área experimental.....	25
Figura 4. Desgalhador Florestal de Discos.....	27
Figura 5. Discos planos recortados.....	27
Figura 6. Disposição das árvores no talhão para a realização do desgalhamento.....	29
Figura 7. Atividade parcial deslocar.....	30
Figura 8. Atividade parcial desgalhar.....	30
Figura 9. Galhos remanescentes coletados dos fustes em função do período de estocagem das árvores em campo.....	37
Figura 10. Coleta do material remanescente para cálculo da eficácia e dos discos para aferição da umidade.....	38
Figura 11. Material na estufa a 70°C.....	39
Figura 12. Material preparado para ser pesado.....	39
Figura 13. Balança de precisão.....	39
Figura 14. Boxplot do teor de umidade da madeira nos tratamentos.....	42
Figura 15. Percentual de tempos das atividades do desgalhador florestal de discos nos tratamentos.....	43
Figura 16. Boxplot dos rendimentos operacionais do desgalhador florestal de discos nos tratamentos.....	45
Figura 17. Boxplot dos custos de produção do desgalhador florestal de discos nos tratamentos.....	47
Figura 18. Boxplot da eficácia do desgalhamento, calculada através da massa de galhos remanescentes por hectare nos tratamentos.....	48

RESUMO

Com o crescimento da economia brasileira a partir da década de 90, o setor florestal brasileiro passou por várias mudanças como a implantação de máquinas modernas em todo processo produtivo. No setor florestal uma das atividades consideradas mais importante é a colheita de madeira, visto que representa mais de 50% dos custos de produção. Com a introdução da colheita mecanizada no Brasil, tornam-se indispensáveis estudos para obtenção dados reais sobre as novas máquinas que estão surgindo no mercado. O objetivo deste estudo foi realizar a avaliação técnica e de custos de um desgalhador florestal de discos e sua eficácia no desgalhamento de árvores inteiras com diferentes teores de umidade. Na análise técnica foi realizado um estudo de tempos e movimentos pelo o método de cronometragem de tempos contínuos. Para a análise de custos foram calculados os custos operacionais através do método proposto pela ASABE. A eficácia do desgalhamento foi obtida pela determinação da massa seca de galhos remanescentes nas árvores após o desgalhamento. As árvores atingiram a umidade de equilíbrio aproximadamente aos 40 dias em campo, o que refletiu diretamente na eficácia do desgalhamento, que aumentava conforme diminuía o teor de umidade da madeira. Apesar de ser uma máquina desenvolvida unicamente para realização do desgalhamento, 55,6% do tempo de trabalho foi gasto com deslocamento, contudo, o rendimento médio do desgalhador florestal de discos foi de 643,34 m³/h, com custo operacional de R\$ 180,04/hora, sendo, o custo de produção médio R\$ 0,28/m³.

Palavras Chave: colheita de madeira, desgalhamento, produtividade, eficácia.

ASSESSMENT OF FOREST DELIMBER IN FUNCTION OF DIFFERENT DAMPNESS LEVELS OF EUCALYPTUS WOOD. Botucatu, 2015. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

AUTHOR: RODRIGO PETRONGARI TONIN

ADVISER: PAULO TORRES FENNER

ABSTRACT

Considering the growth of the Brazilian economy since the 90s, the Brazilian forest sector has undergone several changes as the deployment of modern machines throughout the production process. For the forestry sector the activities considered the most important is the harvesting, since it is the most costly, more than 50% of production costs. With the introduction of mechanized harvesting in Brazil, further studies become necessary to obtain real data on the new machines emerging in the forestry market. The objective of this study was to perform the technical and economic evaluation of a disk forest delimeter as well as to evaluate the effectiveness of delimbing in different treatments (time (days)). For the technical analysis has been conducted a study about time and motion, where the method used to perform the data collection was the continuous-time timing method, for economic analysis, the operating costs of the system have been calculated through the proposed method by ASABE and the effectiveness of delimbing has been calculated by dry weight of remaining branches on the trees after delimbing. The trees reached the equilibrium dampness with approximately 40 days in the field, which directly reflected in the effectiveness of delimbing, which increased with decreased wood dampness. Despite being a uniquely developed machine for performing the delimbing, 55.6% of working time was spent on move, however, the average income of the forest delimbing was 643.34 m³/h, with an operating cost of R\$ 180.04/hour, and the average cost of production R\$ 0.28/m³.

Keywords: timber harvesting, delimbing, productivity, efficiency.

1. INTRODUÇÃO

No setor do agronegócio brasileiro a atividade florestal detém um lugar de destaque, pois há várias décadas apresenta um desenvolvimento sólido e crescente. Em 2013 o setor brasileiro de árvores plantadas empregou diretamente em torno de 630 mil pessoas e adicionou ao Produto Interno Bruto (PIB) cerca de R\$ 56 bilhões, representando 1,2% de toda a riqueza gerada no País (IBÁ, 2014).

O desafio de suprir as demandas por produtos madeireiros, por conta do crescimento populacional, demonstra a necessidade de um aumento das áreas de plantios florestais comerciais, e da busca de novos conhecimentos e soluções inovadoras para possibilitar um aumento da produção no setor florestal.

Em um mercado tão competitivo, qualquer medida visando aumento da produtividade, rendimento, qualidade e redução nos custos são importantes.

Em um curto espaço de tempo os sistemas de produção de madeira em florestas comerciais apresentaram uma enorme evolução, desde a implantação até a colheita da madeira.

No setor florestal, a colheita e o transporte da madeira são as etapas consideradas mais importantes, contribuindo aproximadamente com 70% dos custos de produção. Por isso, as operações relacionadas a esta atividade merecem um planejamento rigoroso, a fim de aumentar a produtividade e reduzir custos.

Com a necessidade de maior rendimento das operações, escassez da mão de obra, aumento dos custos sociais e a abertura do mercado às importações de máquinas de alta tecnologia, o setor florestal sofreu uma intensificação da mecanização.

Por outro lado, existe a necessidade por parte de algumas empresas de receber a madeira com menor quantidade de galhos e folhas, além disso, a madeira limpa facilita o transporte do campo para a indústria, além de contribuir com o processo industrial.

As operações de desgalhamento eram realizadas de maneira manual ou semimecanizada, com a utilização de foice, machado, motosserra e motopoda, porém era uma operação com baixa produtividade, custo elevado e alto risco de acidentes aos trabalhadores.

Assim, foram desenvolvidos máquinas e equipamentos para execução do desgalhamento totalmente mecanizado, tais como, *Stroke Delimber*, *Knuckleboom Loaders*, cabeçote processador (*Harvester*) e mais recentemente o desgalhador florestal de discos.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi realizar uma análise técnica, de custo da operação do desgalhamento de árvores e sua eficácia em função dos teores de umidade da madeira.

Os objetivos específicos foram:

- Determinar os tempos de trabalho e a produtividade;
- Determinar os custos de produção;
- Determinar a eficácia do desgalhamento em função de diferentes teores de umidade da madeira.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Setor florestal mundial

A atividade florestal ocupa lugar de destaque em muitos países, prova disso é o crescente comércio de produtos florestais entre os diversos países. Em 2013, a área com árvores plantadas no mundo era de 264 milhões de hectares representando 7% de todas as florestas globais e 22% das florestas destinadas à exploração comercial. A maior parte da área de plantios de árvores (61%) localiza-se na China, Índia e Estados Unidos, entretanto no Brasil, existem 7,6 milhões de hectares de árvores plantadas para fins industriais (IBÁ, 2014).

A produção mundial de madeira para todos os fins aproxima-se de 3,3 bilhões de m³ por ano, onde seis países produzem mais da metade de toda a madeira do mundo: Estados Unidos, China, Índia, Brasil, Indonésia e Canadá. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de madeira, participando com 6% do total (TORESAN, 2002).

Em países de maior tradição no setor florestal o problema da mecanização já é tema de estudos há muito tempo. A dificuldade de encontrar mão de obra e ampliar a capacidade produtiva das empresas forçou o desenvolvimento de novos equipamentos, projetados especialmente para o trabalho no setor florestal, assim, em pouco tempo a necessidade de mecanizar ao máximo as operações de campo tornou-se imprescindível (SALMERON, 1980).

3.2. Setor florestal brasileiro

A atividade florestal no Brasil iniciou-se por meio da exploração do pau-brasil após o seu descobrimento, e por muito tempo se manteve como a principal atividade econômica, com o desenvolvimento da agricultura, foi relegada a segundo plano na economia brasileira até a década de 60 (SIQUEIRA, 1990)

No final da década de 1960, o setor florestal era pouco expressivo para a economia brasileira, além de se constatar que neste período ocorria a exploração predatória dos recursos florestais de forma indiscriminada. No entanto, o surgimento dos incentivos fiscais, associados aos investimentos privados, proporcionou ao setor florestal um crescimento rápido e significativo (MACHADO et al., 2008).

A área plantada com árvores no Brasil atingiu 7,60 milhões de hectares em 2013, sendo grande destaque no plantio do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, sendo que os plantios de eucalipto representaram 72,0% desse total, e os de pinus 20,7%, enquanto o restante está dividido entre outras espécies, como, acácia, teca, seringueira e paricá (IBÁ, 2014).

Em 2013, o setor florestal brasileiro adicionou ao produto interno bruto em torno de R\$ 56 bilhões, representando 1,2% de toda a riqueza gerada no país e de 24% do valor adicionado ao PIB pelo setor agropecuário (IBÁ, 2014).

Além disso, o setor florestal é responsável pela geração de empregos, consumo interno, exportação, impostos, além de contribuir com a conservação e preservação dos recursos naturais (LADEIRA, 2002).

Nas ultimas décadas, o setor florestal brasileiro despontou rapidamente como um dos mais avançados em tecnologia florestal de espécies de rápido crescimento. Graças aos avanços tecnológicos em melhoramento genético, manejo, mecanização da colheita e transporte florestal, houve ganhos de produtividade e de desempenho dos processos operacionais de reflorestamento, colheita e transporte (YONEZAWA, 2010).

3.3. *Eucalyptus*

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil, ocorreu no início do século XIX, com evidências de que as primeiras árvores teriam sido plantadas em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (PEREIRA et al., 2000).

O responsável pela introdução de plantações econômicas foi o silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, que estudou várias espécies nativas e exóticas entre os anos de 1904 e 1909 no Horto de Jundiaí-SP, o eucalipto se destacou de tal forma que a Companhia

Paulista de Estradas de Ferro, hoje Ferrovia Paulista S.A. - FEPASA, optou pelas espécies desse gênero para produzir lenha para suas locomotivas (PEREIRA et al., 2000).

Além dos usos tradicionais, como, lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibras e de partículas, há uma forte tendência em utilizá-la, também, para usos mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, especialmente nas regiões Sudeste e Sul, carentes de florestas naturais (PEREIRA et al., 2000).

Com a crescente supressão das florestas nativas, espécies de rápido crescimento, como o eucalipto, passaram a ser cultivadas em larga escala como substituição natural (FENNER, 1991; MARCELINO, 2004).

Dentre as espécies mais plantadas estão o *E. grandis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. citriodora* (gênero *Corimbia*), *E. viminalis*, *E. dunnii* e *E. pellita*, bem como diversos híbridos e clones de alta produção, a espécie *E. grandis* compõe mais de 50% do total do gênero plantado (GARCIA e PIMENTEL GOMES, 1992).

Na atualidade, as plantações de eucalipto estão presentes nas mais distintas regiões do mundo, localizadas em diferentes altitudes, tipos de solo ou sob diferentes regimes pluviométricos (VITAL, 2007).

3.4. Colheita florestal

A colheita florestal é a principal preocupação das atividades desenvolvidas no sistema de manejo, por causa das dificuldades, custos e danos causados no momento do abate das árvores (SCHNEIDER e FINGER, 2000).

Trata-se, portanto da ligação entre os recursos florestais e as indústrias madeireiras ou outros usuários de madeira (KANTOLA e HARSTELA, 1994).

Segundo Tanaka (1986), a colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal, envolvendo desde a preparação e extração da madeira até o local de uso, mediante o emprego de técnicas e padrões estabelecidos, tendo por finalidade transformá-la em produto final.

Na atividade florestal, a colheita de madeira é a etapa mais importante do ponto de vista econômico, podendo ser descrita por três fases básicas: corte e processamento, extração e transporte (SANTOS, 2000). De acordo com Machado (2014) a exploração e o

transporte representam mais de 50% do total dos custos finais da madeira posta na indústria.

A colheita florestal, segundo Arce et al. (2004), representa a operação final de um ciclo de produção florestal, onde são obtidos os produtos mais valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal.

Existem vários métodos e sistemas de colheita de madeira, segundo a espécie florestal, a idade do povoamento, a finalidade que se destina o produto e as condições gerais da área de colheita. Portanto, o sistema de colheita é escolhido em função de um conjunto de fatores condicionantes.

E para cada grupo de condições específicas, existe um método e sistema de colheita de madeira mais adequado (SILVA et al., 2003).

A racionalização e o aumento da produtividade das atividades florestais se deram em maior escala após o surgimento de novas máquinas, principalmente na extração por apresentar dificuldades naturais bastante grandes e envolvimento de altos custos (SOUZA, 1978).

3.5. Mecanização da colheita de madeira

A colheita de madeira é a etapa do processo produtivo que passa pelo processo de mecanização de forma mais acentuada. De acordo com Fontes (1996), as principais causas da crescente mecanização desta atividade são a busca do aumento da produtividade e a necessidade de redução dos custos de produção.

Uma determinada atividade no setor florestal é caracterizada como mecanizada quando realizados com máquinas motoras, com mecanismos que possuam movimentos relativos ao acionamento direto e ou quando utilizam equipamentos e ferramentas adaptados a uma determinada máquina (LIMA et al., 2008).

Segundo Moreira (2000), os primeiros métodos 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.

No Brasil, as primeiras motosserras começaram a surgir na década de 60 (WALDRIGUES, 1983), bem como os pequenos tratores agrícolas para uso no arraste de toras e rudimentares carregadores florestais. Nos anos 70, já com várias fábricas de papel e celulose instaladas no país, houve uma melhoria dos equipamentos existentes, como o aumento de potência e a diminuição do peso das motosserras, tratores agrícolas equipados com guinchos e garras "*Miniskidders*", tratores desenvolvidos especificamente para o arraste de madeira, "*Skidders* ", e, equipamentos hidráulicos para o carregamento de caminhões (MALINOVSKI, 1999).

De acordo com Malinovski (1999) a década de 80 ficou marcada pelo início da utilização de tratores derrubadores, "*Feller-Bunchers*", procurando-se diminuir o contato do homem com a árvore, reduzindo o risco de acidentes, melhorando as condições ergonômicas de trabalho e maximizando a disponibilidade operacional dos equipamentos em relação às condições climáticas.

Porém, o início da década de 90 foi marcado pela liberação do mercado brasileiro às importações de máquinas de outros países, contribuindo com os maiores avanços tecnológicos da área. Com o crescimento da economia brasileira, o setor florestal brasileiro sofreu várias mudanças como a implementação de modernas máquinas e equipamentos para adaptação ao mundo globalizado (FREITAS, 2005).

Segundo Malinovski (1999), em paralelo ao que ocorria no Brasil durante as épocas referidas, países desenvolvidos do hemisfério norte tomavam a dianteira no desenvolvimento de equipamentos para colheita de madeira.

A evolução da mecanização nas operações de colheita de madeira é motivada pela necessidade de melhoria das condições de trabalho, redução da mão de obra, aumento da competitividade com o incremento de novas alternativas de produção (SEIXAS, 2010).

Esta atividade intensificou-se, desencadeando um processo contínuo de avaliação dos rendimentos operacionais e dos custos, devido à colheita representar um percentual elevado dos custos (SIMÕES, 2008).

A mecanização das atividades de colheita passou a ser mais estudada, pois apresentava potencial de aumentar a produtividade, reduzir custos, melhorar a qualidade das operações e das condições de trabalho (MOREIRA, 1998).

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, principalmente nas

operações de desgalhamento. Para Wadouski (1998), a mecanização da colheita de madeira, embora não seja a única forma de racionalização e controle da evolução dos custos, pode proporcionar reduções drásticas em prazos relativamente curtos, tendo um lugar de elevada importância nos esforços para o aumento da produtividade e humanização do trabalho florestal.

Dada à grande quantidade de máquinas e equipamentos de corte e extração disponíveis no mercado, as empresas podem formar vários conjuntos de colheita que podem ser empregados, cabendo a cada empresa optar por aquele que seja mais adequado ao sistema utilizado e às suas peculiaridades (JACOVINE et al., 2005).

A mecanização florestal, na maioria das vezes, utiliza máquinas adaptadas ou importadas. O custo elevado dessas máquinas exige o máximo de aproveitamento de todas as suas funções durante a execução contínua das tarefas a elas atribuídas, bem como demanda estudos no sentido de adequá-las às condições de trabalho no Brasil (FONTANA e SEIXAS, 2007).

As máquinas florestais, em geral, têm sido avaliadas sob diversos aspectos, em diversas partes do mundo, com objetivos variados, como produtividade, necessidade de manutenção mecânica e eletrônica, entre outros (SILVA et al., 2007).

Segundo Seixas (1986), é de fundamental importância o conhecimento das atividades desenvolvidas em uma operação florestal, sendo que o levantamento de informações deve servir de base para qualquer interferência que se deseja fazer.

Bridi e Ferlin (1994) também destacam a importância dos testes operacionais e das adaptações para situações específicas de cada empresa como instrumento para uma melhoria contínua.

3.6. Sistemas mecanizados de colheita de madeira

O sistema de colheita de madeira é definido como um conjunto de elementos e processos que envolvem a cadeia de produção e todas as atividades parciais, desde a derrubada da árvore até a madeira posto no pátio da indústria. Sendo importante destacar que as condições ambientais podem alterar e ou influenciar parte do sistema, fazendo com que ocorra a necessidade de troca de alguns elementos conforme o trabalho a ser executado (MALINOVSKI et al., 2008).

Stöhr (1981) define sistema de colheita de madeira como um conjunto constituído de elementos e processos, entretanto Malinovski et al. (2002) dizem que envolve o método e o ordenamento das atividades a serem desenvolvidas.

Já Machado (2002) define sistema de colheita de madeira como um conjunto de atividades integradas entre si que permitem o fluxo constante de madeira, evitando-se os pontos de estrangulamento, levando os equipamentos a sua máxima utilização.

A escolha do tipo de sistema mecanizado a ser utilizado deve contar com algumas variáveis que se não forem levadas em consideração podem resultar em problemas operacionais e ineficiências, tais como, a experiência e a habilidade da mão de obra disponível, as características morfológicas da espécie florestal para adaptação da máquina àquelas características, o produto primário, a distância de arraste e transporte, a eficiência da máquina, o capital requerido e as características do terreno de acordo com tipo de solo e topografia (SALMERON, 1980; MACHADO, 1984).

De acordo com a classificação da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 1978) e Malinovski e Malinovski (1998), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto à forma da madeira na fase de extração, e quanto ao comprimento das toras. Existem basicamente quatro sistemas de colheita:

- sistemas de toras curtas (*cut-to-length*): a árvore é processada no local da derrubada, sendo extraída e transportada para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras podendo medir até seis metros de comprimento;
- sistema de toras longas ou fuste (*tree-length*): é efetuada a derrubada, o desgalhamento e destopamento da árvore no talhão e o fuste é levado para a margem do talhão ou pátio temporário para realização do processamento final da madeira;
- sistema de árvores inteiras (*full-tree*): a árvore é derrubada e levada para a margem do talhão ou pátio intermediário, onde é realizado o processamento final da madeira;
- sistema de árvores completas (*whole-tree*): consiste em arrancar a árvore com seu sistema radicular, ou parte dele e levá-la para a margem do talhão ou pátio temporário, onde será realizado o processamento da madeira.

Evidentemente, sub-operações tais como desgalhamento, carregamento e atividades de apoio como planejamento, custos, controles e recursos humanos, são necessários para o funcionamento do sistema (SANT'ANNA, 2014).

3.7. Sistema de árvores inteiras (*full-tree*)

A utilização dessa alternativa implica na remoção da árvore para a margem do talhão, como operação subsequente ao corte, sendo o processamento completo da árvore realizado em local previamente escolhido. Esse sistema implica elevado índice de mecanização e pode ser utilizado tanto nos terrenos planos como nos acidentados (WALDRIGUES, 1983).

No caso de uma futura utilização de biomassa para energia ou processo, o sistema poderá ser muito utilizado, pois, devido à concentração da biomassa residual da colheita da madeira em determinado local, elimina o trabalho do amontoamento, que seria necessário fazer em toda área no sistema de toras curtas e, parcialmente, no sistema de toras longas (MALINOVSKI e MALINOSVKI, 1998).

No sistema de árvores inteiras (*full tree*) existe a possibilidade de se efetuar o desgalhamento, após o arraste das árvores para a margem do talhão, para retirada de folhas e galhos. Esta condição é fundamental para empresas que necessitam de uma madeira mais limpa na linha de produção.

3.8. Desgalhamento florestal

Existem três maneiras de realizar o desgalhamento florestal: manual, semi mecanizado e mecanizado.

Segundo Sant'Ana (2014), o desgalhamento manual pode ser realizado com uso de ferramentas como: machado, foice, facão, serra de arco. Nesse método, a ferramenta mais utilizada é o machado, podendo, até mesmo ser empregado nos casos que a derrubada é realizada com motosserra ou *Feller Buncher*.

O machado foi muito utilizado na década de 50 e começou a cair em desuso na década de 60, com o surgimento das primeiras motosserras (SANT'ANA, 2014). É uma operação que exige grande esforço físico e resulta em baixa produtividade.

O desgalhamento semimecanizado é realizado com o uso de motosserras ou motopodas, equipamentos que permitem mecanizar parte da atividade, porém ainda com grande esforço físico dos trabalhadores, sem contar o risco elevado de acidentes de trabalho (SANT'ANA, 2014).

O desgalhamento mecanizado pode ser realizado com o uso de máquinas e equipamentos, como o *Harvester*, *Stroke Delimber*, que são máquinas que possuem melhor rendimento em comparação ao método semi mecanizado, oferecendo maior conforto e segurança aos operadores (SANT'ANA, 2014).

Outra opção para realização do desgalhamento é o uso da grade desgalhadora, que deve ser associada a uma máquina do tipo *Skidder* ou trator agrícola (MALINOVSKI, 1999).

Recentemente, criado pela equipe da gerência de colheita da Aperam Bioenergia e em atividade desde o fim de 2011, o desgalhador florestal de discos promete trazer a operação de desgalhamento para um novo patamar, oferecendo maior segurança, rendimento operacional (SIF, 2014). Este equipamento possui um implemento com discos planos recortados que pode ser acoplado em *Skidders* ou em outros modelos de máquinas base (IPEF, 2012).

O funcionamento é relativamente simples, sendo que após o *Feller Buncher* deixar as árvores amontoadas em feixes no interior do talhão ou após o *Skidder* arrastar as árvores para a margem do talhão, o desgalhador florestal de discos passa sobre as copas das árvores duas ou mais vezes executando o desgalhamento das árvores até deixar o fuste isento de galhos (IPEF, 2012).

3.9. Secagem da madeira

A madeira, por ser um material higroscópico, tem seu teor de umidade diretamente ligado à umidade relativa do ambiente, podendo ceder ou reter água do meio. O processo de secagem está diretamente envolvido com a movimentação de umidade na madeira (MELLADO, 2007).

Para que ocorra a secagem da madeira é necessário o fornecimento de calor, natural ou artificial, para evaporar a umidade do material e um meio que retenha essa umidade para remover o vapor d'água formado na superfície do material a ser seco (CARNEIRO, 2001).

A secagem natural ou ao ar livre consiste em expor a madeira à ação dos fatores climáticos de um determinado local, com o objetivo de remover a maior quantidade de água possível por meio das forças da natureza (PONCE e WATAI, 1985). Devido às

condições climáticas favoráveis do Brasil, esse tipo de secagem é bastante utilizado como pré-secagem ou secagem definitiva, dependendo do uso final da madeira. É um método que exige um investimento relativamente baixo e longo tempo de secagem em relação à secagem artificial (ROSSO, 2006).

De acordo com Jankowsky (1990), o processo ao ar livre é rápido no início, quando a madeira está perdendo água livre. Uma madeira pode ter sua umidade reduzida em mais de 50% nas três semanas iniciais de secagem ao ar livre, reduzindo-se a taxa de secagem nas semanas subsequentes (PONCE e WATAI, 1985). A tendência é que, com o tempo, a madeira atinja a umidade de equilíbrio, dependendo da temperatura e da umidade relativa do local (LIMA e MENDES, 1995; ROSSO, 2006).

3.10. Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos teve início com Taylor em 1881, cujo objetivo é a melhoria dos métodos operacionais, permitindo análises do processo produtivo (MACHADO, 1984).

A análise do trabalho e do estudo dos tempos e movimentos (motion-time study) é o instrumento básico para se racionalizar o trabalho. Assim, este é executado melhor e mais economicamente por meio da análise, isto é, da divisão e subdivisão de todos os movimentos necessários à execução de cada operação de uma tarefa (CHIAVENATO, 2003).

O estudos de tempos e movimentos auxiliam no trabalho operacional e nos sistemas administrativos, para que atinjam os objetivos da organização resultando em um aumento de rendimento operacional (BARNES, 1968). Além disso, pode ser usado para o planejamento e organização do trabalho (FENNER, 2002).

Segundo Seixas et al. (2004), o estudo de tempos e movimentos na colheita da madeira é considerada uma técnica importante, pois permite determinar o tempo consumido para cada elemento de um determinado ciclo de trabalho, permite a organização do trabalho, e desta maneira, otimizando o sistema operacional com o mínimo de tempos improdutivos e a busca por maior produtividade.

Ao adotar o estudo de tempos e movimentos é necessário considerar os equipamentos e o desenvolvimento de processos apropriados para cada caso específico

(BARNES, 1968). Além disso, o mesmo autor define que na mecanização, os estudos de tempos e movimentos permitem automação, racionalização e padronização por meio da adoção de métodos apropriados e específicos.

3.11. Custos de produção

Sob o ponto de vista econômico, entende-se por custo toda e qualquer aplicação de recursos, sob diferentes formas e expressa em seu valor monetário, para a produção e distribuição de mercadorias até ao ponto em que se possa receber o preço convencionado (LIMA, 1979).

Segundo SPEIDEL (1966), os custos são representados pela soma de todos os valores consumidos no processo produtivo. Muitas vezes são confundidos com despesas e gastos, mas possuem significados diferentes. As despesas são, por exemplo, pagamentos de salários e de insumos, ou seja, é o valor de todo o pagamento a vista ou a crédito realizado pela empresa enquanto os gastos são todos os desgastes de valores ou de materiais dentro da empresa.

Witney (1988) relata que o desempenho econômico das máquinas agrícolas é estimado pelos custos operacionais (fixos e variáveis). Os custos fixos são dependentes do tempo de propriedade da máquina, incluindo a depreciação, os juros, as taxas, os impostos, o seguro e o alojamento. Os custos variáveis são calculados proporcionalmente à utilização das máquinas, incluindo os gastos com o combustível, lubrificantes, reparos, manutenção e mão de obra.

3.12. Custos operacionais de máquinas

O custo operacional das máquinas é à base de cálculo para as avaliações econômicas e estudos comparativos entre sistemas de colheita. Os seus componentes são: valor de aquisição, vida útil, valor residual, taxa de remuneração, seguros e outras taxas, utilização anual, mão de obra, combustível ou energia, e manutenção (RODRIGUEZ et al., 1992).

Segundo Harry et al. (1991) o custo operacional de uma máquina é o somatório de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação. A variação desse custo é influenciada, principalmente, pela eficiência operacional e pela jornada de trabalho.

Existem diversas metodologias para o cálculo do custo-hora da máquina, e muitas vezes elas variam também entre pesquisadores e em função dos objetivos ou das normas preestabelecidas, modelos já foram apresentados por Machado (1984), Stokes (1993), Gibson et al. (1991), Moreira (1992), Lima e Sant'anna (2001), entre outros.

Especialistas da área de mecanização agrícola tem se orientado pelos métodos da “American Society of Agricultural and Biological Engineers” (ASABE), que nada mais fez do que juntar vários trabalhos executados em diferentes situações e com máquinas ou implementos semelhantes, sendo sistematizada na forma de diversas equações (MOLIN e MILAN, 2000; MILAN, 2005).

3.13. Custos fixos

São considerados fixos todos os custos que, periodicamente, oneram a empresa, independentemente do nível de atividade (SOUZA e CLEMENTE, 1998), logo, o tempo e a intensidade de funcionamento da máquina não alterarão estes custos.

Kantola e Harstela (1994) definem como custos fixos custos constantes durante um período definido e, portanto, independentes do nível de atividades ou utilização.

Os custos fixos são aqueles que não variam com as horas de operação, não sendo influenciadas pelas atividades da máquina e do nível de produção, ou seja, ocorrem com a máquina em operação ou parada (LOPES, 2007). Incluem depreciação, custos de oportunidade, impostos, seguro, taxas, garagem e instalações de manutenção (EDWARDS, 2002).

Taxas de Juros

O pagamento ao fator capital é expresso normalmente por uma taxa percentual, que se refere, obrigatoriamente, a certo período de tempo, essa taxa é chamada de taxa de juros (REZENDE e OLIVEIRA, 2001).

Os juros podem ser definidos como a remuneração obtida pela não utilização imediata do capital, em detrimento de uma satisfação de uma necessidade atual, sendo esperada uma maior satisfação futura (NEVES et al., 1996).

Segundo Speidel (1966) os custos de juros correspondem ao pagamento pelo uso do capital. A melhor alternativa é considerar as taxas de juros nominais (inclusive inflação) para o período de produção, usando rendas reais, custos e taxas de juros para períodos futuros considerando os custos de bens de capital (ASABE, 2001).

Depreciação

De acordo com a ASABE (2001) depreciação é a redução do valor de uma máquina ao longo da sua vida útil, podendo os custos de depreciação serem calculados por vários métodos. O método de depreciação linear é o método mais utilizado para calcular os custos de depreciação.

A depreciação de uma máquina não é realmente conhecida enquanto não for vendida, somente assim se terá certeza do seu valor real. Por esse motivo, a depreciação normalmente é estimada através de diversos métodos existentes na literatura especializada (BALASTREIRE, 1990).

Os custos de depreciação referem-se aos custos inerentes do processo natural de desvalorização pelo qual passam os ativos, ao longo de sua vida útil. As causas da existência desses custos são a desvalorizações que ocorre com o passar do tempo, em razão do uso, ou pela obsolescência tecnológica, com o surgimento de máquinas mais modernas e eficientes (SPEIDEL, 1966).

Abrigo

Segundo a ASABE (2001), abrigo, ferramentas e equipamentos de manutenção para máquina no campo resultarão em menos consertos e menos deterioração.

A máquina for mantida sob um abrigo, certamente possuirá uma maior vida útil, dada a possibilidade de se executar reparos com qual condição climática e o fato da maior durabilidade das partes da máquina protegida das intempéries (BALASTREIRE, 1990).

Para o cálculo do custo do alojamento costuma-se utilizar um fator de ajuste de 0,75 % do custo inicial da máquina por ano (ASABE, 2001).

Taxas administrativas

Para o cálculo desta taxa utiliza-se um fator de ajuste que varia de 1,0 a 5,0% do custo inicial da máquina, consideram-se os encargos administrativos, um percentual do

valor inicial da máquina, os trabalhos relacionados a escritório e a supervisão das atividades em campo (ASABE, 2001).

Seguros

Os seguros são feitos contra riscos de ocorrência de fatores externos, como incêndios e acidentes, os quais não são possíveis de prever. O valor anual é estabelecido entre 5 a 10% do valor de aquisição da máquina ou equipamento (PAULA, 2011).

3.14. Custos variáveis

Os custos variáveis são aqueles que possuem valores que se alteram em função da produção da empresa (NEVES, 1995), variando, proporcionalmente, pela produção ou uso da máquina, tais como: combustível, lubrificantes, óleo hidráulico, pneus, remuneração de pessoal e manutenção e reparos (ANDREON, 2011).

De acordo com a ASABE (2001), são os custos que são afetados pelas ações da empresa em um período definido de decisão.

Combustíveis

O consumo de combustível é função do tamanho da máquina, potência do motor, condições operacionais, condições ambientais, tipo de combustível (FAO, 1992; ANDREON, 2011).

Os gastos de combustível em uma determinada operação dependem do tipo de combustível utilizado e da carga exercida sobre o motor para determinada operação (BALASTREIRE, 1990).

O cálculo do custo de combustível, segundo a ASABE (2001), é baseado no preço do combustível e dos cálculos das taxas de consumo de combustível das máquinas.

Lubrificação

Os custos de lubrificação referem-se ao consumo de óleos, graxas e outros lubrificantes, sendo que a taxa de consumo varia com o tipo de equipamento, a condição de

funcionamento ambiental, o desígnio do equipamento e o nível de manutenção (ASABE, 2001).

Segundo Lopes (2007) este custo pode ser calculado através de um percentual dos custos com combustíveis, onde, em média, utiliza-se 15% dos custos com combustível (BALASTREIRE, 1990).

Reparos e manutenção

Correspondem aos custos destinados às manutenções e aos reparos das máquinas e equipamentos durante sua vida útil, incluindo a mão de obra e encargos sociais, além das peças de reposição e outros materiais (ASABE, 2001).

Segundo o mesmo autor estes custos tem uma grande variabilidade, sendo assim, difíceis de calcular, em decorrência das condições operacionais, administrativas, programas de manutenção, dos custos locais, etc.

Segundo Hirschfeld (1992), o desgaste é típico dos equipamentos cuja eficiência decresce gradativamente com o tempo ou com o uso, provocando aumento nos custos operacionais e de manutenção.

Mão de obra

Refere-se aos custos com salários diretos mais os custos de benefícios e encargos sociais, como 13º salário, benefícios e encargos sociais (LOPES, 2007; SILVA et al., 2014). Os encargos sociais e benefícios estão diretamente ligados aos custos de salários e se destinam a promover segurança e bem estar social, podendo representar entre 50 e 100% do valor do salário (SILVA et al., 1995).

Segundo a ASABE (2001), o custo de mão de obra é calculado para pagar os operadores e usam taxas salariais comuns em folha de pagamento, incluindo benefícios e impostos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Caracterização da Área de Estudo

Esta pesquisa foi realizada entre os meses de janeiro e fevereiro de 2014. As áreas experimentais foram instaladas no município Itatinga, Estado de São Paulo, com coordenadas geográficas Latitude: 23° 6' 9" S e Longitude: 48° 36' 55" W (Figura 1), com altitude de 826,2 metros.

O clima característico da região, segundo a Köppen e Geiger, é classificado como Cfa, com concentração das chuvas no verão e seca no inverno. Pluviosidade média anual de 1308 mm e temperatura média anual de 19.2 °C.

O relevo da região de estudo era plano e o experimento foi instalado em uma floresta homogênea de *Eucalyptus grandis*, clonal, de primeiro corte, com sete anos de idade.

Inicialmente foi realizado o inventário da área experimental, que possibilitou identificar que havia 1333 árvores por hectare, com DAP (diâmetro à altura do peito) médio de 15 cm, altura média do povoamento de 25,4 m, volume médio com casca de 281,7 m³/ha e o volume médio individual de 0,21 m³.

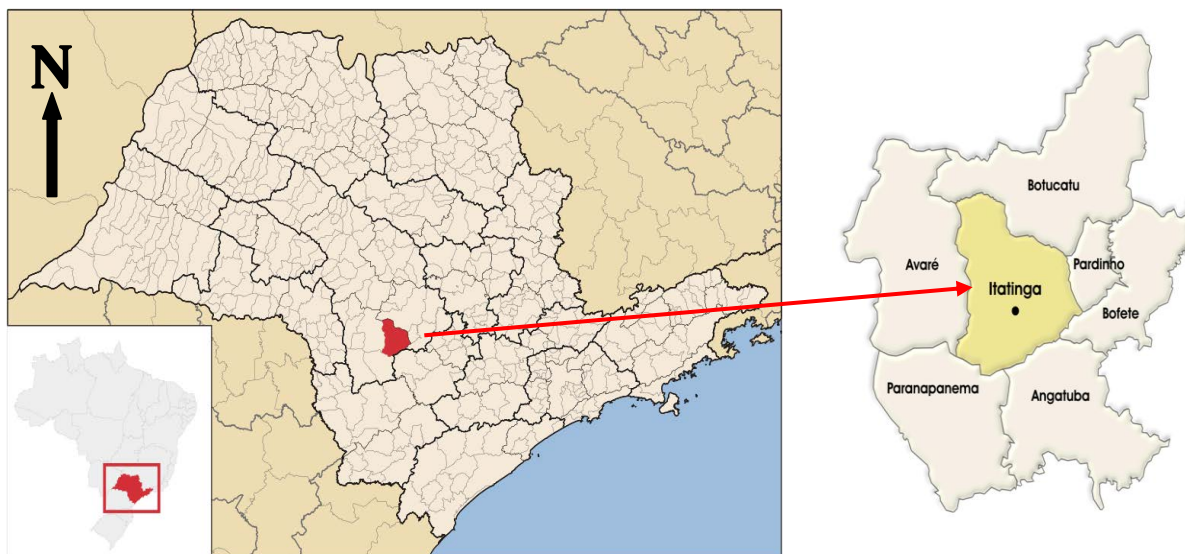


Figura 1: Localização do município onde foi realizado o experimento.

Fonte: mfrural.com.br/cidade/itatinga-sp.aspx (2014)

4.1.2. Área Experimental

A parcela experimental foi instalada em um talhão com área de 23,2 ha. Após a derrubada das árvores e posterior arraste para a margem do talhão, a parcela foi demarcada com dimensões de 80 metros de largura e comprimento equivalente à altura das árvores, em média 25 metros (Figura 2).



Figura 2: Área experimental.

Fonte: *Google earth* modificado (2014)

4.1.2.1. Tratamentos Estudados

Foram instalados na área experimental cinco tratamentos, que se diferenciavam pelo tempo que a madeira permaneceu em campo após a derrubada e arraste das árvores e anteriormente à realização do desgalhamento.

- Tratamento 1: árvores permaneceram 10 dias em campo antes de serem desgalhadas, sendo 5 dias no interior do talhão e 5 dias na bordadura.
- Tratamento 2: árvores permaneceram 20 dias em campo antes de serem desgalhadas, sendo 5 dias no interior do talhão e 15 dias na bordadura.
- Tratamento 3: árvores permaneceram 30 dias em campo antes de serem desgalhadas, sendo 5 dias no interior do talhão e 25 dias na bordadura.
- Tratamento 4: árvores permaneceram 40 dias em campo antes de serem desgalhadas, sendo 5 dias no interior do talhão e 35 dias na bordadura.

- Tratamento 5: árvores permaneceram 50 dias em campo antes de serem desgalhadas, sendo 5 dias no interior do talhão e 45 dias na bordadura.

Cada tratamento possuía 16 metros de largura e aproximadamente 25 metros de comprimento, totalizando uma área de aproximadamente 400 m². Os tratamentos foram subdivididos em quatro eitos de trabalho de quatro metros de largura cada (Figura 3).

Em todos os tratamentos o mesmo operador realizou a operação de desgalhamento, sendo que este operador possuía 3 anos de experiência na colheita florestal e 8 meses de experiência com o desgalhador florestal de discos.

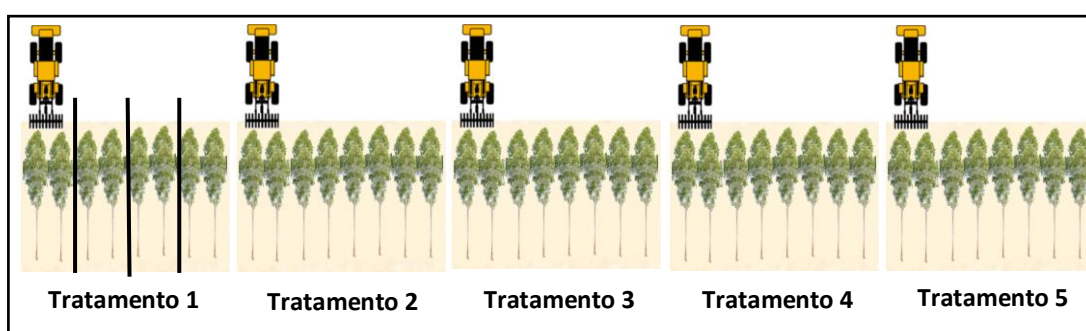


Figura 3: Croqui da área experimental.

4.1.3. Sistema de Colheita da Madeira

O sistema de colheita da madeira utilizado pela empresa foi o “*full tree*” (árvores inteiras), esse sistema é caracterizado pelo corte da madeira, remoção do talhão e processamento em local previamente definido, geralmente, margem do talhão. Na empresa onde foi realizado o experimento o sistema envolvia a derrubada com *Feller Buncher*, extração com *Skidder*, desgalhamento executado com desgalhador florestal de discos, traçamento e empilhamento da madeira efetuado pela Garra Traçadora (Tabela 1).

Tabela 1. Sistema de colheita da madeira utilizado no estudo.

Atividade	Máquina	Especificações
Derrubada	Feller Buncher 	Marca: Jonh Deere Modelo: 903K
Extração	Skidder 	Marca: Jonh Deere Modelo: 848H
Desgalhamento	Desgalhador florestal de discos 	Marca: Volvo Modelo: L120F
Processamento	Garra Traçadora 	Marca: Jonh Deere Modelo: 200DLC

4.1.4. Equipamento e Atividade Estudada

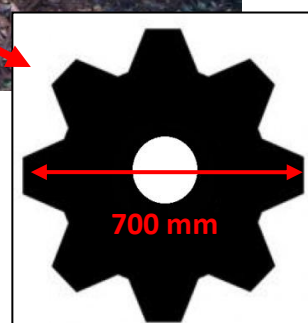
O desgalhador florestal de discos é um equipamento com função de realizar o desgalhamento das árvores. É composto por uma máquina base, com rodados de pneus, equipado com um implemento acoplado ao braço hidráulico da máquina, composto por discos planos recortados (Figuras 4 e 5).



Figura 4: desgalhador florestal de discos.



Figura 5: discos planos recortados.

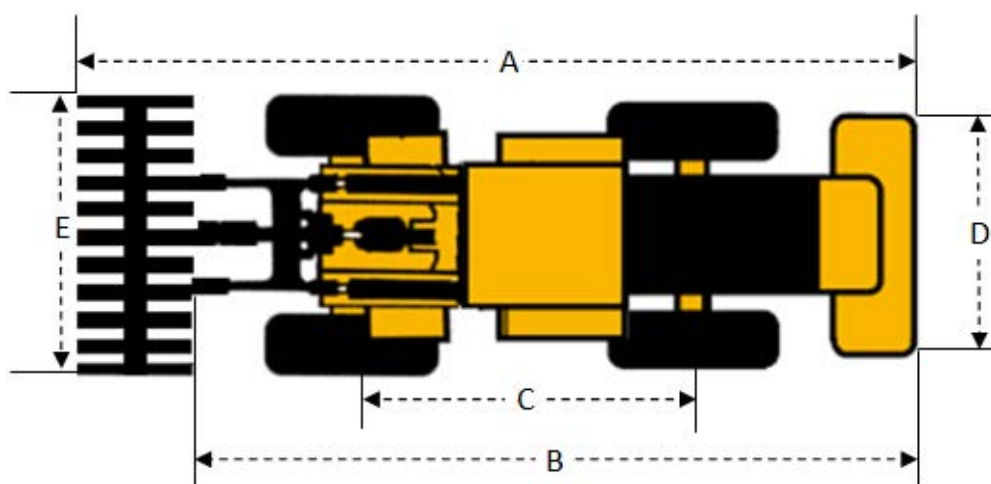


O desgalhador florestal de discos utilizado no estudo era composto pela máquina base sem a estrutura de pá carregadora, com rodados de pneus e dimensões descritas na Tabela 2.

As principais características estão descritas na Tabela 3.

Tabela 2. Dimensões (mm) do desgalhador florestal de discos.

Dimensões				
A	B	C	D	E
8850	6580	3200	2300	4000



Fonte: VOLVO modificado (2013)

Tabela 3. Características da máquina base.

Características técnicas			
Marca	Modelo	Ano de Fabricação	Potencia Nominal (kW)
VOLVO	L120F	2010	180
Motor	Transmissão	Cilindrada (l)	Diâmetro Interno (mm)
VOLVO D7ELAE3	Volvo HTE 204	7.1	150
Características dimensionais e ponderais			
Rodado	Peso Operacional (kg)	Altura (mm)	---
Pneu	21.000	3.370	---
Capacidades de reabastecimento			
Tanque de Combustível (l)	Tanque Hidráulico (l)	Óleo de Transmissão (l)	Óleo do Motor (l)
269	133	38	21

Fonte: VOLVO, 2013

O desgalhamento ocorria com as árvores dispostas na margem do talhão, após serem arrastadas pelo *Skidder*, à máquina se deslocava longitudinalmente aos fustes para realizar a operação (Figura 6).

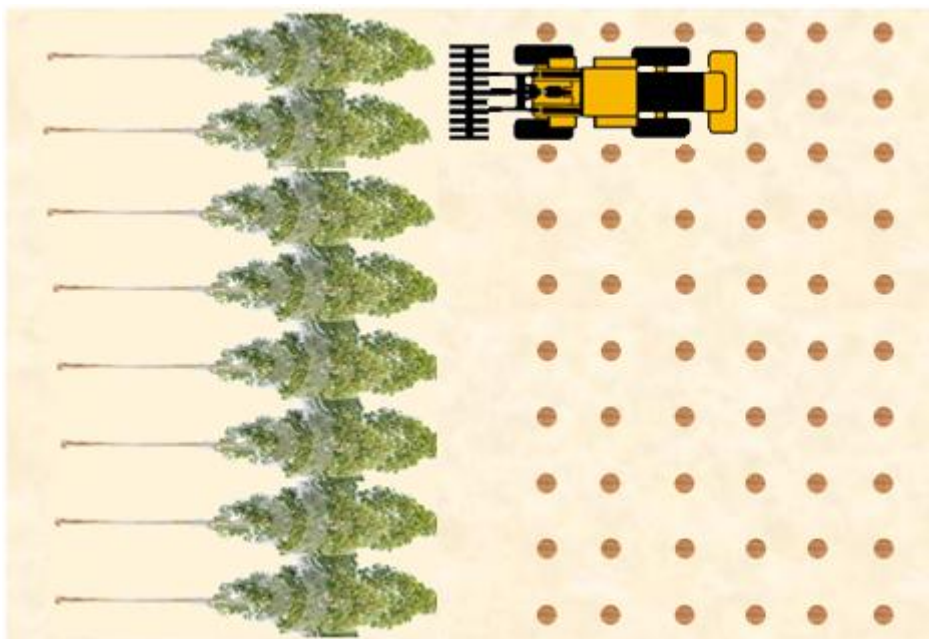


Figura 6: Disposição das árvores no talhão para a realização do desgalhamento.

4.1.5. Análise Técnica

Foi realizado um estudo de tempos e movimentos pela cronometragem de tempo contínuo, que consiste em realizar as medições sem que o cronômetro seja parado, a leitura do cronômetro é efetuada a cada vez que ocorre um ponto de medição, anotando o horário e o nome da atividade parcial concluída em uma planilha (SIMÕES, 2008). O tempo de cada atividade parcial foi calculado através da subtração entre horário em que a atividade terminou e o horário que a mesma se iniciou.

Formulários de campo foram elaborados para realização da coleta de dados, nele eram anotadas informações como os tempos e os movimentos realizados pelo Desgalhador Florestal de Discos, observações necessárias e o número de árvores desgalhadas em cada parcela.

As operações do Desgalhador Florestal de Discos foram divididas em atividades parciais, e estas classificadas em atividades efetivas e atividades gerais. As atividades

efetivas (AE) são caracterizadas por movimentos planejados que ocorrem durante o trabalho da máquina e que resultam em produção. Já as atividades gerais (AG) englobam atividades que não resultam em produção (FENNER, 2002).

4.1.6. Ciclo operacional do Desgalhador Florestal de Discos

As atividades parciais que compõe o ciclo operacional do desgalhador florestal de discos estão descritas na sequência:

Atividades parciais efetivas (AE)

- Deslocamento (DL): tempo despendido em que a máquina movimenta-se sobre a copa das árvores com o implemento erguido, sendo finalizado quando o implemento era abaixado para iniciar a operação de desgalhamento (Figura 7).

-Desgalhamento (DG): tempo despendido para efetuar o desgalhamento das árvores, movimento de marcha ré. Iniciava-se quando o implemento encostava os discos nas árvores derrubadas e era finalizado quando o implemento era elevado e perdia o contato com as árvores (Figura 8).



Figura 7: Atividade parcial deslocar.



Figura 8: Atividade parcial desgalhar.

Atividades parciais gerais (AG)

- Manutenção: tempo despendido para realização de manutenção da máquina ou do implemento florestal.

- Paradas pessoais: tempo despendido para necessidades fisiológicas do operador.

Sendo que durante a coleta de dados não houve nenhuma atividade geral, somente atividades efetivas.

4.2. Métodos

A escolha da área experimental foi realizada seguindo as seguintes características: floresta homogênea, equiana, mesma espécie. O operador da máquina foi o mesmo durante toda coleta de dados.

Os tratamentos se diferenciaram pelo tempo de estocagem da madeira em campo antes de ocorrer à operação de desgalhamento, de um tratamento para o outro foram acrescentados 10 dias de permanência em campo.

O eito de trabalho do desgalhador florestal de discos possuía 4 metros de largura, correspondente a largura do implemento utilizado, ou seja, cada tratamento possuía quatro eitos de trabalho. Em cada eito de trabalho o desgalhador florestal de discos executou a operação de desgalhamento três vezes consecutivas.

Os rendimentos operacionais foram calculados com base nos dados do estudo de tempos e movimentos da máquina estudada e no volume das árvores que compunham os tratamentos.

4.2.1. Rendimento operacional do desgalhador florestal de discos

O rendimento operacional do desgalhador florestal de discos foi obtido por meio do volume de madeira com casca (m^3) e do tempo efetivo consumido para realização da operação.

O volume da madeira foi obtido pela multiplicação do número de árvores desgalhadas em cada tratamento, pois foi contado o número exato de árvores existentes em cada tratamento, pelo volume médio por árvore, sendo o volume médio das árvores obtido através do inventário florestal realizado.

O cálculo do rendimento operacional está representado na Equação 1.

$$R = \frac{v}{t} \quad (1)$$

Onde,

R: rendimento operacional médio (m³/h);

v: volume de madeira com casca desganhado (m³);

t: tempo (h).

4.2.2. Análise de custo

A análise de custo foi realizada pela determinação do custo operacional e de produção do desganhador na operação de desganhamento. Para o cálculo do custo operacional utilizou-se a metodologia proposta pela “American Society of Agricultural and Biological Engineers” (ASABE, 2001) para as condições deste estudo. O custo de produção de cada tratamento foi estimado em reais por metro cúbico (R\$/m³).

Considerando os custos fixos (Depreciação, juros, abrigo, taxas e seguros) e os custos variáveis (combustíveis, reparos e manutenção, lubrificantes, mão de obra).

Para o cálculo dos custos fixos, foi considerado um valor de revenda de 10% do valor inicial da máquina florestal e vida útil de 5 anos.

O valor inicial da máquina florestal inclui o implemento utilizado para realizar o desganhamento mais o valor da máquina base.

Os valores de combustível, das máquinas florestais e da mão de obra foram fornecidos pela empresa onde foi desenvolvido o estudo e são referentes ao mês de janeiro do ano de 2015.

4.2.2.1. Custos fixos

Juros

Para cálculo dos juros foi utilizada a taxa de 10% a.a. De acordo com a ASABE (2001), os juros são calculados pela Equação 2:

$$J = \frac{V_i + V_f}{2 \cdot h} r$$

Onde,

J: custos com juros (R\$/h);

V_i: valor inicial da máquina florestal (R\$);

V_f: valor final da máquina florestal (R\$);

h: hora efetivas de uso anual (h);

r: taxa de juros (%).

Depreciação

O custo de depreciação estimou a perda de valor no decorrer da vida útil da máquina florestal.

O método utilizado para o cálculo do custo de depreciação foi o método de depreciação linear (Equação 3):

$$D = \frac{V_i - V_f}{V_u \cdot h} \quad (3)$$

Onde,

D: depreciação (R\$/h);

V_i: valor inicial da máquina florestal (R\$);

V_f: valor final de revenda ou de sucata da máquina florestal (R\$);

V_u: vida útil em anos (h);

h: horas de uso anual.

Abrigo

O custo de abrigo foi calculado em função do local de armazenamento requerido pela a máquina florestal. Utilizou-se um fator de ajuste (FA) de 0,75% do valor inicial da máquina (Equação 4).

$$Ca = \frac{V_i \cdot FA}{h}$$

Onde,

Ca: custo de abrigo da máquina florestal (R\$/h);

Vi: valor inicial da máquina florestal (R\$);

FA: fator de ajuste;

h: horas de uso por ano.

Taxas administrativas

As taxas administrativas foram calculadas considerando um percentual do valor inicial da máquina. De acordo com a ASABE (2001), o fator de ajuste (FA) foi de 1,0% (Equação 5).

$$T = \frac{Vi \cdot FA}{h} \quad (5)$$

Onde,

T: taxas de administração (R\$/h);

Vi: valor inicial da máquina florestal (R\$);

FA: fator de ajuste;

h: horas de uso por ano (h).

Seguros

Considerou-se um fator de ajuste (FA) de 0,25% do valor inicial da máquina para o cálculo dos seguros (Equação 6).

$$S = \frac{Vi \cdot FA}{h} \quad (6)$$

Onde,

S: custo de seguro da máquina florestal (R\$/h);

Vi: valor inicial da máquina florestal (R\$);

FA: fator de ajuste;

h: horas de uso por ano (h).

4.2.2.2. Custos variáveis

Mão de obra

São custos variáveis, sendo formados pelos custos diretos e indiretos com o operador da máquina, baseados na quantidade de horas trabalhadas.

Foi considerado um fator de ajuste (FA) de 25% proposto pela ASABE (2001), conforme Equação 87.

$$C_{mo} = W \cdot FA \quad (7)$$

Onde,

C_{mo}: custo de mão de obra (R\$/h);

W: salário médio (R\$);

FA: fator de ajuste.

Combustíveis

A estimativa do custo de combustível foi baseada na quantidade de óleo diesel consumido pela máquina, sendo os dados do consumo fornecidos pela empresa onde foi desenvolvido o estudo (Equação 8).

$$C_c = Q_m \cdot P_c \quad (8)$$

Onde,

C_c: custo de combustível por hora (R\$/h);

Q_m: consumo médio de diesel (l/h);

P_c: preço do óleo diesel por litro (R\$).

Lubrificação

É o custo referente ao consumo de óleos lubrificantes e graxas. Conforme metodologia proposta pela ASABE (2001) os custos de lubrificantes foram estimados com fator de ajuste de 15% dos custos do combustível consumido por hora de trabalho (Equação 9).

$$Cl = FA \cdot Cc \quad (9)$$

Onde,

Cl: custo de lubrificação por hora (R\$/h);

FA: fator de ajuste;

Cc: preço de óleo diesel por litro (R\$/l).

Reparos e manutenção

O calculo dos custos de reparos e manutenção das máquinas florestais consideraram o desgaste natural, acidentes, quebras e reparos (Equação 11).

$$C_{rm} = \frac{\left(P \times FR_1 \left(\frac{h + u}{1000} \right)^{FR_2} \right) - \left(P \times FR_1 \left(\frac{h}{1000} \right)^{FR_2} \right)}{u} \quad (11)$$

Onde,

Crm: custo de reparo e manutenção (R\$/h);

P: valor inicial do desganhador florestal de discos (R\$);

FR₁: fator de reparo 1;

h: horas de uso acumulada, até o início do ano em análise (h);

FR₂: fator de reparo 2;

u: horas de uso no ano em análise (h).

4.2.3. Estimativas do custo de desgalhamento

A estimativa do custo da colheita florestal (R\$/m³) foi obtida conforme a Equação 12.

$$C_{cm} = \frac{C_{opMF}}{R} \quad (12)$$

Onde,

C_{cm}: custo de colheita de madeira com casca (R\$/m³);

C_{opMF}: custo operacional da máquina florestal (R\$/h);

R: rendimento (m³/h).

4.2.4. Eficácia do desgalhamento

A eficácia do desgalhamento foi obtida por meio da determinação da massa seca de material remanescente (galhos) nas árvores por hectare (kg/ha), após realizada a operação de desgalhamento nos diferentes tratamentos.

Para determinar a eficácia do desgalhamento nos cinco tratamentos, após ocorrer o desgalhamento, foi realizada a coleta de todos os galhos remanescentes de quatro árvores, uma de cada oito de trabalho (Figura 9). Além disso, antes de ocorrer o desgalhamento foram ainda coletados três discos de quatro árvores de cada tratamento para aferição da umidade em cada um dos tratamentos (figura 10).



Figura 9: Galhos remanescentes coletados dos fustes em função do período de estocagem das árvores

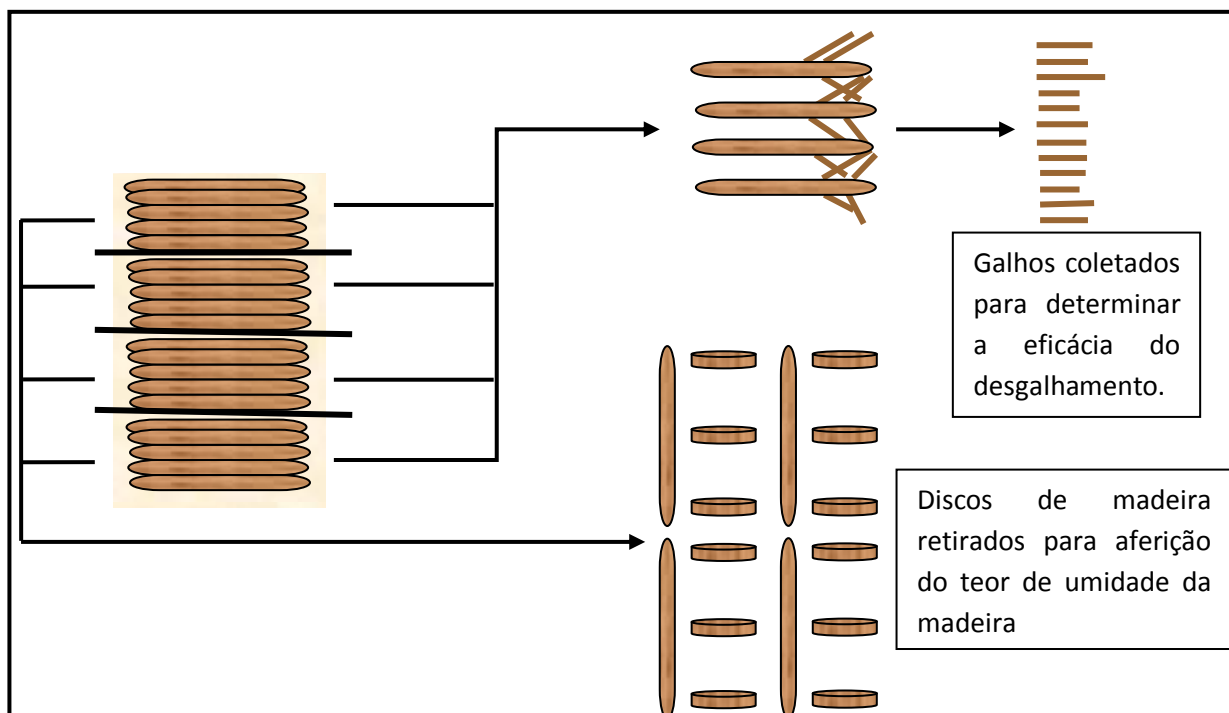


Figura 10: Coleta do material remanescente para cálculo da eficácia e dos discos para aferição da umidade.

Os galhos coletados (figura 12) para determinação da eficácia do desgalhamento foram secos em estufa a uma temperatura de 70°C (+ ou $- 5^{\circ}\text{C}$) até o peso se estabilizar (Figura 11), após estar seco o material foi pesado em balança de precisão, com capacidade de 5 Kg (Figura 13). Assim determinou-se a massa de material remanescente em cada árvore, e multiplicando pelo número de árvores por hectare, encontrou-se a quantidade de material remanescente por hectare.

Sendo que quanto menor a massa de galhos remanescentes por hectare, maior a eficácia do desgalhamento.

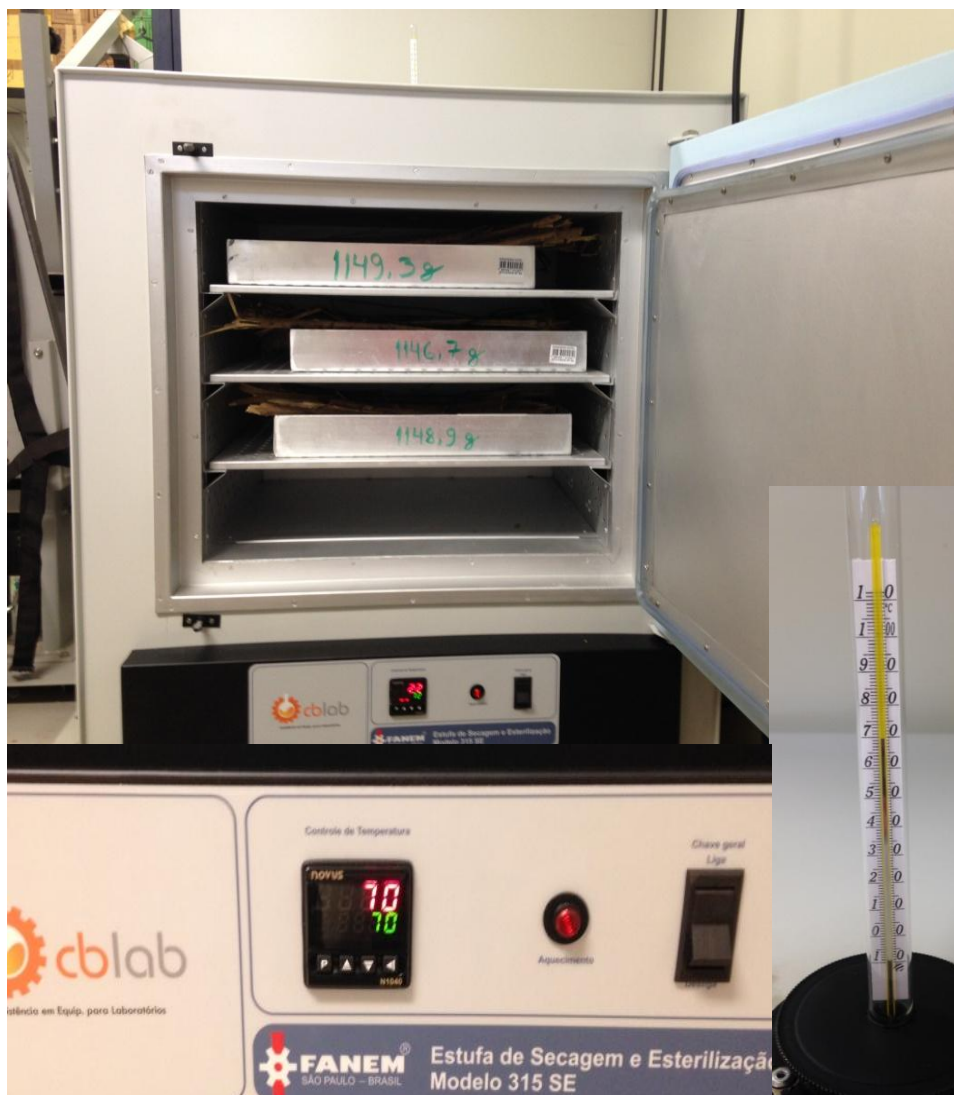


Figura 11: Material sendo seco na estufa a $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



Figura 12: Material preparado para ser pesado.



Figura 13: Balança de precisão

Para aferição da umidade, base seca, da madeira, os discos confeccionados antes de ocorrer o desgalhamento em cada tratamento foram pesados e posteriormente secos em estufa a 70°C (+ ou – 5°C), a umidade foi determinada pela Equação 13.

$$U = \frac{P_i - P_s}{P_s} 100 \quad (13)$$

Onde,

U: teor de umidade da madeira (%);

P_i: peso inicial (g);

P_s: peso seco (g).

Assim foi possível definir o teor de umidade em cada tratamento e alguma possível relação com a operação de desgalhamento.

4.2.5. Análise estatística

Na análise estatística das variáveis, rendimento (m³/h), massa remanescente (kg), custo (R\$/m³) e umidade (%) foram utilizados modelos lineares generalizados com distribuição de probabilidade gama e função de ligação logarítmica (Nelder e Wedderburn, 1972; Diggle et al., 2002), considerando-se o tempo (dias) como fator. A qualidade do ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (deviance). Para comparações entre os tempo foi utilizado foi o teste LSMeans do procedimento genmod do programa SAS (SAS, 2012). E foi realizada correlação entre as variáveis, umidade (%), rendimento (m³/h), massa remanescente (kg) e custo (R\$/m³).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Teor de Umidade da Madeira

O teor de umidade médio da madeira encontrado no talhão onde o estudo foi realizado, logo após a derrubada das árvores, foi de 91%, cujo valor diminuiu conforme o tempo de estocagem no campo das árvores aumentou. Os teores de umidades de cada tratamento no momento do desgalhamento estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Médias (desvio padrão entre parênteses) do teor de umidade da madeira (%) em função do período de estocagem da madeira no campo.

Variável	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Umidade	68,00 a (0,82)	49,00 b (1,41)	42,00 c (0,82)	38,00 d (1,41)	37,00 d (1,41)

Em que Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo LS Means ($p < 0,05$)

Pela análise estatística verificou-se que somente os tratamentos 4 e 5 não diferem estatisticamente entre si, isso porque a umidade da madeira atingiu o equilíbrio aos 40 dias.

Na Figura 14 é possível visualizar uma curva decrescente, onde, à medida que o tempo de permanência da madeira no campo aumentou, o teor de umidade diminuiu, porém, aos 40 dias a madeira atingiu a umidade de equilíbrio e permaneceu constante.

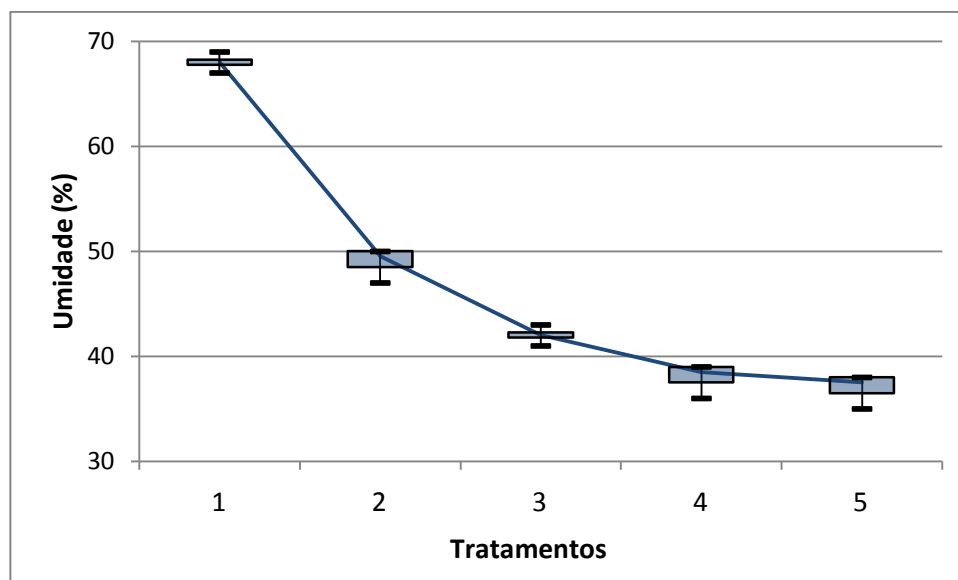


Figura 14: Teor de umidade da madeira nos tratamentos.

Observa-se que a maior perda de umidade ocorreu nos primeiros vinte dias de secagem, tempo semelhante ao relatado por Rezende et al. (2010) que trabalharam com secagem de toras de *Eucalyptus* ao ar livre.

Após 20 dias, a umidade da madeira foi reduzida em 46%, valor próximo à redução de 50% relatada por Ponce e Watai (1985) e a encontrada por Rezende et al. (2010), que foi de 45%.

A umidade de equilíbrio foi alcançada a partir dos 40 dias de secagem, tempo próximo ao encontrado por Rezende et al. (2010), onde, a umidade de equilíbrio foi alcançada a partir dos 50 dias de secagem.

5.2. Análise Técnica

O tempo despendido para a operação do desgalhador florestal de discos foi composto unicamente de atividades efetivas, em todos os tratamentos.

Na Figura 15, são apresentados os percentuais dos tempos das atividades parciais que compõe o ciclo operacional do desgalhador florestal de discos. É possível verificar que a atividade parcial que despendeu maior tempo em todos os tratamentos foi “deslocamento”, que na média representou 55,6% do ciclo operacional. Enquanto a atividade parcial “desgalhamento” representou 44,4% do ciclo operacional.

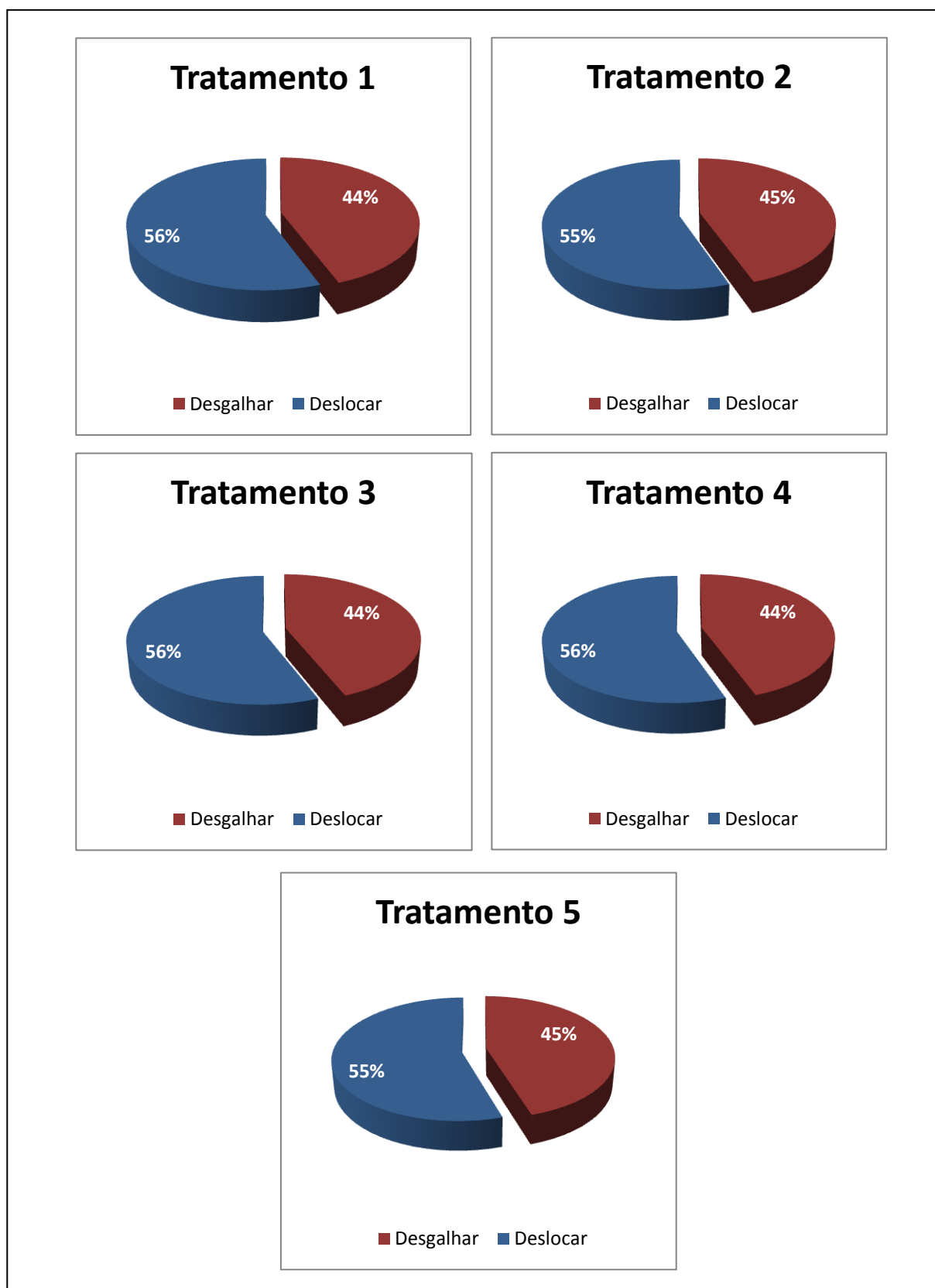


Figura 15: Tempos percentual das atividades parciais do desgalhador florestal de discos nos tratamentos.

Apesar de ser um equipamento desenvolvido para efetuar o desgalhamento, a maior parte do tempo do ciclo operacional é utilizada com a operação de deslocamento, uma alternativa que pode ser estudada para reduzir o tempo de deslocamento, é no momento em que o desgalhador florestal de discos “sobe” nas copas das árvores, já abaixar o implemento e realizar o desgalhamento no movimento para frente e no de marcha ré.

Na Tabela 5 são apresentados os rendimentos operacionais do desgalhador florestal de discos nos diferentes tratamentos. Os rendimentos operacionais efetivos do foram de 641,31 m³/ha no tratamento 1, 669,81 m³/ha no tratamento 2, 633,79 m³/ha no tratamento 3, 606,11 m³/ha no tratamento 4 e 657,22 m³/ha no tratamento 5, com diferença estatística somente do tratamento 4 em relação aos demais.

Tabela 5. Médias (desvio padrão entre parênteses) do rendimento operacional (m³/h) do desgalhador florestal de discos em função do período de estocagem da madeira em campo.

Variável	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Rendimento	649,31 a (27,34)	669,81 a (34,74)	633,79 ab (37,58)	606,11 b (14,4)	657,22 a (34,84)

Em que Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo LS Means (p<0,05)

O rendimento operacional médio do desgalhador florestal de discos foi de 643,34 m³.h⁻¹, valor muito superior quando comparado ao desgalhamento efetuado com motosserra, sistema anteriormente utilizado pela empresa, que segundo Seixas (1986) é de 23,07 m³.h⁻¹.

Na Figura 16 é possível verificar que o tratamento 4 possui rendimento operacional distinto dos demais, o que pode explicar a diferença desse tratamento é a diferença na quantidade de árvores presentes no tratamento.

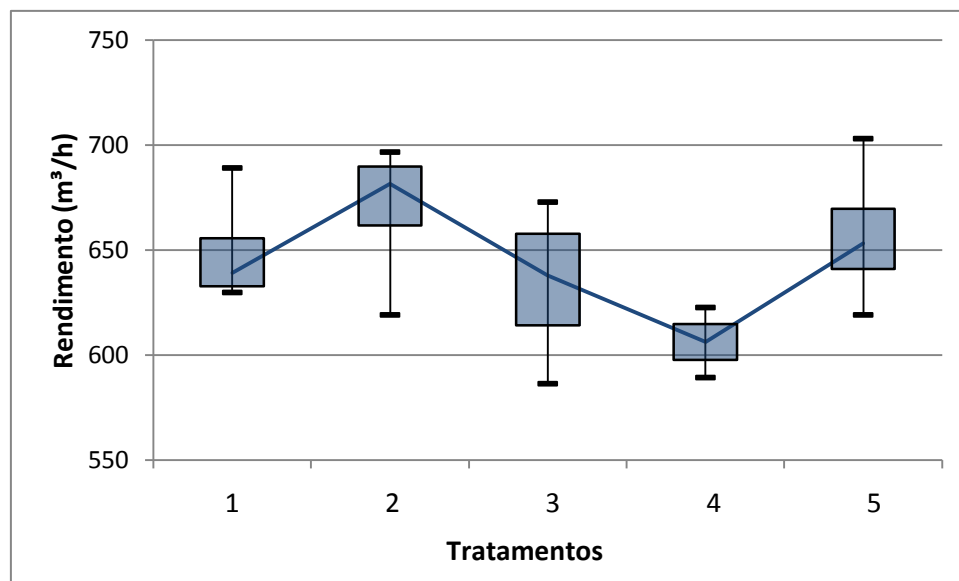


Figura 16: Rendimentos operacionais do desgalhador florestal de discos nos tratamentos.

5.3. Análise de Custos

Na Tabela 6, são apresentados os valores dos custos fixos obtidos para o desgalhador florestal de discos.

Os custos fixos por hora do desgalhador florestal de discos totalizaram R\$ 53,55.

Tabela 6. Custos fixos do desgalhador florestal de discos.

Custos Fixos	R\$/h
Juros	11,55
Depreciação	37,80
Abrigo	1,58
Taxas administrativas	2,10
Seguros	0,52
Total	53,55

Os custos variáveis obtidos para o desgalhador florestal de discos totalizaram R\$ 126,49 por hora.

Na Tabela 7, podem ser observados detalhadamente os custos variáveis do desgalhador florestal de discos.

Tabela 7. Custos variáveis do desgalhador florestal de discos.

Custos Variáveis	R\$/h
Mão de Obra	35,16
Combustível	55,00
Lubrificação	0,41
Reparos e manutenção	35,91
Total	126,49

Diante do somatório dos custos fixos e variáveis, o desgalhador florestal de discos apresentou um custo operacional total de R\$ 180,04 por hora.

Na Tabela 8, são apresentados os custos de produção resultantes dos rendimentos operacionais efetivos desenvolvidos pelo desgalhador florestal de discos nos cinco tratamentos.

Verificou-se que, o custo operacional por hora foi de R\$ 180,04. Considerando a média dos rendimentos operacionais efetivos nos cinco tratamentos, o custo médio de produção resultou em R\$ 0,28 por metro cúbico de madeira desgalhada.

Tabela 8. Médias (desvio padrão entre parênteses) dos custos operacionais (R\$/m³) do desgalhador florestal de discos em função do período de estocagem da madeira em campo.

Variável	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Custo	0,28 a	0,27 a	0,29 ab	0,30 b	0,27 a
	(0,01)	(0,01)	(0,02)	(0,01)	(0,01)

Em que Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo LS Means (p<0,05)

De acordo com a curva encontrada na Figura 17, é possível constatar que a mesma possui uma relação inversa com rendimento operacional e também se observou um custo mais elevado no tratamento 4, e isso é explicado pelo fato desse tratamento possuir um menor rendimento operacional.

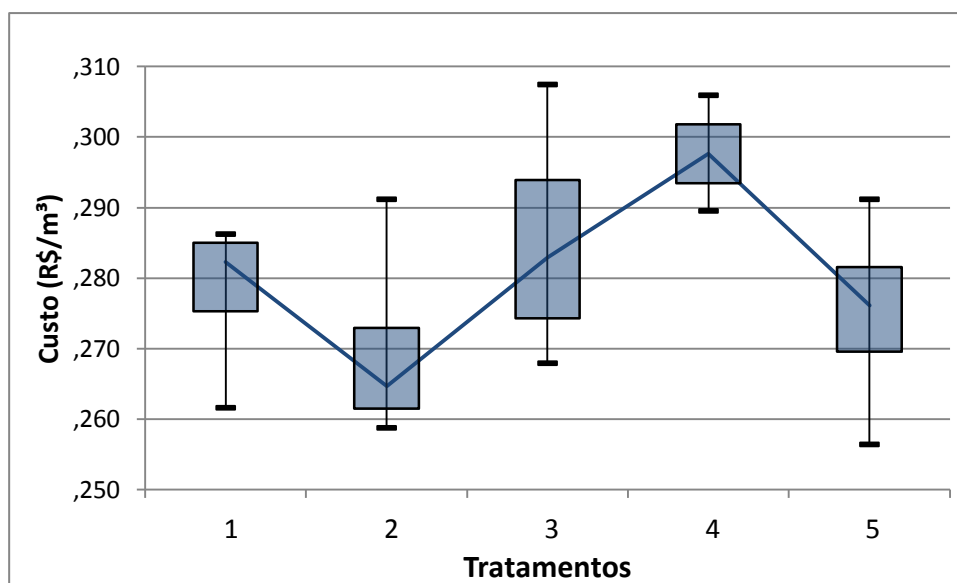


Figura 17: Custos de produção do desgalhador florestal de discos nos tratamentos.

5.4. Eficácia do Desgalhamento

A análise da eficácia do desgalhamento foi realizada de acordo com os parâmetros da empresa onde o estudo foi realizado, maior eficácia da operação se da pela menor massa de galhos remanescentes nas árvores.

Na Tabela 9, são apresentados os valores da massa de galhos remanescentes (kg/ha) nos diferentes tratamentos.

Tabela 9. Médias (desvio padrão entre parênteses) da massa de galhos remanescentes (kg/ha) do desgalhador florestal de discos em função do período de estocagem da madeira em campo.

Variável	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Massa Remanescente	1242,13 a (44,13)	685,33 b (37,68)	441,30 c (19,20)	371,95 d (14,17)	361,90 d (15,32)

Em que Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo LS Means ($p < 0,05$)

Na Figura 18 é possível verificar que a massa de galhos remanescentes diminui conforme aumentou o tempo da madeira no campo, ou seja, a operação possui uma maior eficácia quando a madeira possui menor umidade. Porém verificou-se que não existe diferença estatística entre os tratamentos 4 e 5, pois aos 40 dias (tratamento 4) o teor de umidade já atingiu o ponto de equilíbrio.

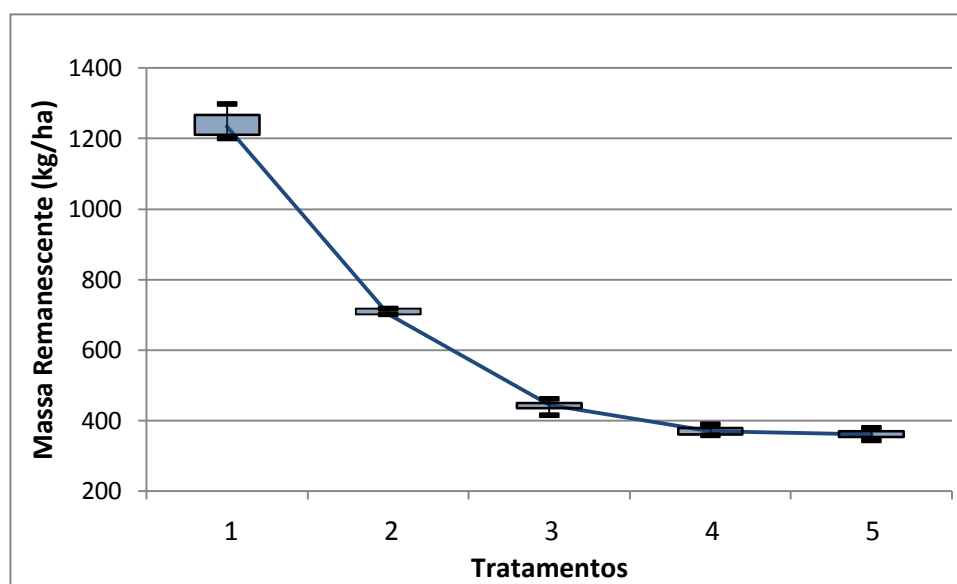


Figura 18: Eficácia do desgalhamento, calculada através da massa de galhos remanescentes por hectare nos tratamentos.

5.5. Correlação entre as variáveis

Na tabela 10 é possível verificar possíveis correlações das variáveis: teor de umidade da madeira, rendimento operacional, massa remanescente e custo.

Tabela 10. Matriz de correlação e (valor p entre parênteses) das variáveis: teor de umidade (%), rendimento (m^3/h), massa remanescente (kg/ha) e custo ($\text{R}\$/\text{m}^3$).

	Umidade	Rendimento	Massa remanescente	Custo
Umidade	-	0,2014 (0,3945)	0,9899 (<0,0001)	-0,2164 (0,3596)
Rendimento	0,2014 (0,3945)	-	0,2677 (0,2539)	-0,9987 (0,0004)
Massa remanescente	0,9899 (<0,0001)	0,2677 (0,2539)	-	-0,2793 (0,2330)
Custo	-0,2164 (0,3596)	-0,9987 (0,0004)	-0,2793 (0,2330)	-

A tabela demonstra que as únicas variáveis que possuem correlação, pois apresentam o valor p menor que 0,05, são massa remanescente (kg/ha) com umidade (%) e rendimento (m^3/h) com o custo ($\text{R}\$/\text{m}^3$),

6. CONCLUSÕES

O teor de umidade da madeira diminuiu com o aumento do tempo de estocagem das árvores em campo, atingindo a umidade de equilíbrio aos 40 dias.

Os rendimentos operacionais e os custos de produção do desganhador florestal de discos não possuem correlação com o teor de umidade da madeira.

Os custos de produção aumentam com a diminuição do rendimento da máquina.

A eficácia do desganhamento aumentou com a diminuição do teor de umidade da madeira, até as árvores atingirem a umidade de equilíbrio.

O período ideal de realização do desganhamento foi em torno dos 40 dias, resultando em menor massa de galhos remanescentes nas árvores.

7. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASABE standards 2001:** machinery, equipment, and buildings: operating costs. Ames, Iowa, USA 2001. 566p. (ASAE D472-3).

ANDREON, B. C. **Análise de custos do corte florestal semi mecanizado em regiões declivosas no sul do Espírito Santo.** 2011. 33 p. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

ARCE, J. E.; MACDONAGH P.; FRIEDL R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, v.28, n. 2, p. 383-391, 2004.

BALASTREIRE, L. A. Máquinas agrícolas. São Paulo: Manoele, 1990. 307 p.

BARNES, R. M. **Motion and time study:** design and measurement of work. 6th ed. New York: John Wiley and Sons, 1968. 799 p.

BEST, C; JENKINS, M. Opportunities for investment: capital markets and sustainable forestry. Washington: The Pacific Forest Trust, 1999. 80 p.

BRIDI, G. L.; FERLIN, V. Melhorias técnicas e vantagens econômicas na atividade de colheita de madeira na Rigesa. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 8., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. P. 49-58.

CARNEIRO, M. C. **Armazenagem e secagem do resíduo industrial do maracujá amarelo.** 2001. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à Teoria Geral da Administração. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

DIGGLE, P.J.; HEAGERTY, P.J.; LIANG, K.Y.; ZEGER, S.L. Analysis of Longitudinal Data. (2nd edition). Oxford: Oxford University Press, 2002.

EDWARDS, W. Estimating farm machinery costs. In: American Society of Agricultural Engineering. In: Proceedings of the international conference on crop harvesting and processing, 2002, Louisville. **Título...**American Society of Agricultural Engineering, 2002. P. 3-29 (ASAE EP7011103).

FAO. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Vol 2, Roma: [s.n.], 1978. 171 p. (Montens, n. 2).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Cost control in forest harvesting and road construction.** Rome, 1992. 99 p.

FENNER, P. T. **Estudo descritivo dos acidentes de trabalho em uma empresa florestal.** 1991. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

FENNER, P. T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira.** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002. 14 p.

FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de "forwarder" e "skidder". **Revista Árvore**, v.31, n.1, p. 71-81, 2007.

FONTES, J. M. **Desenvolvimento de um sistema informatizado para planejamento e controle de manutenção em máquinas florestais: SIPLAM.** Viçosa, MG: UFV, 1996. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

FREITAS, K. E. de, **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada.** 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

GARCIA, C. H.; PIMENTEL-GOMES, F. Forest outlines of Brazil. **Revista da Agricultura**, v. 67, p. 105-107, 1992.

GIBSON, H. G. et. al. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL 1., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte : SIF, 1991. p. 57-75.

GONÇALVES, T. D. **Mapeamento de solos e de produtividade em plantações de Eucalyptus grandis na Estação Experimental de Itatinga, ESALQ, com uso de geoprocessamento**. 2003. 47 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

HARRY, G. G.; FONTES, J. M.; MACHADO, C.C.; SANTOS, S. L. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991.

HIRSCHFELD, H **Engenharia econômica e análise de custos**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 520 p.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Disponível em <http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf> Acesso em: 12 de janeiro de 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. IPEF Notícias. nº215 Maio/Junho de 2012.

JACOVINE, L. A. G.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; MINETTI, L. J. Avaliação da perda de madeira em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.391-400, 2005.

JANKOSWSKY, I. P. Fundamentos de secagem de madeiras. Piracicaba: ESALQ, 1990. 13 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap10.pdf>>. Acesso em 14 de janeiro de 2015.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de Tecnologias Apropriadas às Operações Florestais em Países em Desenvolvimento**, Helsink: Direção Nacional de Educação

Vocacional do Governo da Finlândia. Parte 2. Programa de Treinamento Florestal Publicação, n.9, 1994, 202 p.

LADEIRA, H. **Quatro décadas de Engenharia Florestal no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2002. 207p.

LIMA, A. S.; SANT'ANNA, C. M. Estimativa do custo operacional da colheita de Eucalyptus em sistema de árvore inteira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: SIF, 2001. p. 309-321.

LIMA, J. G. Custos: cálculos, sistemas e análises. São Paulo: Atlas, 1979, 2 ed., 256p.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C.C.(Ed). **Colheita florestal**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008. Cap.2, p.43-65

LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras de trinta e duas cidades do Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 272 – 276, mar./abr. 1995.

LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007, 144p. Tese (Programa em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Exploração florestal**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 1984, v. 3, 60 p.

MACHADO, C.C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1984. 138p.

MACHADO, C. C. Exploração florestal. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 34 p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: Machado, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: Machado, C. C. (Org.). Colheita florestal. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2014. 468p.

MACHADO, C.C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C.C. (Ed). **Colheita florestal**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008. Cap: 1, p.15-42.

MALINOVSKI, R. A. **Programa computacional de simulação para análise de sistemas de colheita de madeira**. 1999. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/ Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná. 1999.

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

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C.C (Ed). Colheita florestal. Viçosa: UFV, 2002, Imprensa Universitária, p. 145-167.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C.C (Ed). **Colheita Florestal** 2 ed. Viçosa: UFV, 2008, Cap: 6 p.161-184.

MARCELINO, F. A. **Análise técnica e econômica da resinagem de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* na região de Manduri, SP. Botucatu**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em 102 Agronomia / Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. 2004.

MELLADO, E. C. E. R. **Modelo de transferência de calor e massa na secagem de madeira serrada de *Pinus***. 2007. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MFRURAL. Disponível em < mfrural.com.br/cidade/itatinga-sp.aspx>. Acesso em 19 dez. 2014.

MILAN, M. Gestão sistêmica e planejamento estratégico. 2005. 100p. Tese (Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MOLIN, J. P.; MILAN, M. Adequação do trator ao implemento e ao tipo de solo (compact disc). In: SEMINÁRIO SOBRE MÉTODOS E EQUIPAMENTOS DE PREPARO DE SOLO PARA O PLANTIO DE FLORESTAS, 1., 2000, Piracicaba. **Resumos...**Piracicaba: IPEF, 2000. p. 9-16.

MOREIRA, F. M. T. O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob a ótica de custos. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1992. p. 161- 170.

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal**. Viçosa: UFV, 1998, 25 p. Monografia (Exigência para conclusão do curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

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.

NELDER, J. A; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society Series A, 135 (3): 370–384. doi:10.2307/2344614, 1972.

NEVES, E. M.; CIDADE, P. F. A.; ESPERANCINI, M. S. T. **Orçamentos de custos de 6 culturas no estado de São Paulo**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 86 p. Relatório de Pesquisa Convênio FEALQ/SRB.

NEVES, S. **Curso moderno de contabilidade**. São Paulo: Lisa, 1995. 657 p.

PAULA, E. N. S. O. **Avaliação técnica, de custos e ambiental de dois modelos de Harvester na colheita florestal**. 2011. 83 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38)

PINHEIRO, G. **Um apelo ao bom senso**: Carta à sociedade brasileira. Disponível em: <http://www.sbef.org.br/carta_sociedade.htm>. Acesso em 11 nov. 2014.

PONCE, R. H.; WATAI, L. T. **Manual de secagem da Madeira**. Brasília: STI/IPT, 1985. 72 p.

REZENDE, J. L. P. de., OLIVEIRA, A. D. de, **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 389 p.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. R.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG. **Cerne**, Lavras, v.16, Suplemento, p. 41-47, jul.2010.

RODRIGUEZ, A. V.; CASTRO, P. F.; DRUMOND G. S. Engenharia industrial aplicada à exploração florestal. In: VII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL. Curitiba. **Anais...** Curitiba UFPR/FUPEF 1992. P. 40-66.

ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de *Eucalyptus* resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional**. 2006. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal**. Piracicaba: IPEF, 1980. (Circular Técnico,88).

SANT'ANA, C. M. Corte. In: MACHADO, C.C. (Ed). Colheita Florestal. 3ed. Viçosa: UFV, 2014. Cap: 3, pag. 74-105.

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

SANTOS, L. S. dos. Mecanização florestal no Brasil. **Revista Madeira**, Curitiba, n. 51. p. 43-44, ago., 2000.

SAS – Statistical analysis system for Windows. release 9.2. Cary, 2012.

SCHNEIDER, P. R. e FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas**. Santa Maria-RS. CEPEF, 2000. 195p.

SEIXAS, F. Planejamento e estudo de sistema de exploração florestal. **IPEF**, Piracicaba, v. 34, p. 25-30, 1986.

SEIXAS, F. As inovações da colheita de madeira. **Revista Opiniões**. jun.- ago. p. 41. 2010.

SEIXAS, F.; BARBOSA, R. F.; RUMMER, R. Tecnologia protege saúde do operador. **Revista da Madeira**, São Paulo, v.14, n. 82, p. 68-73, 2004.

SILVA, C. B.; SANT'ANA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do Feller-Buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Lavras, MG, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

SILVA, J. R.; FENNER, P. T.; CAETANO, A. Avaliação do desempenho operacional de trator florestal Feller-buncher. **Revista de Ciência Agroveterinária**, v.6, n.1, p.29-34. 2007.

SILVA, M. L.; JACOVINE, A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 178 p.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G.M.; CORDEIRO, S.A.; LEITE, E.S. Custos. In: MACHADO, C.C. (Org). **Colheita Florestal**. 3. Ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014, p. 253-287

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

SIQUEIRA, J. D. P. A atividade florestal como um dos instrumentos de desenvolvimento do Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6.6 Campos do Jordão, 1990. Campos do Jordão: SBS; SBEF, 1990.

SOCIEDADE DE INVESTIGAÇÕES FLORESTAIS. Aperam Bioenergia inclui desgalhador florestal em suas atividades. Minas Gerais, 2014. Disponível em: <<http://www.sif.org.br/noticia/aperam-bioenergia-inclui-desgalhador-florestal-em-suas-atividades>> Acesso em: 18 dez. 2014.

SOUZA, A. P. Um estudo de tempo e produção na exploração de povoamentos jovens de Douglas-Fir com motosserra e Skider. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 2, p. 1-26, 1978.

SOUZA, D. O. **Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira**. Curitiba: UFPR/PIBIC/CNPq, 2001. 74 p. Relatório Técnico-Científico Final.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Análise econômico-financeira de projetos, São Paulo, 1998. In: Clemente A. Projetos empresariais e públicos, São Paulo: PUC, 1998. p.144-179.

SPEIDEL, G. **Economia florestal**. Curitiba: UFPR, 1966. p. 167.

STÖHR, G. W. D. Metodologia do custo hora para máquinas florestais. In: Curso de Atualização sobre Sistemas de exploração e transporte florestal, 3., 1981, (Curitiba). **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981.p. 33-44.

STOKES, B. J. Harvesting developments in the South. In: ANNUAL HARDWOOD SYMPOSIUM , 21., 1993, Cashiers. Proceedings... Cashiers : Hardwood Research Councilnl, 1993. p. 59-71.

TANAKA, O. P. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. Informe Agropecuário, n. 141, p. 24-30, 1986.

TORESAN, L. Desempenho e competitividade do setor florestal brasileiro e catarinense. Disponível em: <http://www.icepa.com.br/agroindicadores/opiniao/analise_florestal.htm> Acesso em: 10 dezembro 2014.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNdes**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, dez., 2007.

VOLVO. Carregadeiras de Rodas. Disponível em: <<http://www.volvoce.com/constructionequipment/brazil/brpt/products/wheelloaders/wheelloaders/L120F/Pages/specifications.aspx>>. Acesso em 20 ago. 2013

WADOUSKI, L. H. **Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira.** In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. p. 77-84.

WALDRIGUES, O. M. P. Produtividade no Setor Florestal. UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Disciplina de Ciência do Trabalho Florestal. Curitiba, 1983. 145 p.

WITNEY, B. **Choosing and using farm machines.** Edinburgh: Land Technology, 1988. 412p.

YONEZAWA, J. T. A evolução da colheita mecanizada. **Revista Opiniões.** jun.- ago. p. 41. 2010.