



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ESTEVÃO GIACOMIN ALVES

ANÁLISE COMPARATIVA DA COLHEITA FLORESTAL EM REGIME DE
MANEJO DE ALTO FUSTE E TALHADIA

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2015

ESTEVÃO GIACOMIN ALVES

**ANÁLISE COMPARATIVA DA COLHEITA FLORESTAL EM REGIME DE
MANEJO DE ALTO FUSTE E TALHADIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração em Manejo dos Recursos Florestais.

Orientador: Nilton César Fiedler

Coorientadora: Elzimar de Oliveira Gonçalves

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A474a Alves, Estevão Giacomini, 1991-
Análise comparativa da colheita florestal em regime de alto fuste e talhadia / Estevão Giacomini Alves. – 2015.
70 f. : il.

Orientador: Nilton César Fiedler.

Coorientadores: Elzimar de Oliveira Gonçalves.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Mecanização florestal. 2. Rebrotas. 3. Broto ladrão. 4. Condução da brotação. 5. Produtividade florestal. I. Fiedler, Nilton César. II. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 630

ANÁLISE COMPARATIVA DA COLHEITA FLORESTAL EM REGIMES DE
MANEJO DE ALTO FUSTE E TALHADIA

Estevão Giacomini Alves

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 15 de setembro de 2015.



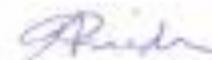
Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral
UFES
Examinador Externo



Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
UFES
Examinador Interno



Prof. Dra. Elizmar de Oliveira Gonçalves
UFES
Coorientadora



Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler
UFES
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus, que me capacitou para mais essa jornada, cuidando e livrando de todo mal.

Aos meus pais, Audebir Alves da Silva e Jucelene Maria Giacomini Alves, que se esforçaram desde sempre dando prioridade para minha educação, me incentivando e cobrando sempre, além do apoio moral, psicológico e financeiro, adiando seus sonhos para que eu vivesse os meus.

Às minhas irmãs, Priscilane e Raquel, pelo amor incondicional, pelas diversas brigas e ensinamentos desde a infância e pelos presentes para o “pobre estudante”.

À toda a minha família, tios, primos e avô pela força e incentivo que as vezes nem entendiam o que realmente estava fazendo, mas nunca deixaram de me apoiar.

Agradeço ao meu orientador Prof. Nilton César Fiedler, pelo acompanhamento na minha trajetória acadêmica, pelos conselhos e conversas, e que acreditou em meu potencial me influenciando para que continuasse meus estudos. À minha co-orientadora Prof^a Elzimar de Oliveira Gonçalves pelas contribuições e melhorias do meu trabalho.

À minha namorada, Chananda, pela enorme paciência, carinho, e pelas marmitinhas que preparou com todo amor para eu levar para a República.

Aos meus amigos de República que me acolheram, em especial Breno Presunto, Filipe Akira, Fernando Coelho e Allan Rocha pelo companheirismo e que fizeram parte mais próximo durante o mestrado.

Aos professores do PPGCF pelas contribuições e ensinamentos, especialmente ao Prof. Gilson Fernandes da Silva e Prof. José Francisco Teixeira do Amaral, que acompanharam e contribuíram para minha pesquisa desde a fase de projeto e por aceitarem meu convite para participação da banca examinadora.

Agradeço à FAPES pela concessão da bolsa de estudo e a empresa FIBRIA pela aceitação do meu projeto e auxílio durante a coleta de dados.

À todas as pessoas que eu conheci em Alegre ou Jerônimo Monteiro, as quais hoje eu posso com muita certeza chamá-los de AMIGOS!

“Não é tão importante ser sério. É importante ser
sério nas coisas importantes.”

R. M. Hutchins

RESUMO

ALVES, Estevão Giacomini. **Análise comparativa da colheita florestal em regime de manejo de alto fuste e talhadia**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES. Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler. Coorientador: Prof^a. Dr^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves.

Nas empresas florestais é comum a discussão que na colheita em regime de manejo de talhadia ocorre perdas na produtividade das máquinas, porém os trabalhos na literatura são muito escassos para comprovar tal afirmação. Objetivou-se no presente trabalho realizar uma análise comparativa da colheita florestal mecanizada em área de regime de manejo de alto fuste e talhadia, analisando os parâmetros técnicos do colhedor florestal (“*harvester*”), juntamente com a influência da brotação lateral para a colheita florestal e os ganhos de produtividade da máquina em diferentes volumes médios por árvore colhida. A pesquisa foi realizada em uma empresa florestal, no município de Aracruz, Espírito Santo. Foram avaliados quatro tratamentos, sendo eles: talhadia com menor produtividade com brotação lateral, talhadia de maior produtividade sem brotação lateral, talhadia de menor produtividade sem brotação lateral, e alto fuste com menor produtividade. Foram utilizadas quatro máquinas do mesmo modelo, com os mesmos operadores, durante quatro dias de trabalho em cada tratamento, sempre no primeiro turno, totalizando 16 repetições em cada tratamento. A comparação das médias foi feita utilizando o teste t, em nível de 5% de probabilidade, bem como análise de *box plot* para verificar a dispersão e assimetria dos dados. De acordo com os resultados, não houve influência da brotação lateral na produtividade das máquinas, porém, a diferença no número de quedas de corrente durante a colheita com brotações laterais é significativa (2,86 vezes maior). Não observou-se diferença entre a produtividade da máquina em regime de manejo de talhadia e alto fuste, contudo, o número de quedas de corrente para a colheita em talhadia é estatisticamente diferente (1,59 vezes maior). O aumento da produtividade do talhão causou aumento na produtividade da máquina, não havendo diferença estatística entre o número de queda de corrente por volume processado em áreas com diferentes produtividades do talhão.

Palavras-chave: mecanização florestal; rebrota; broto ladrão; condução dos brotos; reforma.

ABSTRACT

ALVES, Estevão Giacomini. **Comparative analysis of forest harvesting of tall trees regime and coppice**. 2015. Dissertation (Master of Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES. Advisor: Dr. Nilton Cesar Fiedler. Coadviser: Dr^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves.

In the forestry companies is common the discussion that in the harvest in coppice regime occurs losses in machines productivity, although the works in the literature are very scarce to prove such a claim. The objective of this work was to perform a comparative analysis of mechanized forest harvesting in the area of tall trees and coppice management regime, analyzing the technical parameters of forest lanyard ("harvester"), along with the influence of lateral budding for forest harvesting and machine productivity gains in different average volumes harvested tree. The survey was conducted in a forestry company in the county of Aracruz, Espírito Santo. Four treatments were performed, namely: coppice with lower productivity with lateral budding, coppice higher productivity without lateral budding, coppice lower productivity without lateral budding, and tall trees, with lower productivity. Four machines of the same model were used, with the same operators for four working days in each treatment, always in the first round, a total of 16 repetitions for each treatment. The comparison of means was performed using the t test, at the 5% level of probability and box plot was used for analysis of dispersion and asymmetry of the data. According to the results, there was no influence of lateral sprouting in machine productivity, but the difference in number of chain falls during harvest with side shoots is significant (2.86 times higher). No difference was observed between the productivity of the machine in coppice management regime and tall trees, however, the number of chain falls to harvest coppice is statistically different (1.59 times higher). Increased productivity plot caused an increase in machine productivity, with no statistical difference between the number of a power failure by volume processed in areas with different productivity of the field.

Keywords: Forest mechanization; regrowth; bud thief; conduct of sprouts; reform.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos locais de coleta de dados	27
Tabela 2 - Características técnicas do <i>Harvester</i> Komatsu PC200	28
Tabela 3 - Características técnicas do cabeçote <i>Harvester</i> Komatsu 370E	28
Tabela 4 - Caracterização dos tratamentos.....	29
Tabela 5 - Tempos gastos com manutenções para os tratamentos.....	41
Tabela 6 - Quantificação do número de brotação lateral por cepa pré-colheita	48
Tabela 7 - Quantificação do número de brotação lateral por cepa pós-colheita na linha vizinha	50
Tabela 8 - Médias de produtividade, horas efetivas por queda de corrente (Hef/qc) e número de árvores por queda de corrente (ac/qc) observadas para T1(talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral)	51
Tabela 9 - Médias de produtividade, horas efetivas por queda de corrente (Hef/qc) e número de árvores por queda de corrente (ac/qc) observadas para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).....	55
Tabela 10 - Médias de produtividade, horas efetivamente trabalhadas por queda de corrente (Hef/qc), árvores cortadas por queda de corrente (ac/qc) e volume processado por queda de corrente (m ³ /qc), para T2 (talhadia sem broto lateral maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral menor VMI).	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização espacial dos talhões em estudo no Município de Aracruz, Espírito Santo.....	26
Figura 2 - <i>Harvester</i> de marca Komatsu, modelo PC 200.....	27
Figura 3 - Sequência operacional e alocação das parcelas do inventário da brotação lateral pós-colheita	37
Figura 4 - Caracterização dos tempos operacionais para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).	40
Figura 5 - Percentuais de tempo gasto em cada elemento do ciclo operacional para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).....	42
Figura 6 - Disponibilidade mecânica para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).	44
Figura 7 - Grau de utilização das máquinas para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).	46
Figura 8 - Eficiência operacional das máquinas para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).	47
Figura 9 - Imagem do talhão e da brotação lateral antes da entrada das máquinas. 49	
Figura 10 - Imagem do talhão e da brotação lateral após a entrada das máquinas. 49	
Figura 11 - Produtividade da máquina para observadas para T1(talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).....	51
Figura 12 - Box plot da produtividade para T1(talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).	52
Figura 13 - Box plot para número de horas por queda de corrente (Hef/qc) para T1(talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).	53
Figura 14 - Box plot para números de árvore cortada por queda de corrente (ac/qc) T1(talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).	54

Figura 15 - Produtividade da máquina para para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).	55
Figura 16 - Box plot da produtividade para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).	56
Figura 17 - Box plot para número de horas por queda de corrente (Hef/qc) para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).....	56
Figura 18 - Toco do broto lateral presente mesmo após a roçada manual e colheita	57
Figura 19 - Box plot para números de árvore cortada por queda de corrente (ac/qc) para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).	58
Figura 20 - Produtividade da máquina para para T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral e menor VMI).....	59
Figura 21 - Box plot da produtividade para T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral e menor VMI).	60
Figura 22 - Box plot do volume de madeira processado por queda de corrente (m ³ /qc) para T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral e menor VMI).....	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.1.1 Objetivos específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Gênero <i>Eucalyptus</i>	17
3.2 Regime de manejo de Talhadia e Alto fuste.....	18
3.3 Colheita Florestal	21
3.4 Mecanização Florestal	22
3.5 Colheita florestal com <i>harvester</i>	23
3.6 Fatores que influenciam a produtividade das máquinas	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Caracterizações da área de estudo	26
4.2 Caracterização da máquina avaliada	27
4.3 Coleta de dados	29
4.4 Escolhas das máquinas e operadores	30
4.5 Análise técnica	30
4.5.1 Operações e fases estudadas	30
4.5.2 Disponibilidade mecânica	32
4.5.3 Grau de utilização	33
4.5.4 Eficiência Operacional	33
4.5.5 Produtividade operacional	34
4.5.6 Número de horas efetivamente operadas por queda de corrente.....	34
4.5.7 Números de árvores cortadas por queda de corrente do cabeçote	35
4.6 Análise da influência da brotação lateral para a colheita florestal mecanizada.....	36
4.6.1 Quantificação da brotação lateral	36
4.6.2 Análise da influência da brotação lateral na colheita	37
4.7 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em Alto fuste e Talhadia	38
4.8 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em regime de manejo de talhadia em diferentes classes de produtividade da floresta	38
4.9 Procedimento estatístico	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40

5.2 Análise Técnica.....	40
5.2.1 Operações e fases estudadas	40
5.2.2 Estudos de tempos e movimentos	42
5.2.3 Disponibilidade Mecânica	44
5.2.4 Grau de utilização	45
5.2.5 Eficiência Operacional	46
5.3 Análise da influência do brotação lateral na colheita florestal mecanizada.....	48
5.3.1 Quantificação da brotação lateral	48
5.3.2 Análise da influência da brotação lateral no desempenho da máquina	51
5.4 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em alto fuste e talhadia	54
5.5 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em regime de manejo de talhadia sem broto lateral em diferentes classes de produtividade da floresta	58
6. CONCLUSÕES	63
7. RECOMENDAÇÕES	64
8. REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro representa um importante segmento da economia nacional, com destaque para as florestas plantadas, as quais vem ganhando reconhecimento pela sua importância e contribuição ao desenvolvimento econômico, social e ambiental do país.

Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2015), em 2014, houve um crescimento do setor florestal de 1,7% em relação à 2013. Apesar de modesto se comparado ao crescimento histórico (3,8% a.a.), foi maior do que o crescimento do setor de serviço, agropecuária e da média da economia brasileira.

A atividade florestal representa 1,2% de toda a riqueza gerada no país, sendo responsável pela geração de 610 mil empregos diretos e estima-se que o número de postos de trabalho diretos, indiretos e resultantes do efeito renda da atividade florestal seja da ordem de 4,23 milhões de empregos (IBÁ, 2015).

Grande parte da importância desse setor se deve as espécies do gênero *eucalyptus*, que se consolidaram como importante fonte de suprimento de madeira por apresentarem um ciclo de corte curto e rápido crescimento. Os plantios dessa espécie representam 71,9% do total das áreas plantadas com árvores, totalizando cerca de 5,56 milhões de hectares plantados no Brasil (IBÁ, 2015). Logo, para se ter um sistema de suprimento de madeira eficiente, são necessárias alternativas de formas de colheita e reformas das áreas já implantadas, que levem à sustentabilidade técnica, econômica e ambiental.

Na década de 70 e início dos anos 80, uma das alternativas para a regeneração de povoamentos de *Eucalyptus spp.*, foi a condução da brotação de cepas, conhecido como talhadia (FERRARI; FERREIRA; SILVA, 2004).

Segundo Souza (2011), recentemente, tem crescido o interesse de manejo por talhadia dos povoamentos de eucalipto de maior produtividade. No entanto, poucas referências vêm sendo produzidas sobre o tema pelas instituições de pesquisa e assistência técnica florestal.

Para o manejo de talhadia, é recomendado que seja feita a condução da segunda rotação, de forma que o número de brotos seja equivalente à população original do talhão, ou seja, um broto por cepa, e quando houver uma falha na cepa vizinha, devem ser conduzidos dois brotos por cepa. Deve-se realizar o controle das

brotações laterais, também conhecido como “broto ladrão”, até quatro meses após a desbrota inicial (CENIBRA, S.D.).

São escassas as pesquisas que avaliam, do ponto de vista da colheita florestal, qual o melhor sistema de regeneração. Nas empresas florestais é comum a discussão de que a colheita de talhadia, mesmo quando possui apenas um fuste por cepa é menos viável economicamente, chegando à perda de produção em até 10% no momento do corte. Outra questão é a necessidade da retirada, por meio de roçada manual, das brotações laterais, que podem influenciar negativamente a produtividade das máquinas de colheita florestal.

As atividades de colheita e transporte florestal estão entre as mais importantes quando se considera o custo final do produto, representando cerca de 50% do custo total da madeira posta na indústria (ANDRADE, 1998; MACHADO E LOPES, 2000). A partir disso, se faz necessária uma análise operacional da colheita florestal em regime de alto fuste comparando-as com o regime de talhadia.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar uma análise comparativa das atividades operacionais na colheita florestal em áreas de plantios clonais de *Eucalyptus spp* sob regime de manejo de alto fuste e talhadia.

2.1.1 Objetivos específicos

- Analisar tecnicamente a colheita em áreas de diferentes alternativas de regeneração de povoamentos de *Eucalyptus spp.*, determinando a distribuição dos tempos operacionais, disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade das máquinas.
- Analisar a influência da brotação lateral na colheita florestal mecanizada em regime de manejo de talhadia;
- Analisar comparativamente a colheita florestal em sistema de alto fuste e talhadia;
- Analisar a influência das diferentes produtividades da floresta nos rendimentos operacionais da colheita em regime de talhadia.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* pertence à família *Mirtaceae* e possui mais de 600 espécies além de grande número de variedades e híbridos. Ocorre naturalmente na Austrália, Nova Guiné, Indonésia e Timor (GARCIA; PEREIRA, 2010)

Nenhum gênero foi tão largamente plantado em todo o mundo como o *Eucalyptus*, sendo estimado, que só no Brasil, existem em torno de seis milhões de hectares de eucaliptos plantados (IBÁ, 2015), isto deve-se ao fato da sua grande facilidade de adaptação em diferentes locais, onde suas espécies são consideradas rústicas.

Segundo Souza Junior (2012), a espécie foi introduzida no estado de São Paulo, com o objetivo principal de produzir lenha para as locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (FEPASA). Seus usos são diversos, sendo utilizadas em reflorestamento devido seu rápido crescimento e capacidade de adaptação em diversas regiões e também pelo grande potencial econômico de utilização de sua madeira (PINTO JÚNIOR; GARLIPP, 2008).

Segundo IBÁ (2015), os principais usos do eucalipto são para fabricação de celulose e papel, painéis de madeira reconstituída, pisos laminados, painéis compensados, móveis, demais produtos sólidos de madeira, carvão vegetal e outras biomassas para fins energéticos.

Em território brasileiro, o eucalipto encontrou ótimas condições de clima e solo para se desenvolver, com um índice de produtividade maior que nos demais países, chegando a atingir uma produtividade média de $39 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{ano}^{-1}$ em 2014. Índices, este que se destacam no mercado internacional, se comparado a outros países, onde a produtividade média dos povoamentos é de $23 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{ano}$ na China, $22 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{ano}$ na Austrália e $20 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{ano}$ no Chile. Isso faz com que a área de plantio necessária para abastecer uma planta de celulose de mesmo tamanho, seja menos que a metade do que a área plantada necessária para outros países, chegando em casos de ser 5 vezes menor, como é o caso da Escandinávia (IBÁ, 2015).

No Brasil, especialmente na região sudeste, a espécie de eucalipto que vem se destacando no cenário silvicultural é o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* desde a década de 1980 (BRAGA, 2008).

Grande parte das espécies do gênero *Eucalyptus* e muitas outras espécies arbóreas rebrotam de suas cepas após serem cortadas (HIGA; STURION, 1997). Essa habilidade se deve à presença de gemas dormentes e lignotubérculos na base da árvore de muitas espécies constituindo estruturas de reserva que permitem o desenvolvimento de gemas adventícias (REIS; REIS, 1997).

Segundo Oliveira (2006), a presença de lignotúber é uma característica possivelmente associada à capacidade de resistir ao fogo e facilitar a emissão de brotação, uma vez que espécies procedentes de lugares com maiores precipitações não apresentam essa característica, enquanto que espécies procedentes de regiões secas da Austrália, onde ocorrem incêndios florestais com frequência, possuem lignotúber.

3.2 Regime de manejo de Talhadia e Alto fuste

Segundo Ribeiro et al. (2002), a perpetuação dos povoamentos florestais de eucalipto pode ser feita por meio de três regimes: alto fuste, talhadia simples e talhadia composta.

No sistema de alto fuste, também conhecido como corte/reforma, após o corte raso da floresta, realiza-se o replantio da área (reforma) que normalmente é realizado com a troca de material genético na entrelinha do plantio antigo. No manejo do alto fuste são necessários tratamentos culturais à formação da floresta (preparo do solo, plantio, irrigação, adubação, controle de pragas, doenças e da mato-competição) (IPEF, 2008).

O sistema silvicultural de talhadia simples se caracteriza por ser aquele no qual, após o corte das árvores existentes numa floresta, as gemas dormentes ou adventícias dos tocos e/ou raízes que permaneceram na área se desenvolvem, emitindo brotações que iniciam um novo ciclo florestal, sendo, portanto aplicável apenas às espécies florestais que tenham capacidade de brotar após o corte raso (PANCEL, 1993).

A diferença entre talhadia simples e composta, é que na talhadia simples todo o povoamento é proveniente das brotações que foram emitidas dos tocos do plantio anterior. Já na talhadia composta há uma conjugação dos regimes anteriores (alto-fuste e talhadia simples) no mesmo povoamento. Portanto, é uma composição mista dos dois regimes anteriores (LOUREIRO, 1991). Segundo Troup (1966) e FAO (1989), esse povoamento misto é proveniente tanto da brotação de cepas quanto da germinação de sementes. Atualmente, também pode ser utilizado o plantio clonal da espécie entre o povoamento.

Segundo Matthews (1994), citado por Freitag (2013), a talhadia é o sistema mais antigo manejado pelo homem, existindo desde os tempos da idade do bronze, passando pela idade antiga (gregos e romanos), média (feudos europeus) e contemporânea (Europa e América do Norte), até a substituição energética no início do século 20.

Na década de 60 até o início da década de 80, a opção do uso da talhadia era definida como sistema padrão. No entanto, devido às inúmeras espécies/procedências de *Eucalyptus* utilizadas, à diversidade de sítios edafo-climáticos implantados e aos diferentes níveis tecnológicos de implantação e colheita adotados, a produtividade florestal obtida na segunda rotação mostrou-se extremamente variável, comparativamente àquela obtida na primeira rotação (SIMÕES; BRANDI; LEITE, 1981).

Esta oscilação de produtividade foi, em geral, para menor em função principalmente do aumento do percentual de falhas, levando as empresas florestais verticalizadas, comprometidas com o abastecimento de unidades fabris, a iniciarem um processo de erradicação das cepas e reforma de seus povoamentos (GRAÇA, 1989).

Essa preferência pelo sistema de alto fuste iniciada na década de 80, foi fortemente motivada pela adequação de material genético, onde foram substituídas espécies/procedências de menores produtividades por materiais melhorados, com maiores produtividades e mais adaptados às condições de sítio (STAPE, 1997). Desde então, o sistema de talhadia tem sido pouco utilizado. Outros motivos para o replantio dos povoamentos foram a necessidade de adequação do alinhamento de plantio e da população de plantas por área (GONÇALVES et al., 2014).

Segundo Camargo; Silva; Stape (1997), a opção por reformar ou conduzir a brotação em determinada área, está embasada em critérios técnicos e econômicos, como:

- Necessidade de substituir o material genético atual por outro mais produtivo, melhorado ou adaptado;
- Análise do número de falhas e sobrevivência de cepas, fornecidas pelo Inventário pré-corte e pelo levantamento realizado 60 dias após o corte da floresta;
- Menor relação custo/benefício. A importância desta análise reside no fato de a reforma poder ser até seis vezes mais cara que a condução, porém com expectativas de produção às vezes superiores, podendo viabilizar a substituição da floresta.

O uso da talhadia apresenta como vantagens alta taxa de crescimento inicial da brotação (REIS; REIS, 1997), isso em função de possuir um sistema radicular já estabelecido, que facilita a absorção de água e nutrientes e o uso das reservas que já estão presentes nas cepas e raízes (CACAU et al., 2008). Além disso, há um estímulo ao crescimento promovido pelo desbalanço hormonal, especialmente aquele gerado devido à colheita da planta (REIS; REIS, 1997).

Este regime de manejo possui maior proteção do solo, e redução no custo de produção, pois irá dispensar gastos com mudas, preparo do solo, plantio, dentre outras atividades. Além da questão econômica e ambiental, também apresenta vantagens do ponto de vista operacional, pois com a diminuição das operações, diminui também a necessidade de mão de obra, facilitando para produtores e empresas a regeneração de suas áreas (KLEIN et al., 1997; CAMARGO; SILVA; STAPE, 1997).

É comum o surgimento de um grande número de brotos por cepa, sendo necessário fazer uma operação de condução e retirada dos mesmos, conhecida como desbrota. Segundo a CENIBRA (s.d.), o número de brotos por cepa deve ser equivalente a população original, ou seja, um broto por cepa, e quando houver falhas, na cepa vizinha devem ser conduzidos dois brotos por cepa. Porém, Andrade et al. (1997), testando um novo procedimento de desbrota, recomendou deixar dois brotos por cepa, pois favoreceu acréscimo de 11,6% na produtividade do povoamento.

Atualmente, a maioria dos povoamentos estabelecidos no regime de talhadia são provenientes de materiais genéticos mais produtivos, com plantas de elevado vigor na primeira rotação, podendo apresentar maior potencial de crescimento das brotações (LOPES, 2012).

Para Camargo; Silva; Stape (1997), o desenvolvimento inicial da brotação deve ser visto como novo plantio, com a preocupação com a qualidade da brotação, sendo

que fatores que não seriam tolerados no plantio também não sejam admitidos na condução.

3.3 Colheita Florestal

Machado (2014), definem colheita florestal como o conjunto de operações realizadas no maciço florestal que tem como objetivo preparar e extrair a madeira até o local de transporte, utilizando técnicas e padrões pré-estabelecidos.

De acordo com Conway, citado por Valverde (1995), colheita florestal é definida como “o trabalho executado desde o preparo das árvores para o abate até o transporte para o local de uso final. Dependendo da situação, a operação de colheita envolve também o planejamento da operação, a medição, o recebimento no pátio da indústria e a comercialização da madeira”.

Malinovski; Camargo; Malinovski (2002), expuseram um cronograma da transformação tecnológica de máquinas e equipamentos que influenciam os sistemas de colheita de madeira no Brasil, em que se destacam a chegada das primeiras motosserras na década de 1960, passando por adaptações e modernizações na década subsequente. Segundo Pires (1996), a motosserra foi a máquina que revolucionou a colheita florestal, uma vez que permitiu avanço tecnológico determinante nas operações de corte florestal. De acordo com Sales (1981) e Valverde (1995), a modernização florestal teve início na década de 1970, começando a produzir maquinários leves e guias, para fins florestais.

Fiedler (1995), destaca que as máquinas, em sua maioria, eram importadas ou adaptadas de outras, com custos elevados, exigindo um máximo aproveitamento de suas funções, com execução de forma contínua das tarefas a elas atribuídas, além da necessidade de maior demanda de pesquisas para as suas adequações às condições brasileiras de trabalho.

O mercado brasileiro abriu-se para a importação de máquinas e equipamentos florestais a partir da década de 1990. A mecanização das atividades de colheita e transporte florestal intensificou-se significativamente no decorrer dos anos seguintes (MACHADO, 2014).

A colheita representa a operação final de um ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos de maior valor agregado, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal. A atividade é considerada extremamente relevante, visto ser a mais onerosa em termos de custo de produção, sendo também a atividade que mais sofre o processo de mecanização (MACHADO, 1989).

De acordo com Bagio e Stohr (1978), Rezende; Pereira; Oliveira, (1983), Marques (1994) e Machado e Lopes (2000), as atividades de colheita e transporte de madeira representam 50%, ou mais, dos custos totais da madeira posta na indústria.

3.4 Mecanização Florestal

Bertin (2010), destaca que o corte florestal pode ser realizado de forma mecanizada (“*Harvesters*”, “*Feller-Bunchers*”) ou semi-mecanizada (motoserras).

Devido ao aumento do consumo de produtos de base florestal, a falta de mão de obra no campo aliada ao aumento dos encargos sociais, a abertura do mercado às importações de máquinas e a necessidade de maiores rendimentos operacionais, a mecanização das atividades de colheita florestal tornou-se uma necessidade, buscando aumentar a produtividade e o controle efetivo dos custos (MENDONÇA FILHO, 1987 apud LEITE, 2010).

Para Parise e Malinovski (2002), o principal objetivo da mecanização florestal centra-se na obtenção do menor custo de produção no processo de colheita florestal.

Embora a mecanização não seja a única maneira de racionalizar os trabalhos florestais, esta tem elevado destaque nos esforços para reduzir custos, substituir mão de obra e tornar mais ameno o trabalho florestal (STÖHR; BAGGIO, 1981).

Segundo Machado (2014), além do aumento da produtividade e o controle e redução dos custos de produção, a mecanização também diminui os riscos e acidentes operacionais.

A escolha do tipo de colheita mecanizada deve levar em consideração variáveis como a experiência e habilidade da mão de obra, a espécie florestal, o produto primário, a distância de extração, o transporte, o desempenho das máquinas, o capital requerido e a característica do terreno (CONWAY, 1976; SALMERON, 1980; MACHADO, 1984).

Entre as máquinas mais utilizadas atualmente, encontram-se os feller bunchers e harvester, utilizados no corte florestal, e os skidders e forwarders, usados na extração (LIMA; LEITE, 2014).

3.5 Colheita florestal com *harvester*

O *harvester* é uma máquina autopropelida, constituída por um conjunto motriz de alta mobilidade dentro da floresta e boa estabilidade, um braço hidráulico e um cabeçote processador (AMABILINI,1991). Para Malinovski e Malinovski (1998), a máquina é um trator derrubador, desganhador, descascador, traçador e empilhador. Para os autores, esta é estruturada em base de pneus ou esteira com grua e cabeçote.

O *harvester* é um colhedor florestal, que possui a capacidade de efetuar o processamento da madeira ainda no local de abate (LIMA; LEITE, 2014). É considerado como um dos tratores florestais mais modernos, por possuir um cabeçote que realiza várias funções e opera em condições adversas, elevando a sua aceitação (BURLA, 2008).

Diversas empresas do setor vêm adotando algumas adaptações de cabeçote *harvester* em escavadeiras, que possuem rodados de esteiras, por entenderem que, assim, contribuem para menor compactação do solo (LIMA; LEITE, 2014). Os Tratores Florestais de Esteiras permitem o trabalho em solos que antes não poderiam acessar com equipamentos tradicionais, além de ser, geralmente, equipamentos de maior potência.

Para Seixas e Batista (2014) o fato que impulsiona a utilização dessas adaptações são o menor custo de aquisição e a existência de modelos fabricados no país, o que facilita a assistência técnica e a reposição de peças para uma manutenção rápida e eficiente.

Johansson (1995) concluiu que três modelos de *harvesters* em escavadeiras adaptadas apresentaram produtividades semelhantes às máquinas florestais especializadas (pneus), mas com custos operacionais menores, em virtude do valor de aquisição mais baixo.

Silva (2008) destaca que para a colheita florestal, em áreas planas, no sistema de toras curtas mecanizado, o trator florestal *harvester* é a principal máquina empregada no corte.

Magalhães e Katz (2010), afirmaram que o *harvester* é em média 8,8 vezes mais produtivo que a motosserra.

3.6 Fatores que influenciam a produtividade das máquinas

Bramucci e Seixas (2002), destacam que, na colheita florestal, os sistemas mecanizados são afetados por diversas variáveis que interferem na produtividade das máquinas e equipamentos e, conseqüentemente, no custo final da madeira.

Por trabalhar em regime de campo, a capacidade produtiva das máquinas e equipamentos é fortemente influenciada por um grande número de fatores ambientais e técnicos (BURLA, 2008).

Algumas das variáveis que podem ser mensuráveis e que interferem na produtividade das máquinas, são: a declividade do terreno, a espécie a ser utilizada, o diâmetro da base e dos galhos, a altura e volume individual das árvores, o volume por hectare, o espaçamento adotado, o tipo de intervenção que irá ocorrer, tipo de rebrota, a necessidade de sortimento, a concentração de madeira, a qualidade da atividade anterior, a densidade e qualidade da malha viária, a altura de tocos após operação de corte, a distância média de extração, as dimensões e qualidade do estaleiro, o comprimento da madeira, o tipo de solo e teor de umidade, o tempo da secagem da madeira no campo, a época do ano, a qualidade do planejamento das operações, a pluviosidade, a composição do sub-bosque, o alinhamento do plantio e os danos nas florestas remanescentes (MALINOVSKI E CAMARGO, 2001)

Para Seixas (1998), os principais fatores de influência são: o clima (chuva e ventos), a capacidade de suporte do terreno, topografia, características das árvores quanto ao diâmetro, tamanho dos galhos e da copa, peso e qualidade da madeira. Burla (2008), também destaca que o espaçamento do plantio e a habilidade do operador tem relação direta com a produtividade das máquinas.

Os maquinários utilizados também são considerados variáveis operacionais que podem afligir a produtividade. Ou seja, o estado de desgaste, qualidade das peças

de reposição e os rodados são fatores diretamente relacionados com a capacidade produtiva da máquina (MALINOVSKI; CAMARGO, 2001).

Para um bom planejamento e o sucesso das operações, é importante a determinação e quantificação das variáveis de influência, contribuindo para a otimização dos processos e a viabilidade econômica das atividades de colheita (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). Os autores citam ainda que o conhecimento do comportamento da produtividade das máquinas é importante para o dimensionamento correto dos módulos operacionais.

Santos e Machado (1995); Richardson e Makkonen (1994); Holtzschler e Lanford (1997); Bramucci e Seixas (2002), avaliando o efeito de alguns fatores sobre a produtividade da máquina *harvester*, chegaram à conclusão que a variável que mais afetou a produtividade foi o volume médio individual das árvores.

Outro fator que apresenta grande influência direta na produtividade das máquinas é a declividade do terreno. Simões e Fenner (2010) avaliando a influência do relevo na produtividade e nos custos de um *harvester* de esteiras, concluíram que, com o aumento da declividade, houve acréscimo no tempo do ciclo operacional e redução na produtividade. Burla (2008), avaliando a colheita de eucalipto, concluiu que não foi possível operar em terrenos com declividades superiores a 25 graus.

Moraes (2012) analisando a influência do treinamento dos operadores de máquinas empregadas na colheita florestal, afirma que o treinamento se trata de uma ferramenta imprescindível para se formar um trabalhador capaz de entender os processos envolvidos na atividade. Richardson e Makkonen (1994) ressaltam a importância do treinamento e relatam que quanto maior o tempo de experiência do operador, maiores produtividades serão alcançadas.

Sendo assim, a colheita florestal mecanizada é complexa, uma vez que é difícil controlar o grande número de variáveis oriundas de fatores técnicos, econômicos, ambientais e ergonômicos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

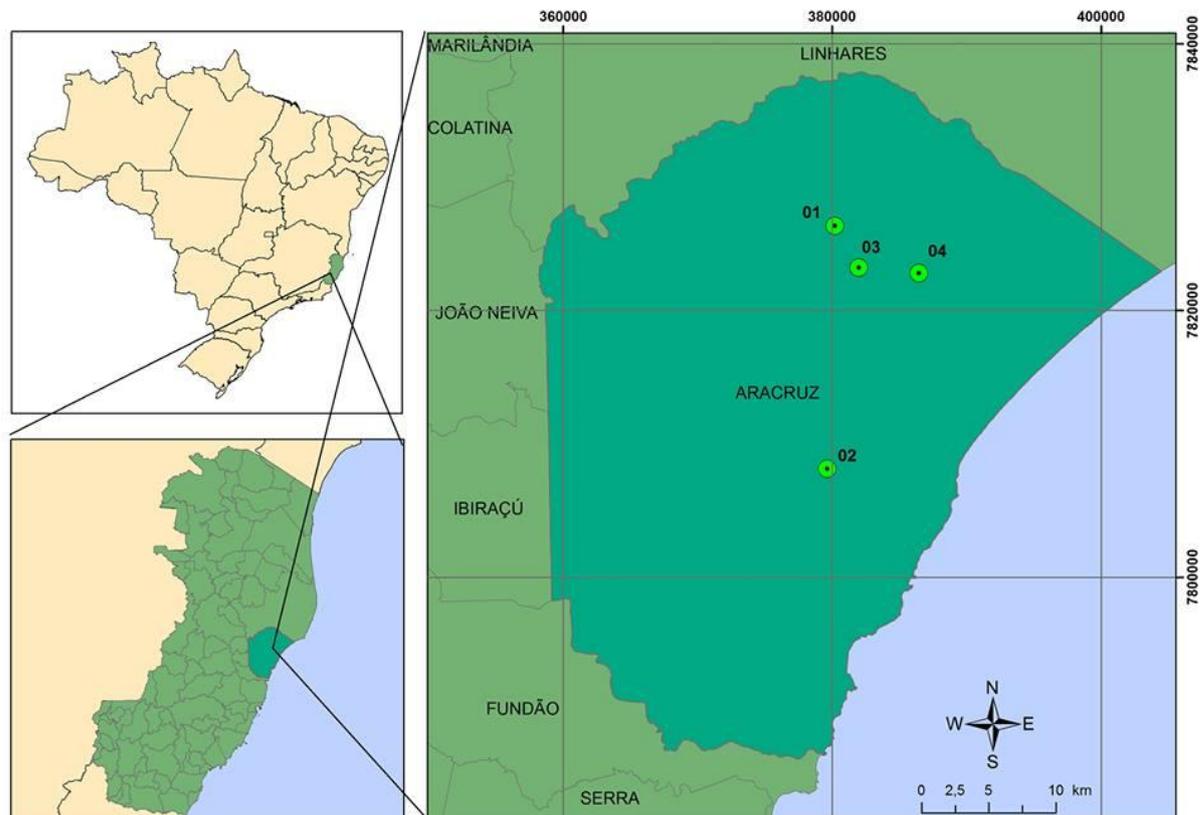
4.1 Caracterizações da área de estudo

A pesquisa foi realizada em áreas de plantios clonais de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* localizadas no município de Aracruz, com espaçamento de plantio de 3 x 3 metros e idade média de corte de cinco anos.

O relevo é caracterizado como plano à suave ondulado, clima tropical úmido, precipitação média anual de 1160 mm, sendo o período chuvoso de outubro a dezembro e o período seco de julho a setembro (INMET, 2015). As temperaturas absolutas máximas e mínimas chegam à 38 e 10°C, respectivamente.

A Figura 1 ilustra os locais de coleta para os diferentes tratamentos, no município de Aracruz, Espírito Santo.

Figura 1 - Localização espacial dos talhões em estudo no Município de Aracruz, Espírito Santo.



Fonte: O autor.

As coordenadas dos locais de coleta dos tratamentos podem ser observadas conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos locais de coleta de dados

	Longitude	Latitude
Tratamento 1 (T1)	40° 08' 34" Oeste	19° 39' 17" Sul
Tratamento 2 (T2)	40° 08' 58" Oeste	19° 49' 09" Sul
Tratamento 3 (T3)	40° 07' 33" Oeste	19° 40' 59" Sul
Tratamento 4 (T4)	40° 05' 00" Oeste	19° 41' 13" Sul

4.2 Caracterização da máquina avaliada

A análise foi realizada com colhedor florestal (*harvester*) da marca Komatsu, modelo PC200. A Figura 2 ilustra o modelo de *harvester* utilizado no estudo.

Figura 2 - *Harvester* de marca Komatsu, modelo PC 200.



Fonte: Komatsu (2014).

Na Tabela 2 são descritas as principais características técnicas do modelo de *harvester* que foi utilizado na pesquisa.

Tabela 2 – Características técnicas do *Harvester* Komatsu PC200

Item	Característica
Modelo	Escavadeira Hidráulica PC200
Marca	<i>Komatsu</i>
Rotação da cabine	360°
Peso (kg)	21.000
Motor	E-1 de seis cilindros, turbo alimentado com <i>aftercooler</i> , quatro tempos, arrefecido a água, injeção direta e 2.000 rpm.
Potência motor (HP)	155
Velocidade máxima (km/h)	5,5
Alcance do braço (m)	9,38
Rodados	Esteiras com armação central em “X”

Fonte: Komatsu (2014).

Na Tabela 3 é caracterizado a especificação técnica do cabeçote de corte e processamento do *harvester* que foi analisado na pesquisa.

Tabela 3 - Características técnicas do cabeçote *Harvester* Komatsu 370E

Item	Característica
Modelo	370 E
Marca	<i>Komatsu</i>
Peso (kg)	1.600
Pressão hidráulica máxima (MPa)	28
Número de facas desganhadoras	6
Sabre (cm)	82,5
Tipo de rolo de alimentação	Aço ou borracha antiderrapante
Força de alimentação bruta (kN)	30,8
Diâmetro de corte (mm)	700
Tipo de corte	Sabre com corrente
Diâmetro de corte (cm)	35

Fonte: Komatsu (2014).

4.3 Coleta de dados

Os dados foram obtidos com a utilização do banco de dados fornecido pela empresa e por coleta de campo em quatro etapas durante o período de dezembro de 2014 a junho de 2015.

A seleção dos talhões foi realizada de acordo com um inventário pré-corte, disponibilizado pela própria empresa, sendo pré selecionados de acordo com as seguintes características pré-estabelecidas:

- Volume médio individual (VMI);
- Produção de madeira total, para que suportassem as máquinas durante todos os dias da coleta, a fim de não faltar frente de serviço para as mesmas;

Posteriormente foram realizadas expedições a campo, com intuito de avaliar as condições do talhão, onde foi observado se apresentavam volume médio individual homogêneo em todo talhão, com proximidade de uma planta para outra, também se não possuíam concentrações de falhas, onde apresentaria reboleiras sem árvores para serem colhidas ou áreas que passaram por algum distúrbio durante o plantio, como: ataque de pragas, doenças, alagamentos, incêndios, entre outros.

As caracterizações dos tratamentos avaliados na pesquisa são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização dos tratamentos

	Regime	VMI sc (m³)
T1	Talhadia com broto lateral	0,14
T2	Talhadia sem broto lateral	0,20
T3	Talhadia sem broto lateral	0,12
T4	Alto fuste	0,12

De acordo com a tabela 4, os tratamentos 1, 2 e 3 são advindos de sistema de talhadia, porém somente o tratamento 1 apresenta brotação lateral. O tratamento 4 é advindo de sistema de alto fuste, conseqüentemente, não apresenta brotação.

4.4 Escolhas das máquinas e operadores

A empresa opera em dois turnos de trabalho, sendo que foram analisados somente os dados do primeiro turno (6:06 h às 15:18 h).

Para escolha do operador, foi analisado o banco de dados da empresa, que trabalha com três classes de operadores. Sendo assim, foram escolhidos quatro operadores da mesma classe, por possuírem produtividades semelhantes, com metas e obrigações diárias iguais.

A empresa possui também três equipes, que se revezam em turnos de trabalho. Sendo assim, foram selecionados operadores dentro da mesma equipe de trabalho, que sempre atuam no mesmo turno.

Cada operador trabalhou sempre na mesma máquina, logo, escolhendo os quatro operadores, conseqüentemente, selecionou-se também as quatro máquinas do experimento. Assim, para todos os tratamentos foram utilizados o mesmo conjunto máquina/operador, sendo que foram coletados dados durante quatro dias em cada tratamento, totalizando assim 16 repetições por tratamento.

4.5 Análise técnica

4.5.1 Operações e fases estudadas

Coletou-se os dados por meio de um estudo de tempos e movimentos, caracterizado pelo método de tempos contínuos com uso de cronômetro digital e formulário para registro dos dados, proposto por Barnes (1977). O acompanhamento das operações e fases foi *in loco*, conforme o andamento normal das atividades na empresa, sem qualquer interferência.

Para a avaliação do estudo de desempenho operacional, foram analisadas as quatro máquinas *harvester*, previamente escolhidas, durante os dias de coleta no primeiro turno. Desse modo, dividiu-se os tempos gastos durante a jornada de trabalho em 5 categorias, conforme quadro 01:

Quadro 01 – Distribuição dos tempos das máquinas na colheita florestal

Tempos operacionais	Caracterização
Tempo Acessório (TAc):	Funções obrigatórias, porém não diretamente relacionadas com a operação, como paradas pessoais, paradas por decisões gerenciais;
Tempo Auxiliar (TA)	Funções que obrigatoriamente são exigidas pela operação, sem as quais essa não ocorreria (abastecimento, lavagem);
Tempo Improdutivo (TI)	Máquina está disponível para a operação, porém não está sendo utilizada (aguardando peças e ou mecânicos);
Tempo em Manutenção (TM):	Manutenção preventiva ou corretiva da máquina (considerado o tempo gasto para manutenção da máquina base e implementos);
Tempo Produtivo (TP):	Operação efetiva de colheita florestal (abate, processamento e embandeiramento para o <i>harvester</i>).

Fonte: Carmo (2013).

4.5.1.1 Estudos de tempos e movimentos no corte

Os elementos do ciclo de trabalho foram registrados em formulários específicos. O ciclo operacional foi subdividido nas seguintes fases, conforme proposto por Robert (2013):

(1) Deslocamento da Máquina: movimentação da máquina em direção à próxima árvore a ser derrubada, se encerrando com o começo da movimentação do cabeçote.

(2) Movimentação do cabeçote: movimentação somente do cabeçote em direção à próxima árvore, até o encaixe na árvore.

(3) Abate: tempo gasto após o fechamento das garras do cabeçote na árvore até o momento da derrubada completa da mesma.

(4) Processamento: ações de desgalhar a árvore, descascar e seccionar a árvore em toretes, bem como a ação de simples passada do rolo pelo cabeçote.

(5) Descarte e apoio para pilha: consistiu no uso do cabeçote para retirada de resíduos do corte e para realizar o “travesseiro” ou suporte para pilha.

(6) Recuperação: consistiu em casos em que o operador derrubava várias árvores e depois as processava simultaneamente, ou quando por alguma razão soltava a árvore após a derrubada.

(7) Interrupções: fatores operacionais ou não operacionais diversos como parada para alimentação, hidratação, manutenção corretiva ou preventiva, abastecimento da máquina, chuva, necessidades pessoais, dentre outros.

4.5.2 Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica refere-se ao percentual da jornada de trabalho em que a máquina se encontra mecanicamente apta para execução de suas funções, ou seja, baseia-se em um horizonte planejado desconsiderando o tempo em que ela está em manutenção (FONTES; MACHADO, 2008). O cálculo é obtido pela equação 1.

$$DM = \frac{HT - HM}{HT} \times 100 \quad (1)$$

em que:

DM = disponibilidade mecânica (%);

HT = tempo total de trabalho (h); e

HM = tempo em manutenção (h).

4.5.3 Grau de utilização

Considerou-se como a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado pela máquina, expresso pela equação 2:

$$GU = \frac{he}{(he + hp)} \times 100 \quad (2)$$

em que:

GU = Grau de utilização (%);

he = Horas efetivas de trabalho (h); e

hp = Horas paradas operacionais (h).

4.5.4 Eficiência Operacional

A eficiência operacional expressa a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado. Refere-se à execução das atividades em relação ao total programado para o trabalho (VASCONCELLOS; CANEN; LINS, 2006), sendo calculada pela equação 3.

$$EOp = \frac{Tef}{T} \times 100 \quad (3)$$

em que:

E_{Op} = eficiência operacional (%);

T_{ef} = Tempo efetivo (h);

T = tempo total (h).

4.5.5 Produtividade operacional

A produtividade expressa uma razão entre a área total abrangida pela atividade em questão e o tempo efetivo de trabalho (he), o qual é representado pelo número total de horas descontando-se as interrupções mecânicas ou operacionais que venham a ocorrer (equação 4).

$$P = \frac{n * VMI}{T_{ef}} \quad (4)$$

em que:

P = produtividade (m³.he⁻¹);

n = número de árvores cortadas (un);

VMI = volume médio individual (m³); e

T_{ef} = tempo efetivo de trabalho (he).

4.5.6 Número de horas efetivamente operadas por queda de corrente

O número de horas efetivamente operadas por queda de corrente é expressa pela equação 5:

$$Hef/qc = \frac{Hef}{QC} \quad (5)$$

em que:

Hef/qc = número de horas efetivamente operada por queda de corrente ($h.un^{-1}$);

Hef = somatório de horas efetivamente operada (h);

QC = somatório de queda de corrente (un).

4.5.7 Número de árvores cortadas por queda de corrente do cabeçote

O número de árvores cortadas por queda de corrente é expressa pela equação 6:

$$ac/qc = \frac{AC}{QC} \quad (6)$$

em que:

ac/qc = número de árvores cortadas por queda de corrente;

AC = somatório de árvores cortadas;

QC = somatório de queda de corrente.

4.6 Análise da influência da brotação lateral para a colheita florestal mecanizada

4.6.1 Quantificação da brotação lateral

Segundo relatos da empresa, a brotação lateral, chamada pelos técnicos da empresa como “broto ladrão”, é considerada um problema, uma vez que pode influenciar na produtividade das máquinas, dependendo da experiência do operador, e também na quantidade de vezes que a corrente sai do sabre, ocasionando uma parada para manutenção e reposição da corrente para continuidade da operação. Tal fato ocorre devido ao movimento do sabre no momento do abate da árvore, em que, ao cortar o tronco da árvore, corta-se também as brotações laterais existentes na cepa, mas ao retornar à posição original, a corrente prende-se à brotação lateral, retirando-a do sabre.

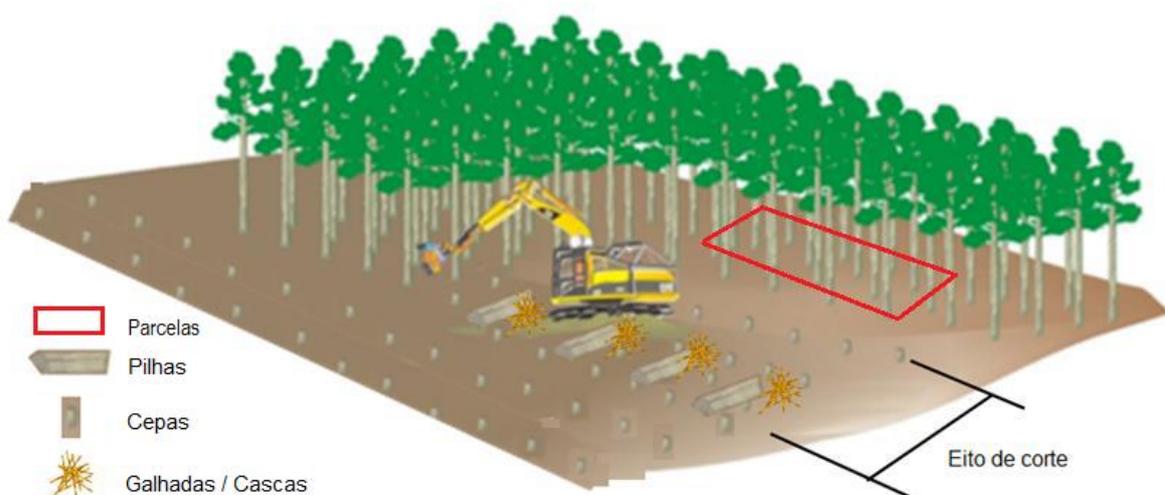
Sendo assim, foi realizado um inventário pré-corte, a fim de quantificar a emissão de brotações indesejáveis existentes no povoamento. Tais brotações se regeneraram mesmo após a realização da desbrota, que é feita durante o manejo de talhadia e no momento da colheita não são aproveitados e acabam sendo descartados.

O inventário foi realizado em parcelas e somente no tratamento 1, onde a emissão das brotações laterais não havia sido tratada ou retirada, anteriormente. Sendo assim, foi realizado o inventário em parcelas antes da colheita. Cada parcela possuiu 21 metros de comprimento por 12 metros de largura (252 m²), e foram avaliadas 12 parcelas distribuídas pelo talhão.

Foi visualizado no momento da derrubada e processamento das árvores, que a mesma era abatida em direção às outras árvores das linhas vizinhas, que seriam abatidas na próxima passagem da máquina. Com o movimento da queda e do processamento, muitas vezes o fuste principal se chocava com a brotação lateral de árvores vizinhas, fazendo com que elas muitas vezes se quebrassem, ocorrendo assim a retirada dessas brotações laterais existentes.

Sendo assim, se fez necessário um inventário de quantificação da brotação lateral também durante a colheita, realizando parcelas de mesmo tamanho do inventário pré-corte, em áreas vizinhas ao eito de corte (Figura 3), que foram afetadas pela queda das árvores da colheita do eito anterior. Esse inventário visou quantificar as brotações laterais e verificar se houve diminuição após a queda das árvores, seguindo a mesma metodologia do inventário pré-corte

Figura 3 - Sequência operacional e alocação das parcelas do inventário da brotação lateral pós-colheita



Fonte: Adaptado de Simões (2008).

4.6.2 Análise da influência da brotação lateral na colheita

Para análise isoladamente da influência que a brotação lateral causa para a colheita florestal mecanizada, foram comparadas as médias do tratamento 1 com as médias obtidas no tratamento 3, uma vez que é encontrado homogeneidade em suas características, ou seja, ambos advêm de regime de manejo por talhadia, de mesmo espaçamento, na mesma classe de VMI, conseqüentemente a mesma produtividade nos talhões. O que diferiu o tratamento 1 do tratamento 3 é justamente a existência da brotação lateral, em que o tratamento 1 possui brotação lateral e para o tratamento 3 foi realizada a roçada manual do talhão previamente antes da entrada das máquinas para a colheita.

4.7 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em Alto fuste e Talhadia

Para comparar a colheita florestal em diferentes regimes, foi analisado médias do tratamento 3 e tratamento 4, em que foram escolhidos talhões que apresentavam a mesma classe produtiva, com VMI considerados iguais, mesmo espaçamento de plantio, ambos em terrenos planos, só diferenciando pela forma como o povoamento foi conduzido após a colheita anterior, em que o tratamento 3 é advindo de condução de cepas (talhadia) e o tratamento 4 é advindo de reforma do povoamento (alto fuste).

4.8 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em regime de manejo de talhadia em diferentes classes de produtividade da floresta

Para comparar a colheita florestal em diferentes classes de produtividade do talhão, foram avaliados as médias do tratamento 2 com as do tratamento 3, onde foram selecionados talhões de regime de manejo de talhadia, ambos sem a existência de brotação lateral, com o mesmo espaçamento, em terrenos planos, diferindo apenas o VMI da população, e conseqüentemente o volume por área.

4.9 Procedimento estatístico

Foram observadas as pressuposições do teste de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variância dos dados pelo teste de Barlett referentes às características avaliadas. A comparação de médias foi feita utilizando-se o teste de t, em nível de 5% de probabilidade, utilizando o pacote ExpDes do software R 2.13.1 (Ferreira et al., 2011).

Na representação dos resultados foram utilizados gráficos “box plot”, metodologia que permite análise exploratória dos dados por meio da assimetria e da

discrepância dos dados em torno da média e também permite a visualização dos agrupamentos em cada tratamento sendo apresentados os valores de mediana, primeiro e terceiro quartil.

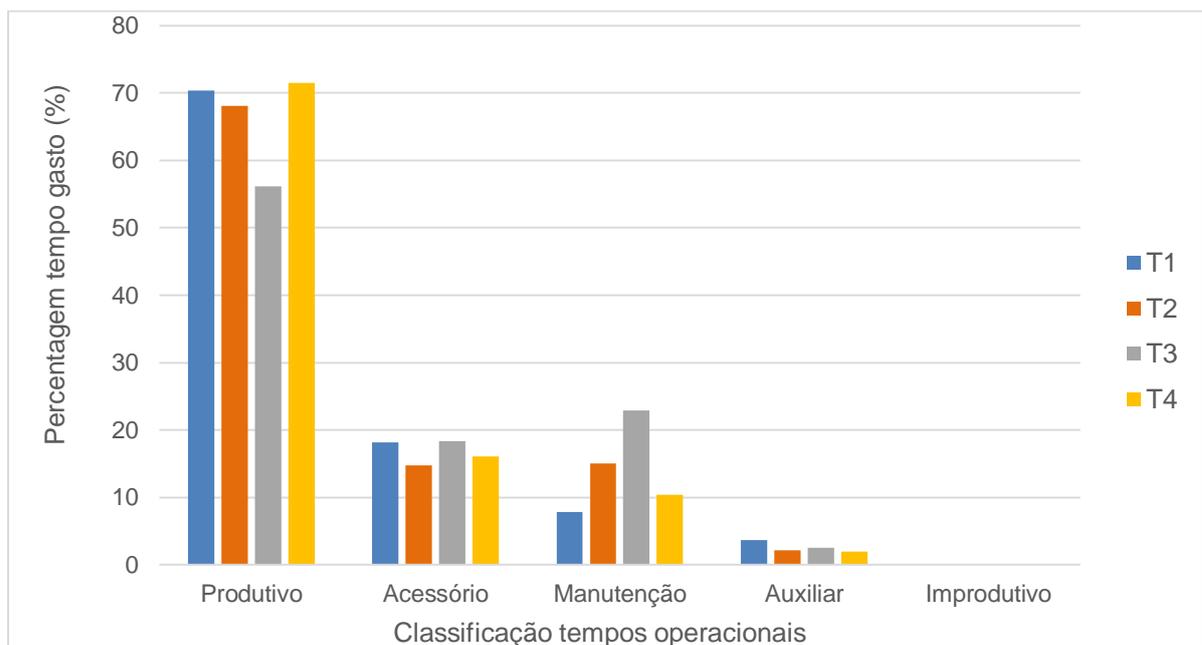
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2 Análise Técnica

5.2.1 Operações e fases estudadas

A caracterização dos tempos operacionais durante todo o decorrer da coleta para os tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente é ilustrada na Figura 4.

Figura 4 - Caracterização dos tempos operacionais para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



Independente do tratamento avaliado, não foi observado durante os dias de coleta tempos improdutivo, uma vez que os operadores têm alto grau de treinamento direcionado também para evitar perdas de tempo, aliado à logística operacional bem estruturada por parte da empresa, tanto dos operadores, como também mecânicos e peças de reposição.

Como esperado, o maior tempo gasto foi classificado como produtivo, onde os tratamentos apresentaram valores próximos a 70% do tempo total durante a coleta,

com exceção do tratamento 3, que houve um maior tempo gasto com manutenções, o que influenciou inversamente no tempo produtivo da mesma (56,20%), sendo o menor tempo produtivo para os quatro tratamentos avaliados.

Carmo (2013), avaliando *harvester*, em sua pesquisa nos anos de 2010 e 2011, encontrou um tempo produtivo de 67,7% e 65,0% e um tempo de manutenção de 16,8% e 16,0%, para os respectivos anos. Wand-Del-Rey (2011), avaliando diferentes marcas e modelos de *harvester*, verificou tempos produtivos entre 69,0% e 78,0%, logo valores próximos ao encontrado no presente trabalho.

O tempo acessório, por ser tempo gasto com funções obrigatórias, apresentou o segundo maior porcentagem de tempo. Isso pode ser explicado, uma vez que a parada para refeição dos operadores tem duração de uma hora, tempo em que a máquina fica sem operação. Também foi observado um tempo gasto durante as trocas de turno e para exercícios físicos.

A avaliação dos tempos gastos com manutenções nos quatro tratamentos é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Tempos gastos com manutenções para os tratamentos

	Manutenções							
	Trat 1		Trat 2		Trat 3		Trat 4	
	Horas	%	Horas	%	Horas	%	Horas	%
Inspeção	2,40	22,22	2,00	9,05	1,30	3,93	2,20	17,32
Troca corrente	2,50	23,15	1,50	6,79	1,00	3,02	0,90	7,09
Corretiva	5,90	54,63	18,60	84,16	30,8	93,05	9,60	75,59
TOTAL	10,80	100	22,10	100	33,10	100	12,70	100

A inspeção da máquina é obrigatória e realizada pelo menos uma vez durante o turno de trabalho, durando em média nove minutos. Em alguns casos, o operador aproveita quando a máquina está em manutenção corretiva ou outro tipo de parada operacional para fazer a inspeção, a fim de aumentar o tempo produtivo da máquina.

A empresa trabalha com revisões periódicas de suas máquinas, porém não foram observadas manutenções preventivas durante a coleta de dados, uma vez que as máquinas avaliadas foram justamente tiradas desse tipo de manutenção, a fim de não haver maiores perdas de tempos produtivos durante a avaliação, logo, houve mudança no cronograma das revisões.

Pode-se observar, no tratamento 3, que houve maior tempo gasto com manutenção corretiva, totalizando 30,80 horas, quando comparado aos demais

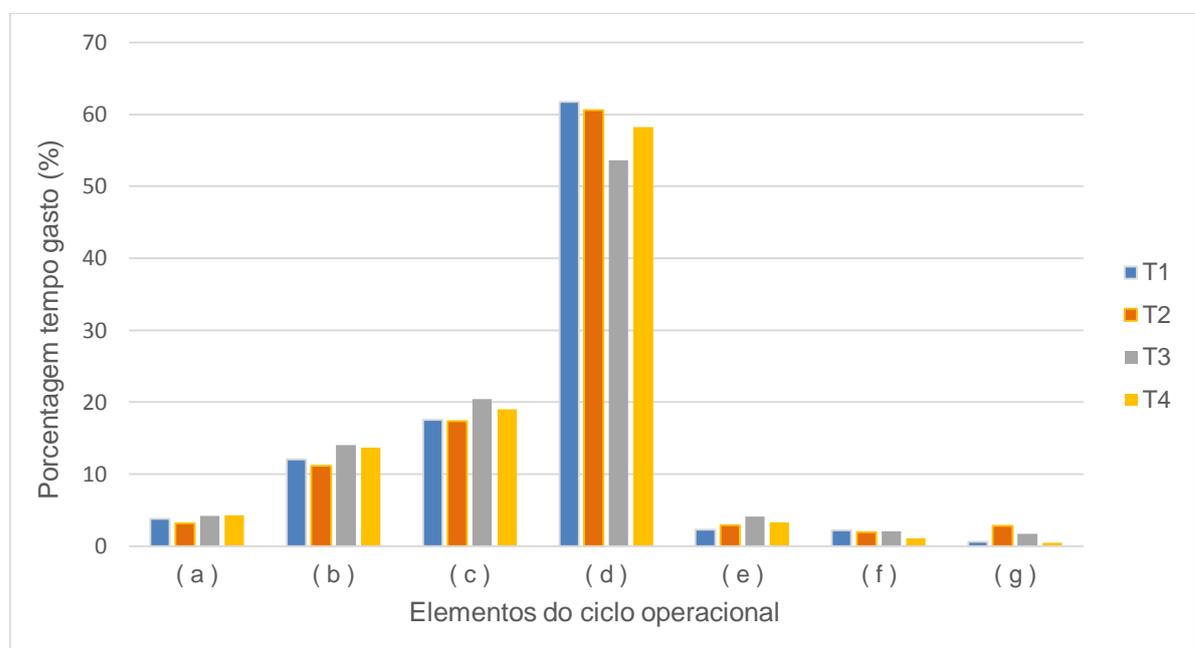
tratamentos. Porém não existe relação entre esse maior valor encontrado e as condições operacionais do mesmo, uma vez que os motivos dessas interrupções foram advindos de um desgaste natural da máquina e de seu cabeçote.

Conforme esperado, houve maior número de quedas de corrente no tratamento 1, totalizando 2,50 horas, quando comparado com os demais tratamentos, uma vez que o mesmo possuía brotação lateral, o qual, segundo a empresa, é o principal responsável por um aumento no número de quedas de corrente.

5.2.2 Estudos de tempos e movimentos

Os tempos gastos em cada elemento do ciclo operacional do corte nos diferentes tratamentos avaliados são ilustrados na Figura 5.

Figura 5 - Percentuais de tempo gasto em cada elemento do ciclo operacional para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



Nota: (a) deslocamento da máquina; (b) posicionamento do cabeçote; (c) derrubada; (d) processamento; (e) recuperação; (f) descarte e apoio para pilha; (g) interrupções.

Nos tratamentos 1 e 2 foram verificados os maiores tempos gastos com processamento da madeira, 61,74% e 60,63%, respectivamente. Tal fato já era esperado, uma vez que para o tratamento 1, foi observado em campo dificuldade no momento de descascamento das árvores, fazendo com que o cabeçote fosse passado mais vezes em determinada região para o descascamento com qualidade, dificuldade esta que não aconteceu para os tratamentos 3 e 4.

O tratamento 2, apresentou maior rendimento no processamento uma vez que eram árvores mais produtivas, com alturas superiores quando comparadas aos demais tratamentos, sendo assim, é esperado que o tempo gasto para o processamento de uma unidade individual seja maior em árvores de maiores dimensões. Burla (2008), destaca que para ganho de produtividade no descascamento, além das características dos rolos de tração do cabeçote, também está diretamente associado às características naturais da árvore, como a qualidade da desrama natural e a homogeneidade dos fustes.

Costa (2012), avaliando a colheita em plantios de baixa produtividade, encontrou para o processamento 66% do tempo gasto. Porém, o mesmo autor relata casos de dificuldade de descascamento e desgalhamento da madeira, fazendo com que fosse necessário um aumento de passadas do cabeçote.

Carmo (2013), avaliando dois modelos de *harvester*, em terrenos planos, encontrou valores que variaram de 57,92% a 61,34% para o processamento das árvores. Burla (2008), encontrou um tempo gasto de 52% para o processamento das árvores, variando conforme a classe produtiva da floresta. Paula (2011), encontrou para dois diferentes modelos de *harvester*, média de 53,88% e 54,84% para o processamento, respectivamente, sendo tais resultados foram considerados similares aos encontrados neste trabalho.

Com relação ao tempo de deslocamento da máquina, não observou-se diferenças entre os tratamentos. Existe uma tendência, quando o VMI do talhão é inferior, que o processamento das árvores gaste menos tempo, fazendo com que a máquina se movimente com maior frequência. Isso foi observado para os tratamentos 3 e 4, que são de menores VMI, e apresentaram tempo gasto em deslocamento superior a 4%, enquanto no tratamento 2, que são árvores de maior VMI, apresentou valor abaixo de 3%.

Burla (2008), em sua pesquisa conduzida em diferentes declividades, encontrou valores médios de 7% gasto para o deslocamento do *harvester*. Bertin (2010), encontrou em sua pesquisa, um tempo gasto de 6,93% para deslocamento da

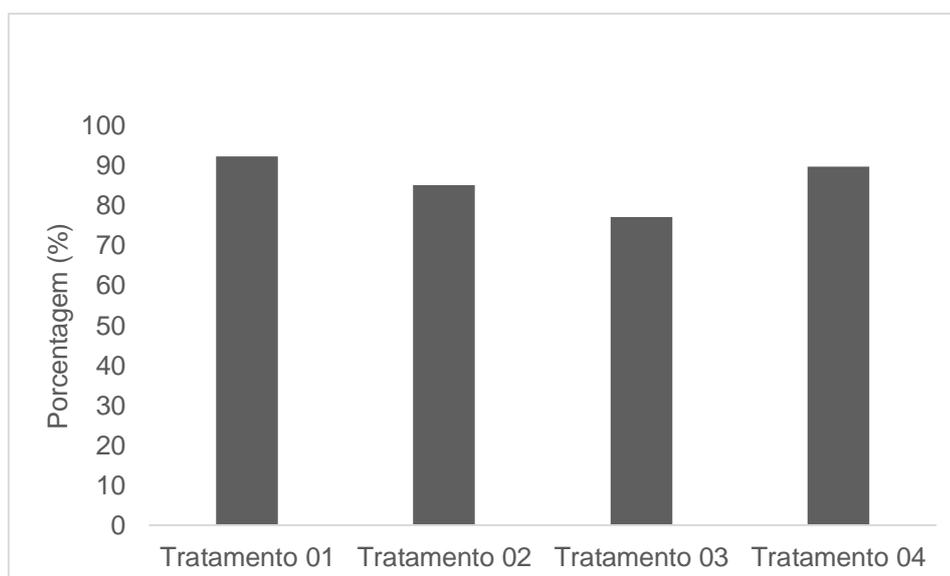
máquina. Tais resultados foram considerados superiores aos observados nesta pesquisa.

O tempo gasto para recuperação foi de 2,15%, 1,94%, 2,01%, para o tratamento 1, tratamento 2 e tratamento 3, respectivamente, relativamente maior aos 1,11% encontrado para o tratamento 4, o que era esperado, uma vez que no manejo por talhadia, algumas vezes são encontrados dois fustes por cepa. Sendo assim, o operador é obrigado a processar duas árvores ao mesmo tempo, ou processar um único fuste e soltar o segundo, o que acontece com menor frequência quando o regime é de alto fuste onde é raro a queda da árvore do cabeçote.

5.2.3 Disponibilidade Mecânica

A distribuição dos parâmetros de disponibilidade mecânica para os quatro tratamentos é ilustrada na Figura 6.

Figura 6 - Disponibilidade mecânica para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



A disponibilidade mecânica das máquinas foi de 92,20%, 84,99%, 77,06%, 89,58%, para os tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. O tratamento que houve menor tempo gasto com manutenção foi o tratamento 1 e o que houve maior tempo

gasto com manutenção foi o tratamento 3, logo, inversamente proporcional à disponibilidade mecânica.

Embora o tratamento 3 tenha apresentado menor tempo disponível, as manutenções foram resultantes de falhas do equipamento pelo uso normal ao longo do tempo, logo, não teve interação entre as manutenções devido ao tratamento em si, e sim por um acontecimento devido ao uso, que veio a falhar no momento da pesquisa.

SIMÕES; FENNER; ESPERANCINI (2010), observaram uma disponibilidade mecânica de 92% em média para todo seu experimento. Robert (2013), avaliando o mesmo modelo de *harvester* em duas áreas distintas, encontrou 74,2% e 66,7%.

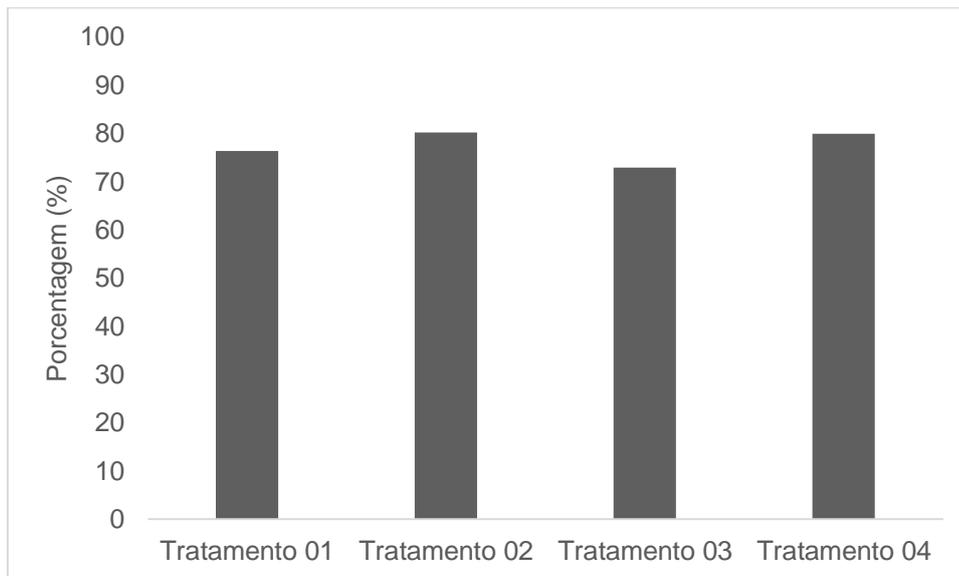
A disponibilidade mecânica é influenciada por diversos fatores, como o grau de utilização do equipamento, modelo dos equipamentos, quantidade de mão de obra e peças para a manutenção, treinamento dos operadores, logo, é um parâmetro que pode variar muito entre empresas e outros trabalhos.

5.2.4 Grau de utilização

O grau de utilização das máquinas durante a pesquisa para os diferentes tratamentos pode ser visualizado na Figura 7.

Embora no tratamento 1 tenha-se encontrado maior disponibilidade mecânica das máquinas avaliadas, a mesma não foi todo o tempo utilizada, apresentando menor grau de utilização (76,27%), menor do que os tratamentos 2 e 4, ou seja, a máquina se encontrava disponível, porém não estava sendo utilizada e não estava em manutenção, logo estava parada devido a outros motivos.

Figura 7 - Grau de utilização das máquinas para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



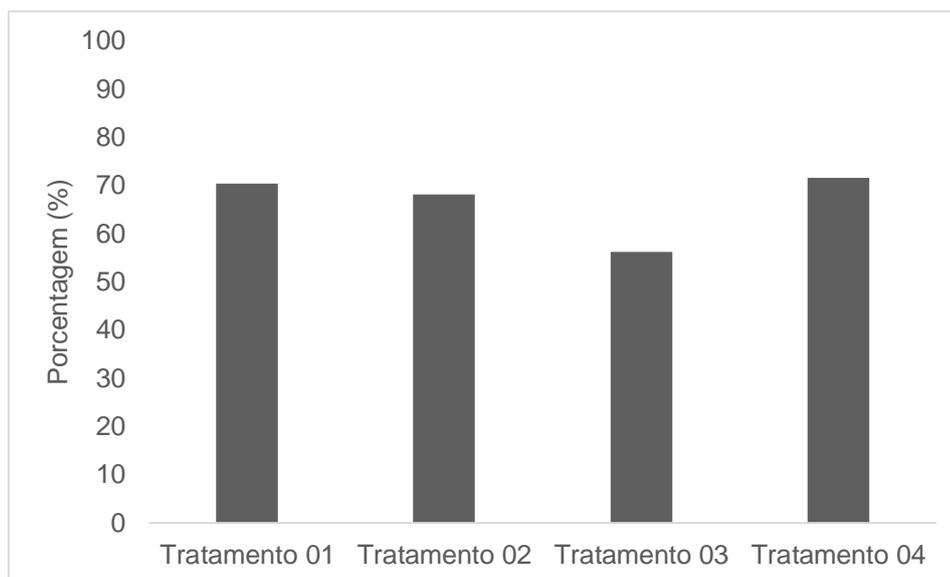
O tratamento 3, além de ter apresentado um maior número de manutenções, conseqüentemente menor disponibilidade mecânica, também apresentou o menor grau de utilização (72,93%), ou seja, mesmo quando a máquina estava disponível para ser utilizada, a mesma teve menor uso quando comparado aos demais tratamentos.

5.2.5 Eficiência Operacional

A eficiência operacional das máquinas durante a pesquisa para os diferentes tratamentos é ilustrada conforme Figura 08.

Os tratamentos 1, 2 e 4, apresentaram semelhança em sua eficiência operacional, porém o tratamento 3 apresentou inferioridade, uma vez que foi visualizado maior quantidade de tempo em que a máquina se encontrou fora de produção devido ao maior número de manutenção e também menor grau de utilização, conseqüentemente, elevada perda de eficiência operacional devido a esses dois fatores.

Figura 8 - Eficiência operacional das máquinas para T1 (talhadia com broto lateral), T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI), T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



Carmo (2013), em uma pesquisa com *harvester*, realizada em uma empresa de celulose no sul da Bahia, nos anos de 2010 e 2011, encontrou eficiência operacional de 67,80% e 65,02%, respectivamente, que são valores próximos aos encontrados nesta pesquisa.

Lacerda (2015), avaliando máquinas *harvester* próprias e terceirizadas de uma empresa florestal, encontrou uma eficiência operacional acima de 73% para máquinas próprias e abaixo de 61% para máquinas de empresas terceirizadas na colheita de madeira.

De acordo com Machado (1989), uma recomendação é feita em que a linha ótima de aceitação para as variáveis DM, EO e GU sejam sempre iguais ou superiores à 70%. Sendo assim, somente a eficiência operacional para o tratamento 3 não foi satisfatória estando abaixo do recomendado.

Embora o tratamento 3 tenha apresentado piores indicadores, o mesmo não foi influenciado pelas condições do tratamento em si, e sim pelo grau de uso das máquinas, que necessitaram de manutenções corretivas durante a avaliação.

5.3 Análise da influência do brotação lateral na colheita florestal mecanizada

5.3.1 Quantificação da brotação lateral

Os resultados do inventário pré corte do número de brotação lateral por cepa para o tratamento 1 são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Quantificação do número de brotação lateral por cepa pré-colheita

INVENTÁRIO PRÉ-CORTE		
Número de brotação lateral por cepa	Número de visualizações	%
0	47	14,64
1	49	15,26
2	69	21,50
3	81	25,23
4	45	14,02
5	25	7,79
6	5	1,56
TOTAL	321	100

Verificou-se que anterior à entrada das máquinas no talhão, apenas 14,64% das cepas não possuíam nenhuma brotação lateral, enquanto em 85,36% do povoamento havia entre uma e seis brotações por cepa.

Observou-se que as árvores são abatidas para dentro do povoamento ainda em pé, sendo que posteriormente a máquina retorna fazendo a colheita dessa área e abatendo novamente em sentido às árvores que estão em pé em sua vizinhança. Observou-se assim uma queda nas brotações laterais existentes, o que chamou atenção para a necessidade de um novo inventário. Pode ser observada uma diminuição nas brotações laterais, conforme pode ser visualizada na Figura 9, que representa áreas antes das quedas das árvores, e conforme Figura 10, que representa áreas após a colheita das árvores vizinhas.

Figura 9 - Imagem do talhão e da brotação lateral antes da entrada das máquinas.



Fonte: O autor.

Figura 10 - Imagem do talhão e da brotação lateral após a entrada das máquinas.



Fonte: O autor.

Logo, com a queda das árvores colhidas anteriormente, o número de cepas onde não havia nenhuma brotação lateral subiu de 14,64% para 40,06%, como pode ser visualizado na Tabela 7.

Tabela 7 - Quantificação do número de brotação lateral por cepa pós-colheita na linha vizinha

INVENTÁRIO PÓS-CORTE		
Número de brotação lateral por cepa	Número de visualizações	%
0	129	40,06
1	84	26,09
2	65	20,19
3	28	8,70
4	11	3,42
5	5	1,55
6	0	0,00
TOTAL	322	100

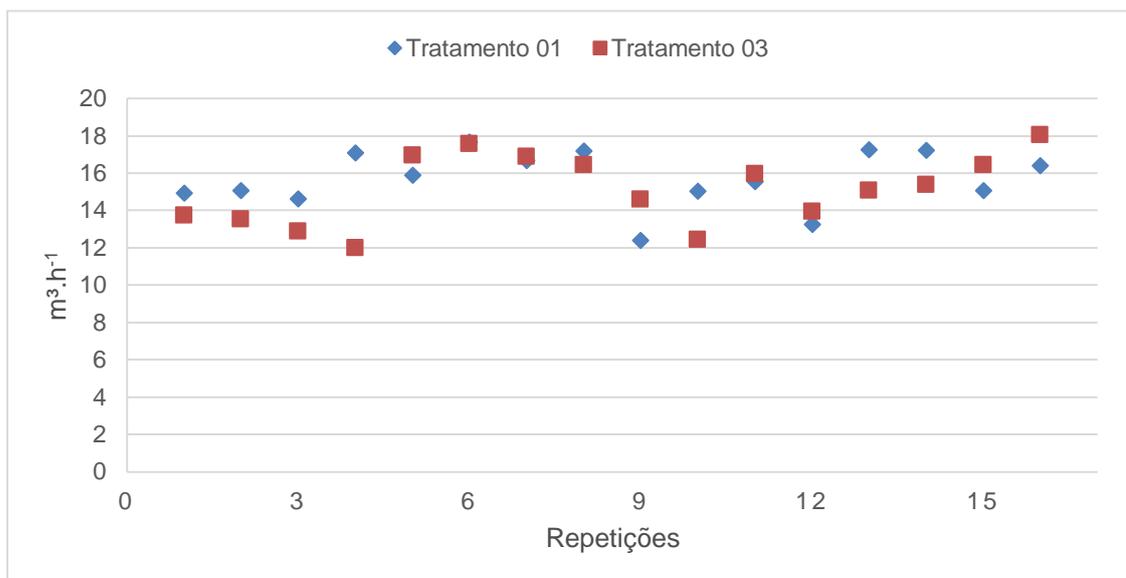
O número de cepas que apresentaram duas ou menos brotações laterais passou de 51,4% para 86,34%, não sendo mais visualizado cepas com seis brotações laterais, ou seja, a probabilidade da retirada da corrente do sabre pela brotação lateral, diminui conforme se faz o abate e processamento da madeira para o lado de dentro do talhão, em que existe árvores ainda em pé, que serão derrubadas e processadas posteriormente.

A média de brotações laterais antes da entrada das máquinas no talhão era de 2,38 brotos por cepa, porém, após a realização da colheita da área vizinha, passa a uma média de 0,88 brotos por cepa. Com base nesses dados, pode-se observar que caso a máquina esteja fazendo uma nova abertura no talhão, ela terá maior probabilidade de queda de corrente do que quando comparado a linhas de colheita onde já foi realizada a colheita na área vizinha, uma vez que o número de brotação lateral é maior e a chance da corrente prender-se à brotação lateral e soltar-se do sabre é maior.

5.3.2 Análise da influência da brotação lateral no desempenho da máquina

Os dados de produtividade das máquinas durante a pesquisa para os tratamentos comparados são ilustrados na Figura 11.

Figura 11 - Produtividade da máquina para observadas para T1(talhada com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).



Pode-se observar que não houve predomínio de um tratamento quando comparado com o outro com relação às produtividades de colheita de madeira em metros cúbicos por hora efetivamente trabalhada.

Os valores médios de produtividade, número de árvores cortadas para cada queda de corrente e número de horas trabalhadas para queda de corrente pode ser observada na Tabela 8.

Tabela 8 - Médias de produtividade, horas efetivas por queda de corrente (Hef/qc) e número de árvores por queda de corrente (ac/qc) observadas para T1(talhada com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral)

	Produtividade (m³.h⁻¹)	Hef/qc	ac/qc
Tratamento 1	15,72 a	4,15 b	466,55 b
Tratamento 3	15,12 a	10,51 a	1335,00 a

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade.

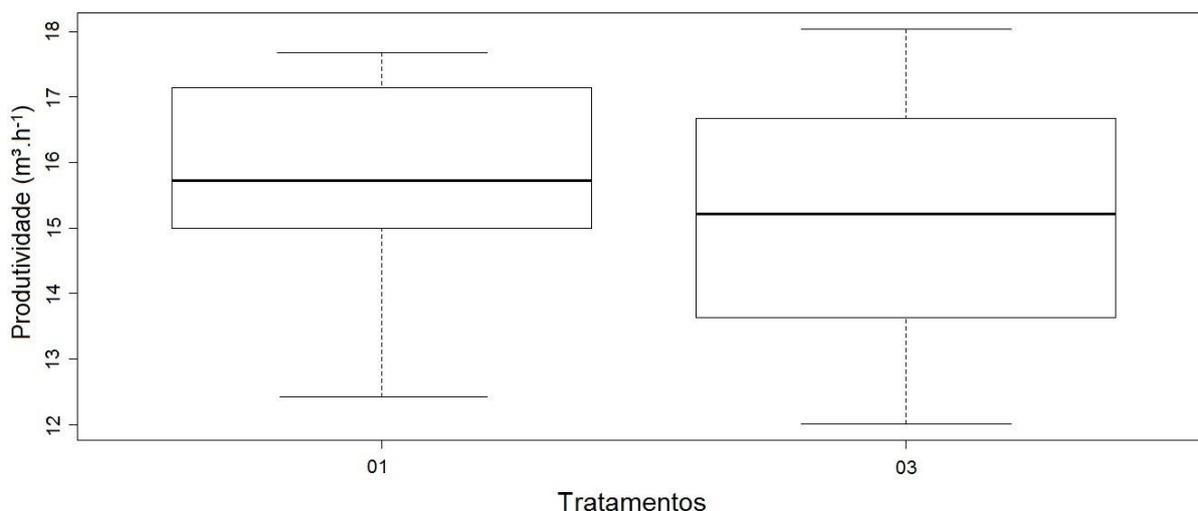
De acordo com a análise realizada, não houve diferença estatística na produtividade das máquinas para os tratamentos 1 e 3. O tratamento 1 apresentou

média de 15,72 m³/hora e o tratamento 3 de 15,12 m³/hora, ou seja, a brotação lateral, ao contrário do que se pensava, não influenciou negativamente a produtividade das máquinas.

A partir da análise do Box plot da Figura 12, pode-se observar leve tendência ao ganho de produtividade no tratamento 1, embora não apresente diferença estatística. Provavelmente, essa pequena tendência deve-se ao fato do VMI do tratamento 1 ser também levemente maior do que o tratamento 3.

É importante ressaltar que os operadores utilizados na pesquisa eram operadores com elevado grau de treinamento e experiência para a operação, e portanto, rapidamente posicionavam o cabeçote para o abate da árvore, mesmo com um grande número de brotação lateral. Não se sabe a influência da brotação lateral para a produtividade em operadores com menor grau de experiência.

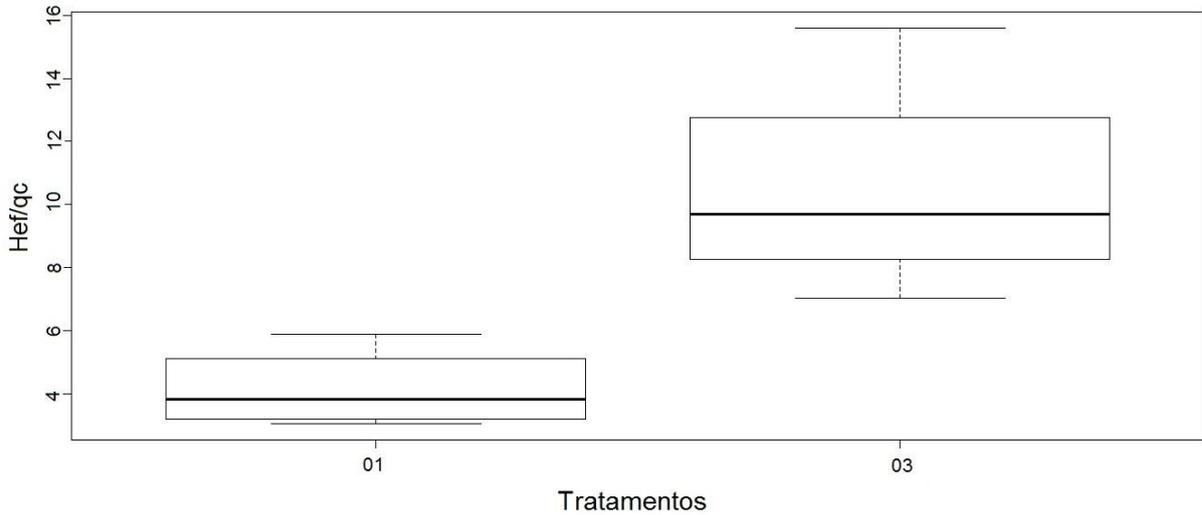
Figura 12 - Box plot da produtividade para T1 (talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).



Para a variável número de horas efetivamente operadas por queda de corrente, foi encontrada no tratamento 1 média de 4,15 horas efetivamente trabalhadas para que a corrente caísse uma vez. Já para o tratamento 3, encontrou-se média de 10,51 horas efetivamente trabalhadas para a mesma queda de corrente. Essa diferença foi considerada estatisticamente significativa, pelo teste t a nível de 5% de significância, como pode ser também observada no Box plot da Figura 13, nota-se diferença significativa entre as medianas, e uma tendência para maior frequência para quedas de corrente no tratamento 1.

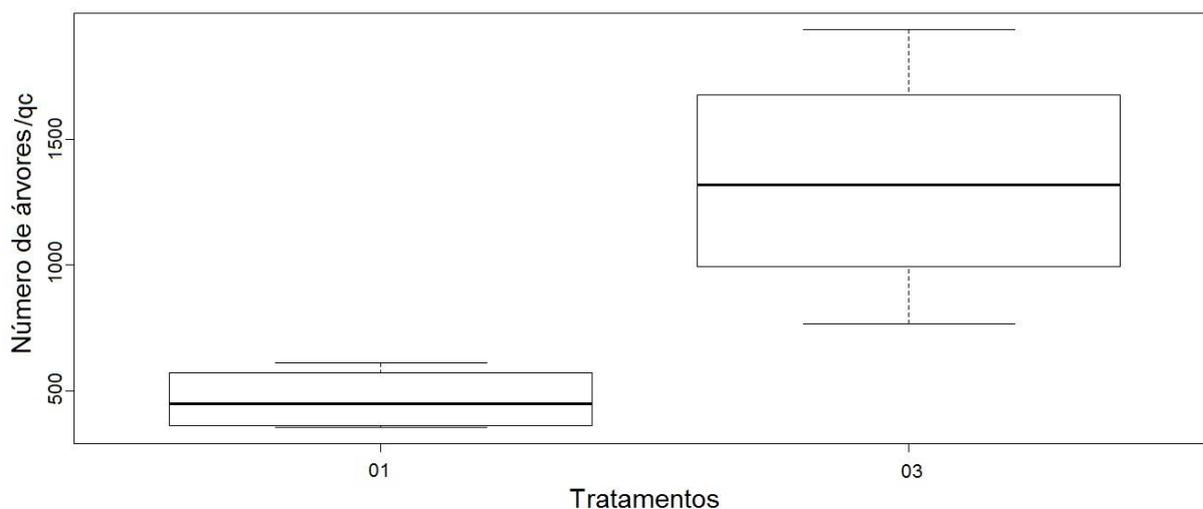
Logo, o tempo médio em que a corrente demora para ser trocada em talhões onde foi efetuada a roçada manual e não possui brotação lateral é 2,53 vezes maior do que o talhão onde não foi realizada a roçada manual e possui brotações laterais.

Figura 13 - Box plot para número de horas por queda de corrente (Hef/qc) para T1(talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).



Para a variável número de árvores cortadas por queda de corrente, foi encontrada para o tratamento 1 média de 466,55 árvores abatidas e processadas para que acontecesse uma queda de corrente. Já para o tratamento 3, foram abatidas e processadas média de 1335 árvores para uma única queda de corrente. Essa diferença foi considerada estatisticamente significativa, pelo teste t a nível de 5% de significância, como pode ser também observada no Box plot da Figura 14, em que os valores observados para a variável número de árvores cortadas para que aconteça uma queda de corrente é maior para o tratamento 3.

Figura 14 - Box plot para números de árvore cortada por queda de corrente (ac/qc) T1 (talhadia com broto lateral) e T3 (talhadia sem broto lateral).



Logo, o número de arvores cortadas para que seja necessário a troca da corrente onde foi efetuada a roçada manual e não possui brotação lateral é 2,86 vezes maior do que o talhão onde não foi realizada a roçada manual anteriormente a operação e ainda possui brotações laterais.

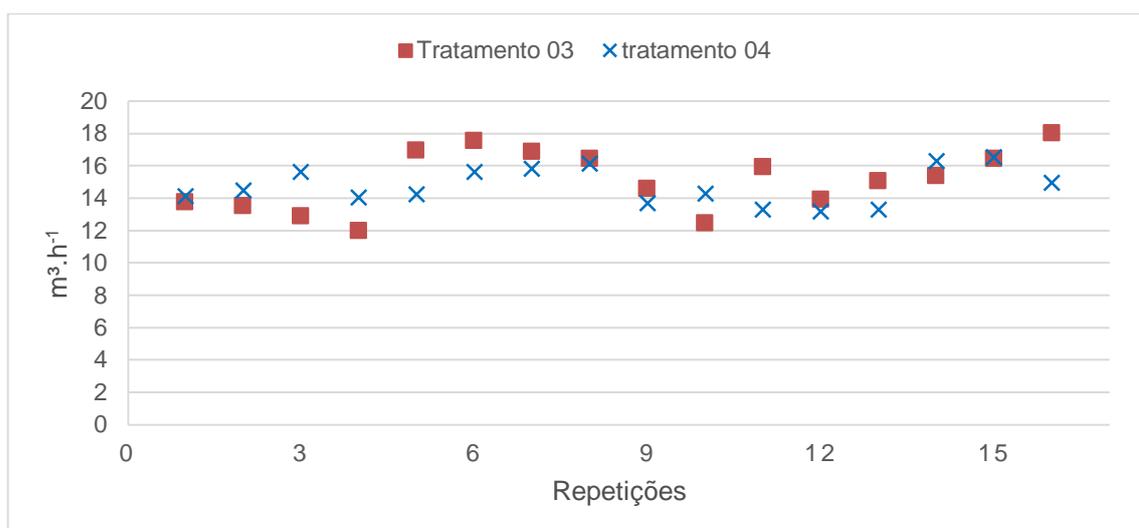
Em se tratando de plantios com espaçamento 3 x 3 metros, em que são encontradas aproximadamente cerca de 1110 árvores de eucalipto em um hectare de área, em média, o número de vezes que será necessário a troca de corrente será de 2,38 vezes para o tratamento 1 e 0,83 vezes tratamento 3, logo, a máquina estará em manutenção e não estará produzindo durante um intervalo de tempo maior para o tratamento 1.

Não foi realizado no presente trabalho uma análise de custo em que a máquina se encontra em manutenção pelo excessivo número de trocas de corrente o custo da roçada pré corte.

5.4 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em alto fuste e talhadia

Os dados de produtividade das máquinas durante a pesquisa, para os tratamentos comparados, são ilustrados na Figura 15.

Figura 15 - Produtividade da máquina para para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



Pode-se observar que não houve predomínio de um tratamento quando comparado ao outro com relação às produtividades de colheita de madeira em metros cúbicos por hora efetivamente trabalhada.

Os valores médios de produtividade, número de árvores cortadas para cada queda de corrente e número de horas trabalhadas por queda de corrente pode ser observada na Tabela 9.

Tabela 9 - Médias de produtividade, horas efetivas por queda de corrente (Hef/qc) e número de árvores por queda de corrente (ac/qc) observadas para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste)

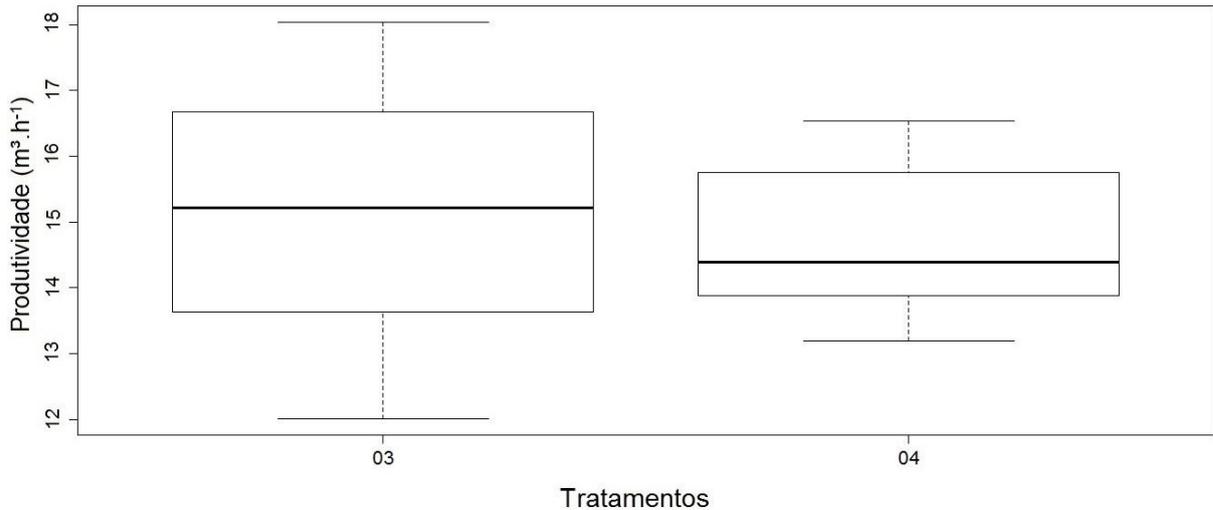
	Produtividade (m³/h)	Hef/qc	ac/qc
Tratamento 3	15,12 a	10,51 b	1335 b
Tratamento 4	14,75 a	16,97 a	2119 a

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade.

De acordo com a análise realizada, não houve diferença estatística na produtividade das máquinas para os tratamentos 3 e 4, em que o tratamento 3 apresentou média de 15,12 m³/hora e o tratamento 4 apresentou média de 14,75 m³/hora, ou seja, a diferença de produtividade das máquinas em talhadia e alto fuste não foi significativa.

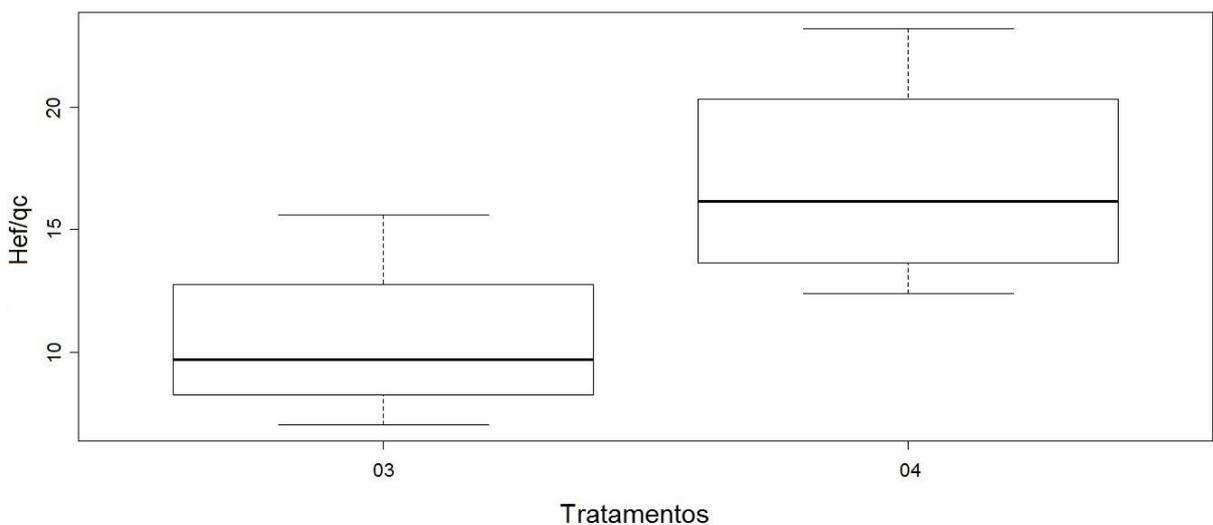
A partir da análise do Box plot da Figura 16, pode-se observar maior dispersão dos dados para o tratamento 3, enquanto os dados para o tratamento 4 se encontram menos dispersos.

Figura 16 - Box plot da produtividade para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



Para a variável número de horas efetivamente operadas por queda de corrente, foi encontrada para o tratamento 3, média de 10,51 horas efetivamente trabalhadas para que a corrente caísse uma vez. Já para o tratamento 4, encontrou-se média 16,97 horas efetivamente trabalhadas para a mesma queda de corrente. Essa diferença foi considerada estatisticamente significativa, pelo teste t a nível de 5% de significância e também pode ser observada no Box plot da Figura 17.

Figura 17 - Box plot para número de horas por queda de corrente (Hef/qc) para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



Essa diferença entre os tratamentos pode ser explicada devido ao fato da roçada pré-corte ser feita nas brotações laterais de forma manual, com utilização de ferramentas como a foice ou facão. Observou-se em algumas cepas que o corte

dessas brotações laterais foram feitos acima dos 10 centímetros de altura, ou seja, acima da altura que o sabre do *harvester* faz o abate da árvore. Assim, o toco da brotação lateral, em alguns casos, mesmo com a roçada manual continuou presente e atuante, aumentando a probabilidade de queda de corrente, como pode ser observado na Figura 18.

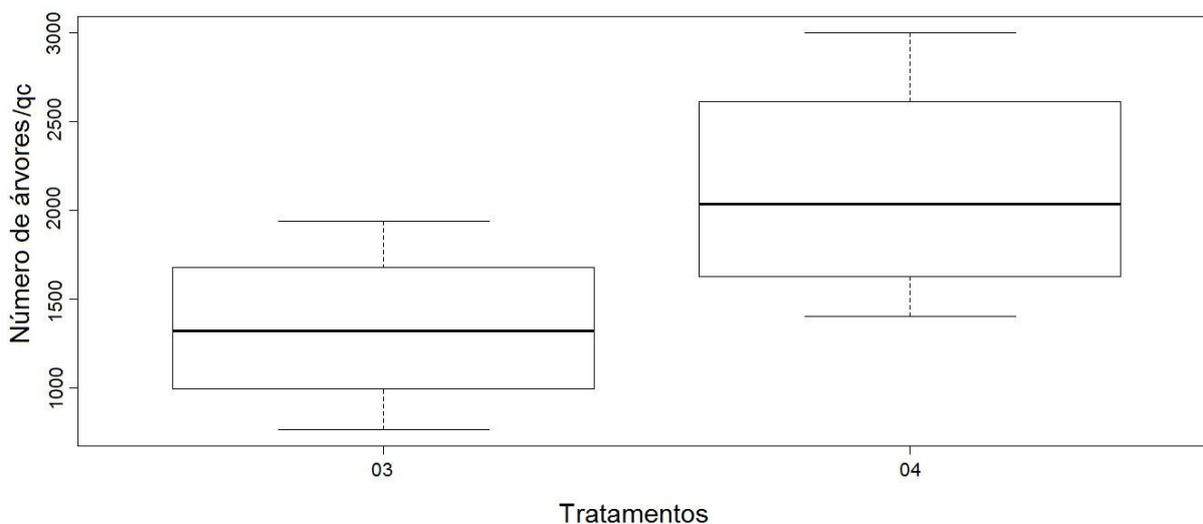
Para a variável número de árvores cortadas por queda de corrente, foi encontrada para o tratamento 3, média de 1335 árvores abatidas e processadas. No tratamento 4, foram abatidas e processadas média de 2119 árvores para uma única queda de corrente. Essa diferença foi considerada estatisticamente significativa, pelo teste t em nível de 5% de significância, como também pode ser observada no Box plot (Figura 19), onde apresenta um maior número de árvores processadas para que ocorresse a queda de corrente no tratamento 4.

Figura 18 - Toco do broto lateral presente mesmo após a roçada manual e colheita.



Fonte: O autor.

Figura 19 - Box plot para números de árvore cortada por queda de corrente (ac/qc) para T3 (talhadia sem broto lateral) e T4 (alto fuste).



A colheita florestal em regime de talhadia apresentou número de quedas de corrente 1,59 vezes mais quando comparado com a colheita em regime de alto fuste. Apesar de não haver diferença estatística na produtividade da máquina, uma vez que para cálculo só utiliza-se o tempo efetivo em que a máquina operou, o resultado de maior queda de corrente encontrado influenciará na produção da máquina, que ficará mais tempo fora de operação. Embora nesse trabalho não se tenha realizado uma análise de custo, verifica-se que, possivelmente será influenciado no aumento do custo de colheita devido ao maior tempo em que a máquina não está em produção.

5.5 Análise comparativa da colheita florestal mecanizada em regime de manejo de talhadia sem broto lateral em diferentes classes de produtividade da floresta

As médias encontradas para os tratamentos 2 e tratamento 3 podem ser observadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Médias de produtividade, horas efetivamente trabalhadas por queda de corrente (Hef/qc), árvores cortadas por queda de corrente (ac/qc) e volume processado por queda de corrente (m^3/qc), para T2 (talhadia sem broto lateral maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral menor VMI).

	Produtividade (m^3/h)	Hef/qc	ac/qc	m^3/qc
Tratamento 2	21,33 a	6,75 a	710 b	157,81 a
Tratamento 3	15,12 b	10,51 a	1335 a	160,07 a

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade.

A diferença entre as produtividades dos tratamentos foi considerada significativa, em que o tratamento 2 apresentou maior produtividade, com média de 21,33 $m^3/hora$, uma vez que apresenta maior VMI e conseqüentemente, maior produtividade do talhão, quando comparado com o tratamento 3 de menor VMI que apresentou média de 15,12 $m^3/hora$.

Os dados de produtividade das máquinas durante a pesquisa para os tratamentos comparados são mostrados na Figura 20.

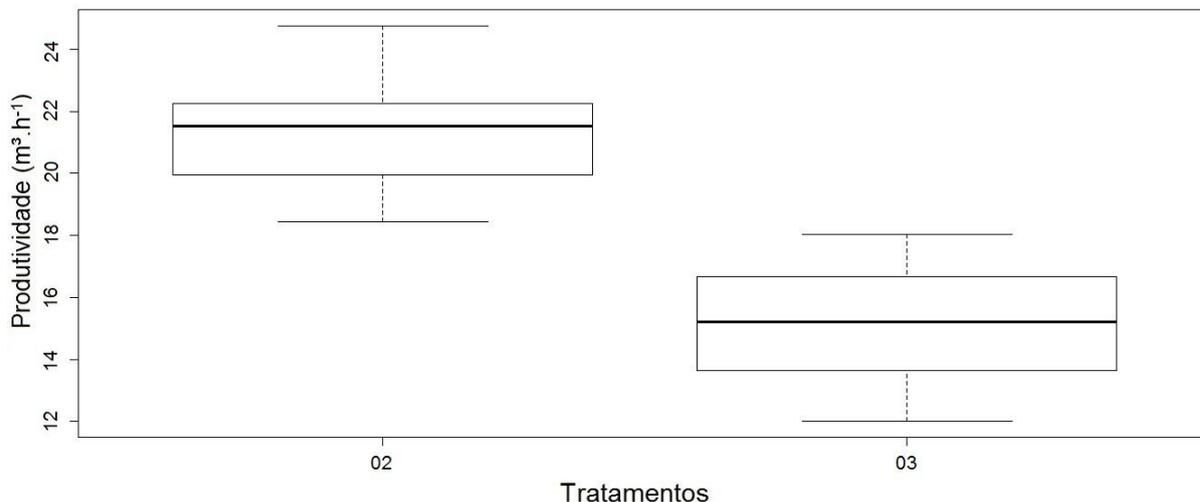
Figura 20 - Produtividade da máquina para T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral e menor VMI).



Pode-se observar que houve um predomínio de ganho de produtividade para o tratamento 2, em que todas as repetições observadas foram encontradas produtividades maiores do que no tratamento 3, conseqüentemente maior média de produtividade.

O Box plot da produtividade das máquinas para os tratamentos 2 e 3 pode ser observado na Figura 21.

Figura 21 - Box plot da produtividade para T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral e menor VMI).



A partir da análise do Box plot, verifica-se nítida diferença entre as produtividades dos tratamentos, o que é comprovado estatisticamente.

Tal diferença entre as produtividades das máquinas já era esperada, uma vez que, dentre os inúmeros fatores que interferem na produtividade, o VMI é o mais importante, juntamente com a declividade (Richardson e Makkonen, 1994; Santos e Machado, 1995; Seixas, 1998; Holtzscher e Lanford, 1997; Bramucci e Seixas, 2002).

Costa (2012), avaliando o desempenho do *harvester* em floresta de eucalipto de baixa produtividade, encontrou um desempenho médio de 7,89 m³/h quando colhia áreas com VMI de 0,125 m³ sem casca.

Burla (2008), avaliando o desempenho de *harvester* na colheita forestal de diferentes volumes individuais, apresentou um rendimento aproximado de 17 m³/hora em áreas com baixo VMI e rendimento acima de 25 m³/hora para áreas com VMI considerados pelo autor de média produtividade. Assim, o autor afirmou em seu trabalho, que esse rendimento aumenta acentuadamente com o crescimento da produtividade da floresta.

Para a variável número de árvores cortadas por queda de corrente (Tabela 10), foi encontrada para o tratamento 2, média de 710 árvores derrubadas e processadas para que acontecesse uma queda de corrente, já para o tratamento 3, derrubou-se e processou média de 1335 árvores para uma única queda de corrente. Essa diferença

foi considerada estatisticamente significativa, pelo teste t em nível de 5% de significância. Porém, não foi observada diferença estatística no número de horas por queda de corrente.

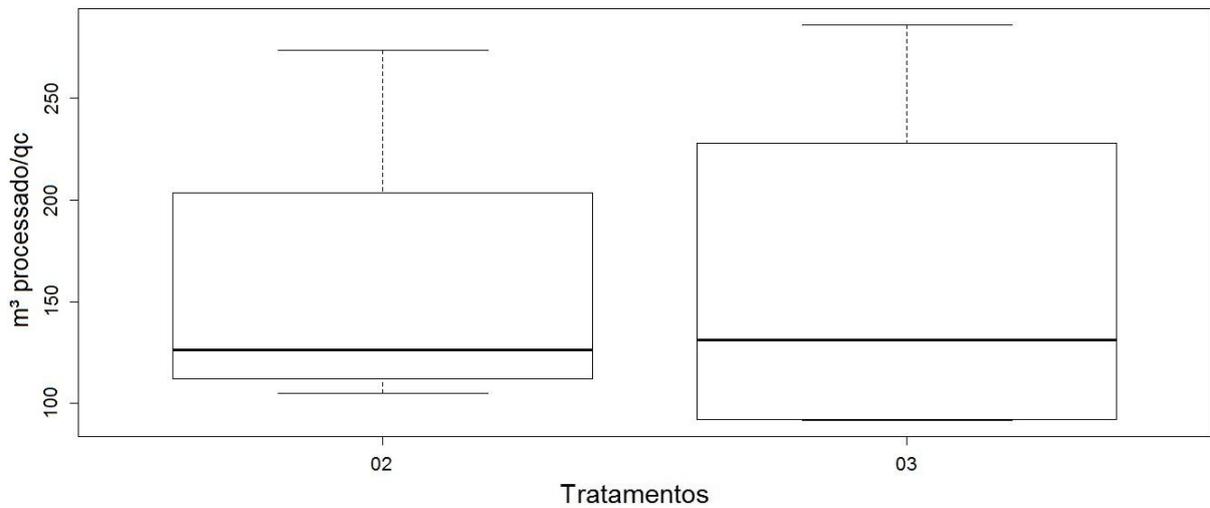
Como as árvores apresentaram VMI de classes diferentes, foi necessária uma análise adicional, avaliando a quantidade média de metros cúbicos de madeira cortada e processada para que acontecesse uma queda de corrente.

Apesar de ocorrer diferença estatística entre o número de árvores cortadas por queda de corrente, como era esperado, não houve diferença estatística entre as médias dos tratamentos para o volume processado de madeira. Logo, embora derrubou-se mais árvores para que ocorresse a queda de corrente no tratamento 3, o maior volume individual da árvore para o tratamento 2 é uma espécie de compensação, apresentando médias em volume processado por queda, estatisticamente iguais entre os tratamentos.

Para que uma árvore apresente maior VMI, é necessário que ela seja ou de maior altura, ou maior diâmetro ou ambos. Logo, o desgaste da corrente por árvore é maior por árvore, uma vez que caso a árvore seja mais alta, ocorrerá um maior número de toretes cortados, conseqüentemente um maior número de vezes que a corrente será acionada. Por sua vez, caso a árvore seja de maior diâmetro, da mesma forma, a corrente sofrerá maior desgaste, sendo acionada por mais tempo.

O Box plot do volume processado em metros cúbicos por queda de corrente para os tratamentos 2 e 3 pode ser observado na Figura 22. Pode-se observar que não existe diferença entre os tratamentos avaliados quanto ao volume de madeira processada para que ocorresse uma queda de corrente.

Figura 22 - Box plot do volume de madeira processado por queda de corrente (m^3/qc) para T2 (talhadia sem broto lateral e maior VMI) e T3 (talhadia sem broto lateral e menor VMI).



Sendo o volume processado por quedas de corrente iguais estatisticamente, o valor do custo de produção, embora não avaliado no presente trabalho, é inversamente proporcional à produtividade da máquina, ou seja, quanto maior a produtividade da máquina, menor será o seu custo de produção de colheita. Logo, o tratamento 2 tem tendência a ter menor custo para ser colhida do que o tratamento 3.

6. CONCLUSÕES

- As distribuições dos tempos operacionais se comportaram dentro da normalidade, sendo que a maior parte do tempo foi gasto com o processamento, seguido do abate e movimentação do cabeçote, respectivamente.
- A disponibilidade mecânica, eficiência operacional e o grau de utilização se comportaram dentro do recomendado, com exceção da eficiência operacional para T3. Embora T3 tenha apresentado resultados inferiores, o mesmo pode ter sido influenciado por fatores externos não intrínsecos ao tratamento em si.
- Para operadores com alto grau de experiência, a existência da brotação lateral não influenciou na produtividade das máquinas, porém constatou-se aumento do número de quedas de corrente em 2,86 vezes durante a operação.
- Não foi observado diferença significativa na produtividade das máquinas para a colheita em regime de alto fuste e talhadia, porém constatou-se diferença significativa entre o número de árvore cortadas por quedas de corrente, sendo maior 1,59 vezes para regime de talhadia durante a operação.
- A produtividade da floresta influenciou diretamente o rendimento do colhedor florestal *harvester* na colheita de madeira. Não observou-se diferença estatística entre o volume processado por queda de corrente quando se alterou a produtividade da floresta.

7. RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se que a colheita em sistema de talhadia quando houver incidência de brotação lateral, seja feita de modo que a queda da árvore seja para dentro do talhão, em sentido ao eito de corte que será processado posteriormente.
- Realizar estudos de viabilidade econômica para a roçada pré corte da brotação lateral, comparando com o custo em que a máquina se encontra fora de operação devido a maior incidência de queda de corrente.
- Verificar o serviço de roçada da brotação lateral e se possível retrainar os responsáveis pela operação, a fim de que a retirada da brotação seja abaixo da linha de derrubada da árvore (altura do toco).
- Realizar estudo de diferentes formas de roçada dentro do talhão, em pontos específicos, somente onde ocorrerá a entrada das máquinas, sendo que posteriormente a própria queda da árvore faça uma espécie de roçada natural.
- Realizar estudos sobre a influência da brotação lateral na produtividade de operadores com menor experiência.

8. REFERÊNCIAS

AMABILINI, V.D. Utilização do *Harvester* na exploração florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1991. p. 349- 364.

ANDRADE, H.B; BENEDETTI, V.; MADASCHI, J.C. BERNARDO, V. Aumento da produtividade da segunda rotação de eucalipto em função do método de desbrota. **Série técnica IPEF**. V. 11, n. 30, p. 105-116, 1997.

ANDRADE, S. da C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois sistemas de colheita florestal no litoral Norte da Bahia**. Viçosa: UFV, 1998. 125p. il. (Tese M.S.)

BAGIO, A. J.; STÖHR, G. W. D. Resultados preliminares de um levantamento dos sistemas de exploração usados em florestas implantadas no Sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 76-96, 1978.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 635 p.

BERTIN, V. A. S. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1º rotação**. Botucatu, SP: UNESP, 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, 2010.

BRAGA, J.L.P. **Estabilidade fenotípica de clone de *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Bom Jardim – Aparecida, SP**. 2008. 27p. Monografia (Engenheiro Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Campus Seropédica, Rio de Janeiro, 2008.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “*harvesters*” na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, 2002.

BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do *harvester* na colheita e processamento de madeira em diferentes condições de declividade e produtividade florestal**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

CACAU, F.V.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; SOUZA, F.C. Decepa de plantas jovens de Eucalipto e manejo de brotações, em um Sistema Agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.11, p.1457-1465, nov. 2008.

CAMARGO, F. R. A.; SILVA, C.R.; STAPE, J.L. Resultados experimentais da fase de emissão de brotação em *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 115-122, 1997.

- CARMO, F. C. de A. **Logística operacional da colheita florestal no sul da Bahia. 2013.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES.
- CENIBRA. **Cartilha de recomendações técnicas.** Fomento florestal Cenibra. s. ed.. Belo Oriente – MG, s.d. 32p.
- CONWAY, S. **Logging practices;** principles of timber harvesting systems. São Francisco, Miller Freeman, 1976. 416p.
- COSTA, E. M da. **Avaliação do desempenho e de custos de um *harvester* em floresta de eucalipto de baixa produtividade, 2012.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.
- FAO. **Review of forest management of tropical Asia.** s.l., FAO, 1989. 229p. (FAO Forestry Paper, 89).
- FERRARI, M. P.; FERREIRA C.A.; SILVA, H.D **Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia.** Colombo : Embrapa Florestas, 2004. 28 p.
- FERREIRA, E.B., CAVALCANTI, P.P., NOGUEIRA, D.A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista de Estatística da UFOP**, Ouro preto - MG, p. 1-9, 2011.
- FIEDLER, N. C. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- FONTES, J. M.; MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 265.
- FREITAG, Â. S. **Crescimento de brotações de um clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em função da disponibilidade de nutrientes no solo e da aplicação de fitoreguladores na cepa.** 2013. Tese (doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.
- GARCIA, J. N.; PEREIRA, M.G. **O eucalipto e a pequena propriedade rural.** Piracicaba: Casa do Produtor Rural, 2010. 59p.
- GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; BAZANI, J. H.; HAKAMADA, R. E. Nutrição e adubação da cultura do eucalipto manejada no sistema de talhadia. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras,** Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2014. p. 349-382.
- GRAÇA,L. **Encontro brasileiro de planejamento florestal,** 1. Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1989. 355p.

HIGA, R.C.V; MORA, A.L, HIGA, A.R. **Plantio de Eucalipto em pequena propriedade rural**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2000. 24p.

HIGA, R.C.V; STURION, J.A. Capacidade de brotação em subgêneros e espécies de *Eucalyptus*. Embrapa/CNPQ. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 23-30, mai, 1997.

HOLTZSCHER, M.A.; LANFORD, B.L. Tree diameter effects on cost and productivity of cut-to-length systems. **Forest Products Journal**, v. 47, n. 3, p. 25-30, 1997.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório IBÁ 2015**. Brasília, 2015. 64 p. Disponível em: < http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Disponível em:** <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 20 de agosto de 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF Silvicultura e Manejo. 2008. **Disponível em:** <<http://www.ipef.br/silvicultura/manejo.asp>>. Acesso em 18 de março de 2014.

JOHANSSON, J. Excavators as base machines in logging operations. **Journal of Forest Engineering**, Fredericton, v. 7, n. 1, p. 7-17, 1995.

KLEIN, J.E.M.; BORTOLAS, E.P.; ASSIS, T.F.; PERRANDO E.R. Fatores operacionais que afetam a regeneração do *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica – IPEF** 1997; 11 (30): 95-104.

KOMATSU –**Tratores florestais**. Especificações – Ficha técnica Komatsu Cabeçote *Harvester*. Disponível em: <<http://www.komatsuforest.com.br/default.aspx?id=20300&mode=specs&rootID=>>>. Acesso em: 18 de março. 2014

KOMATSU –**Tratores florestais**. Especificações – Ficha técnica Komatsu PC200 *Harvester*. Disponível em: <<http://www.komatsuforest.com.br/default.aspx?id=65786&mode=specs&rootID=20284>>. Acesso em: 18 de março. 2014.

LACERDA, L.C. **Colheita florestal mecanizada em módulos próprios e terceirizados**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

LEITE, E. S. **Desenvolvimento de planos de colheita florestal de precisão utilizando tecnologias de geoprocessamento**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

LIMA; J. S. de S.; LEITE, Â. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 46-73.

LOPES, H.N.Scamar. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma**. 2012. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

LOUREIRO, A. M. Condução dos Povoamentos. Apontamentos de Silvicultura. Universidade de Trás-dos Montes e Alto Douro. 2 a Edição, **Série Didática**. Vila Real - Portugal. 30 p., 1991.

MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa - MG: Editora UFV, 2008. v. 1. 526p.

MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita Florestal**. 3. Ed. Viçosa - MG: Editora UFV, 2014. v. 1. 543p.

MACHADO, C.C. **Exploração florestal**, 6. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1989. 34 p.

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

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. **Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal**. Revista Cerne, Lavras, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; CASTRO, G.P. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal.. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 17-45.

MAGALHÃES, P. A. D.; KATZ, I. Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita florestal com *harvester* em uma indústria madeireira. *Tékhnē e Lógos*, Botucatu, SP, v. 2, n. 1, p. 1-20, 2010.

MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Editor). **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2002. cap 6, p. 145-164.

MALINOVSKI, J.R., CAMARGO, C.M.S. A Eucaliptocultura no contexto brasileiro, **Revista Madeira**, Brasília, nº 59, Set., 2001. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=11&subject=Eucaliptocultura&title=A%20Eucaliptocultura%20no%20Contexto%20Brasileiro>. Acesso em: 15 jun. 2015.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de madeira para pinus na região sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF do Paraná, 1998, p. 83-87.

MARQUES, R.T. **Otimização de um sistema de transporte florestal rodoviário pelo método Pert/CPM**. Viçosa, MG: UFV, 1994, 95p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.

MORAES, A. C. **Análise do treinamento de operadores de máquinas de colheita de madeira**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

OLIVEIRA, C.H.R. **Decepa de plantas jovens de clone de Eucalipto e Condução da Brotação em um Sistema Agroflorestal**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

PANCEL, L. **Tropical forestry handbook**. New York: Springer-Verlag, 1993. 1738p. V1/V2.

PARISE, D.; MALINOVSKI, J. R. Análise e reflexões sobre o desenvolvimento tecnológico da colheita florestal no Brasil. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 12., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF do Paraná, 2002. p. 78-109.

PAULA, E. N. S. **Avaliação do desempenho e de custos de um harvester em floresta de eucalipto de baixa produtividade**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

PINTO JÚNIOR, J. E.; GARLIPP, R. C. D. Eucalipto. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p. 801-822.

PIRES, B.M. **Evolução dos subsistemas de corte em florestas plantadas**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 25 f. Monografia (Exigência para conclusão do curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. UFV. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, mai, 1997.

REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, A. R.; OLIVEIRA, A. D. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG. v. 7, n. 1, p. 30-43, 1983.

ROBERT, R. C. G. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita mecanizada em plantios de *eucalyptus* spp. em duas condições de relevo acidentado**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade federal do Paraná, Curitiba.

RICHARDSON, R.; MAKKONEN, I. The performance of cut-to-length systems in Eastern Canada. **FERIC Technical Report**, n. 109, p. 1-16, Nov. 1994.

RIBEIRO, N.; MUSHOVE, P.; AWAM, A.; SIMANGO, S. Caracterização ecológica da floresta de galeria do Rio Mecuburi na Reserva Florestal de Mecuburi, Província de Nampula. **IUCN**. Maputo. 2002.

SALES, F. O setor florestal avança para a mecanização. **Silvicultura**, v. 6, n. 19, p. 20-30, 1981.

SALMERON, A. A mecanização da exploração florestal. Piracicaba: **Série Técnica - IPEF**, n 88. 1980.

SANTOS, S.L.M.; MACHADO, C.C. Análise técnico-econômica do processamento de madeira de eucalipto em áreas planas, utilizando o processador. **Revista Árvore**, v.19, n.3, p. 346-57, 1995.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Comparação técnica e econômica entre *harvesters* de pneus e com máquina base de esteiras. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 185-191, jan.-mar., 2014

SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal**. Piracicaba, SP: LCF/ESALQ/USP, 1998. 130 p. (Apostila de Colheita Florestal).

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

SIMÕES, D. **Avaliação Econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com *harvester*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 611-618, dez. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do *harvester*. **Scientia Forestalis**, v. 38, n.85, p.107-114, 2010.

SIMÕES, J.W. BRANDI, R.M; LEITE, N.B. Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento. Brasília: **IBDF**, 1981. 131p.

SOUZA, F.C. **Crescimento e potencial energético de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto**. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

SOUZA JUNIOR, J. de O. **Análise econômica em plantios de pinus e eucalipto no planalto serrano catarinense**. 2012. 174p. Dissertação (mestrado engenharia florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica IPEF**. Piracicaba, v.11, n. 30, p.51-62, 1997.

STÖHR, G. W. D.; BAGGIO, A. J. Estudo comparativo de dois métodos de arraste principal do desbaste de *Pinus taeda* L. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, PR, n. 2, p. 89-131, 1981.

TROUP, R.S. **Silvicultural systems**. 2 ed. Oxford, Clarendon Press, 1966. 216p.

VALVERDE, S. R. **Análise técnica e econômica do sistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. 1995. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

VASCONCELLOS, V. A; CANEN, A. G; LINS, M. P. E. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação Benchmarking-Dea: o caso das refinarias de petróleo. **Revista Brasileira de Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p.51-67, 2006.

WAND-DEL-REY, C.B. **Análise operacional de *harvester* em sistema de toras curtas no sul do estado da Bahia**. 2011. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ.