

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

**EFEITO DO ÂNGULO DE DERRUBADA NO RENDIMENTO DO “FELLER
BUNCHER” EM FLORESTA DE “*Eucalyptus spp.*”**

THAIS MARIA MILLANI

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia (Energia na
Agricultura).

BOTUCATU – SP

Setembro – 2015

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

**EFEITO DO ÂNGULO DE DERRUBADA NO RENDIMENTO DO “FELLER
BUNCHER” EM FLORESTA DE “*Eucalyptus spp.*”**

THAIS MARIA MILLANI

Orientador: Paulo Torres Fenner

Co-Orientador: Paulo Roberto Arbex Silva

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Setembro – 2015

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

Millani, Thais Maria, 1988-
M645e Efeito do ângulo de derrubada no rendimento do "Feller Buncher" em floresta de "*Eucalyptus* spp" / Thais Maria Millani. - Botucatu : [s.n.], 2015
vii, 42 f. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Paulo Torres Fenner
Coorientador: Paulo Roberto Arbex Silva
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Colheita. 2. Mecanização florestal. 3. Colheita florestal. 4. Eucalipto - Rendimento. I. Fenner, Paulo Torres. II. Silva, Paulo Roberto Arbex. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIENCIAS AGRONOMICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: EFEITO DO ANGULO DE DERRUBADA NO RENDIMENTO DO
"FELLER BUNCHER" EM FLORESTA DE "*Eucalyptus* spp."**

AUTORA: THAIS MARIA MILLANI

ORIENTADOR: Prof. Dr. PAULO TORRES FENNER

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA
(ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. PAULO TORRES FENNER

Dep de Ciencia Florestal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu



Prof. Dr. EDUARDO DA SILVA LOPES

Departamento de Ciencia Florestal / Universidade Estadual do Centro Oeste



Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS

Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Data da realização: 02 de julho de 2015.

OFEREÇO

Ao meu avô (em memória) que sempre sonhou em me ver “estudada”, às minhas avós, sobrinhos Hugo e Laura e familiares.

“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um
homem de sucesso.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida.

A Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP – Campus de Botucatu; por ter sido minha segunda casa durante 7 anos.

Ao Prof. Dr. Paulo Torres Fenner pela orientação, confiança, paciência, amizade; por me ensinar que as respostas para as nossas perguntas estão sempre dentro de nós mesmos.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva pela co-orientação, amizade e carinho, por me incentivar sempre, independente das decisões.

A toda minha família, especialmente a minha mãe por estar ao meu lado em todos os momentos e me servir como exemplo de vida.

Ao meu companheiro e amor Carlos Renato Guedes Ramos, por me ensinar, compreender, ajudar, e estar comigo em todos os momentos bons e ruins, por mostrar que o verdadeiro amor existe.

Ao Grupo e Técnicas e Operações Florestais, especialmente ao Ricardo Miyajima, Rodrigo Tonin e Núria Quintana pelo trabalho compartilhado e amizade.

Ao Grupo de Plantio Direto pela amizade.

A todos os amigos (as) que acompanharam a minha caminhada.

SUMÁRIO	Página
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 A Cultura do Eucalipto	7
2.2 Colheita Mecanizada de Madeira	9
2.3 Sistemas de Colheita da Madeira	11
2.4 Corte de Madeira na Colheita	12
2.5 Feller Buncher	14
2.6 Desempenho Operacional	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Caracterização do Local de Estudo	18
3.2 Características Técnicas do Feller Buncher	19
3.3 Caracterização da Área Experimental	20
3.4 Descrição do Sistema de Colheita da Madeira	21
3.5 Amostragem e Delineamento Experimental	23
3.6 Análise Operacional	24
3.7 Atividades Efetivas do Ciclo Operacional	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Estudo de Tempos e Movimentos	26
4.2 Rendimento Operacional	30
4.3 Atividades Efetivas	33
5 CONCLUSÕES	36
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais características técnicas e dimensionais do Feller buncher.	19
Tabela 2: Características das parcelas.	20
Tabela 3: Percentual de bunchers e comprimento de eito nas angulações de derrubada nos tratamentos 1 e 2.	26
Tabela 4: Mediana do tempo total dos ciclos operacionais nos tratamentos 1 e 2.	27
Tabela 5: Comparação das médias dos tempos dos ciclos efetivos operacionais nas diferentes angulações em ambos os tratamentos.	28
Tabela 6: Comparação das médias dos tempos dos ciclos efetivos operacionais nas diferentes angulações em ambos os tratamentos.	29
Tabela 7: Comparação das médias dos tempos entre os tratamentos, desconsiderando as bordaduras e agrupando as angulações.	29
Tabela 8: Mediana dos rendimentos obtidos nos ciclos operacionais totais dos tratamentos 1 e 2.	30
Tabela 9: Comparação das médias dos rendimentos operacionais dos ciclos nas diferentes angulações.	31
Tabela 10: Comparação das médias dos rendimentos operacionais dos ciclos nas diferentes angulações em ambos os tratamentos.	32
Tabela 11: Comparação da média do rendimento entre os tratamentos, desconsiderando as bordaduras e agrupando as angulações.	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da região e talhão de estudo.	18
Figura 5: Feller Buncher marca John Deere equipado com cabeçote da marca Tigercat. .	20
Figura 2: Formação do buncher durante a basculada das árvores.....	21
Figura 3: Disposição dos feixes no tratamento 1.	22
Figura 4: Demonstração da disposição dos feixes no tratamento 2.	23
Figura 6: Tempo médio dos ciclos operacionais efetivos nas diferentes angulações.	28
Figura 7: Rendimento médio dos ciclos efetivos nas diferentes angulações, nos tratamentos 1 e 2.....	31
Figura 8: Frequência relativa (%) das atividades efetivas para o tratamento 1.....	33
Figura 9: Frequência relativa (%) das atividades efetivas para o tratamento 2.....	34
Figura 10: Tempo em porcentagem para as atividades parciais no tratamento 1.	34
Figura 11: Tempo em porcentagem para as atividades parciais no tratamento 2.	35

RESUMO

A elevada necessidade por produtos florestais resulta na constante exigência por maior produtividade de madeira, refletindo diretamente na evolução da mecanização florestal. A colheita florestal mecanizada promove maior rendimento do processo, proporcionando custos finais do produto mais competitivos ao mercado e maior capacitação de pessoas. O presente trabalho teve como objetivo realizar a análise operacional da colheita mecanizada do eucalipto com o trator florestal “Feller Buncher” realizando a derrubada de árvores em diferentes angulações. Foram aplicados dois tratamentos compostos por diferentes angulações de derrubada; sendo o primeiro formado por feixes de madeira depositados a 0°, 45°, 135° e 180° em relação ao alinhamento do plantio e o segundo formado por feixes de madeira depositados a 0°, 45°, 90°, 135° e 180° em relação ao alinhamento do plantio. A análise operacional do Feller Buncher foi realizada a partir do estudo de tempos e movimentos utilizando-se cronometragem de tempo contínuo. Foram cronometrados 400 ciclos operacionais para cada tratamento, sendo estes compostos por atividades efetivas cronometradas, buscando condições para melhoria operacional. No primeiro tratamento, aproximadamente 92% dos feixes de madeira foram basculados nas angulações 45° e 135°, enquanto no segundo tratamento, 74% dos feixes foram basculados na angulação 90°. A angulação de derrubada afeta o rendimento e o tempo do ciclo. A angulação de 45° foi a que apresentou menor tempo de ciclo e maior

rendimento no presente estudo. Houve diferença estatística entre os tempos e os rendimentos nos tratamentos 1 e 2. As angulações de derrubada da árvore à 0° , 45° , 135° e 180° apresentou menor tempo e maior rendimento em relação às angulações de derrubada das árvores à 0° , 45° , 90° , 135° e 180° . Menor variação de angulação apresentou melhor tempo de ciclo e rendimento.

EFFECT OF FELLING ANGLES IN THE EFFICIENCY OF “FELLER BUNCHER” IN “*Eucaliptus* spp.” FOREST

Botucatu, 2015. 49 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: THAIS MARIA MILLANI

Adviser: PAULO TORRES FENNER

SUMMARY

The high need for forestry products results in constant demand for increase in wood growth, reflecting in the evolution of forestry mechanization. The forestry mechanized harvesting promotes greater efficiency on the process, providing products final costs most competitive to trade and people training. This study aimed to carry out an operational analysis of eucalyptus mechanized harvest with Feller Buncher felling trees at different angles. Were applied two treatments composed by different felling angles, the first being formed by wood bundles disposed at 0°, 45°, 135° and 180° from the planting alignment and the second formed by wood bundles disposed at 0°, 45°, 90°, 135° and 180° from the planting alignment. The operational analysis of Feller Buncher was carried out by the study of time and motion using continuous timing. Were timed 400 operational cycles for each treatment, composed by timed effective activities, aiming improve on operational performance. In the first treatment most of bunchers were disposed at felling angles of 45° and 135°, while in the second treatment most of bunchers were disposed in the felling angle of 90°. The felling angle affects the yield and cycle time. The angle of 45° presented the shorter cycle time and higher efficiency in this study. There was statistical difference between the times and the efficiency in treatments 1 and 2. The felling angles of 0°, 45°, 135° and 180° showed less time and higher efficiency in relation to the felling angles of 0°, 45°, 90°, 135° and 180°. Less variation of felling angles showed better efficiency and cycle time.

Keywords: Forestry cut, felling, harvest, optimization. microplanning.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande potencial para o desenvolvimento do setor florestal, pois possui grande extensão de áreas que podem ser utilizadas para silvicultura além das condições edafoclimáticas favoráveis. O setor contribui de forma fundamental para economia brasileira na geração e formação do Produto Interno Bruto (PIB), de emprego, impostos, salários e balança comercial.

O âmbito florestal envolve recursos naturais como fauna, flora silvestre, mananciais de água e recursos produtivos como florestas plantadas e extração de óleos essenciais. A produção de eucalipto é um ramo relevante dentro do setor florestal podendo englobar segmentos do mercado como papel e celulose, siderurgia, carvão vegetal, painéis de madeira industrializada e produtos diversificados.

As questões ambientais em relação a florestas nativas e florestas plantadas são inúmeras, principalmente no que diz respeito aos impactos socioambientais que a mudança do ambiente natural para o ambiente produtivo pode causar. Diversos parâmetros precisam ser analisados antes de gerar afirmações sobre impactos causados, grande parte dos casos que envolviam resultados desfavoráveis sobre a eucaliptocultura eram consequências de mal planejamento. O cultivo de florestas plantadas, quando bem aplicado, resultou na diminuição da pressão exploratória de florestas nativas.

A necessidade da sociedade pelos produtos florestais resulta em uma alta produtividade de madeira e consequentemente a busca na evolução da mecanização florestal, fato possível de ser observado nas alternativas de máquinas disponíveis no mercado para o processo de colheita. A colheita da madeira é uma etapa importante no processo produtivo por ser responsável pelo processamento da madeira que chegará até o destino final, além de participar significativamente no custo por metro cúbico de madeira.

A colheita mecanizada da madeira pode promover maior rendimento do processo, proporcionando custos finais do produto competitivos ao mercado e logística eficiente, porém, exige investimento em tecnologia e capacitação dos operadores. O mercado oferece diversas opções para colheita mecanizada, sendo interessante optar pela qual atende melhor as diretrizes do empreendimento florestal.

A análise de sistemas de colheita da madeira pode ser realizada sob contextos distintos: econômico, técnico, operacional e ambiental. A análise operacional pode ser baseada no estudo de tempos e movimentos que visa a racionalização na operação e pode gerar um aumento no rendimento da máquina e uma economia significativa na gestão da produção.

A mecanização envolvida na colheita da madeira possui um amplo histórico evolutivo, pois em tempos remotos era composta por equipamentos como serras duplas, motosserras, tratores agrícolas adaptados e a etapa de extração era feita com animais. Atualmente existem máquinas tecnologicamente desenvolvidas tais como Feller Bunchers, Harvesters, Skidders, Forwarders entre outros. A tecnologia empregada no sistema é proporcional ao investimento despendido, o estudo de tempos e movimentos também auxilia na adequação das máquinas para produção.

Máquinas tecnologicamente avançadas como o Feller Buncher possuem o objetivo de colher uma grande quantidade de metros cúbicos de madeira em um intervalo de tempo que atenda às necessidades de consumo da fábrica visando viabilidade econômica. A junção de fatores sociais e ambientais aos econômicos representa o maior desafio para as empresas do setor, onde a melhoria da produção é uma questão de sobrevivência no mercado.

O presente trabalho teve como objetivo realizar a análise operacional da colheita mecanizada do eucalipto com o Feller Buncher, em diferentes angulações de derrubada de árvores em área plana.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A expansão da silvicultura no Brasil apresentou três fases. A primeira fase correspondeu ao período que vai do descobrimento do Brasil até o início dos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento/florestamento no período de 1500 a 1965; a segunda fase abrangeu o período de vigência dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento de 1966 a 1988 e a terceira fase cobre o período pós-incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento, de 1989 até hoje (ANTONÂNGELO; BACHA, 1998). Segundo os autores, a primeira fase foi abordada, superficialmente, por poucos trabalhos, já a segunda fase foi o foco de diversos trabalhos, enquanto a terceira fase ainda carece de trabalhos.

Mora e Garcia (2000) relataram que as plantações florestais contribuem significativamente para a melhoria da qualidade de vida, na medida em que proporcionam um amplo leque de benefícios econômicos, sociais e ambientais. Entre os benefícios podem ser citados a geração de empregos, o fornecimento de produtos competitivos na economia globalizada, a proteção das florestas nativas, a retenção de CO₂ da atmosfera e a contribuição para regulação do ciclo hídrico.

A cobertura florestal no território brasileiro, associada a excelentes condições edafoclimáticas (solo e clima) para a silvicultura, confere ao país grandes vantagens comparativas para atividade florestal. Esses fatores, aliados ao desenvolvimento

tecnológico no plantio de florestas, transformam as vantagens naturais em competitividade real. (JUVENAL; MATTOS, 2002).

O Brasil possuía 7,2 milhões de hectares plantados de eucalipto, pinus e demais espécies. Em 2013, a receita bruta totalizou R\$ 60 bilhões, o que representou 6% do Produto Interno Bruto (PIB) Industrial. As exportações somaram cerca de US\$ 8 bilhões, o equivalente a 3% das exportações brasileiras. O setor de árvores plantadas também foi responsável por cerca de 5 milhões de empregos diretos, indiretos, e resultantes do efeito-renda. Os projetos de investimento das empresas, em andamento ou previstos, que visam ao aumento dos plantios, ampliação de fábricas e novas unidades, foram na ordem de R\$ 53 bilhões de 2012 a 2020. O objetivo desse investimento foi garantir melhoria contínua dos processos produtivos, eficiência nas atividades florestais e industriais e, conseqüentemente, redução de perdas e impactos potenciais (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014).

2.1 A Cultura do Eucalipto

Com a necessidade da substituição da madeira de florestas nativas de difícil reposição, a silvicultura no Brasil teve início no século passado. O eucalipto foi a principal espécie exótica introduzida pela Companhia Paulista de Ferro em 1904 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2006).

Segundo a ABRAF (2006), o silvicultor Edmundo Navarro de Andrade foi responsável por introduzir o gênero ao Brasil, descobrindo assim o bom desenvolvimento da espécie; em 1909 a Companhia Paulista de Ferro iniciou os plantios comerciais com essa espécie. Em 1960 com o programa de incentivo fiscal aos plantios florestais associado aos investimentos por parte das indústrias de celulose e papel e siderurgia, os plantios em larga escala tiveram um impulso e o desenvolvimento do melhoramento genético e da tecnologia clonal de eucalipto.

O eucalipto pode ser visto como uma solução para atender a demanda de madeira para sociedade diminuindo a pressão sobre as florestas nativas. As questões ambientais estão cada vez mais ganhando ênfase, e a monocultura do eucalipto desperta questões sobre efeitos socioambientais, tais como empobrecimento do solo, impacto sobre a umidade do solo e baixa biodiversidade. Entretanto essas questões envolvem quesitos sociopolíticos e econômicos, pois diversos estudos não apresentam

discrepâncias significativas quando relacionam eucalipto e meio ambiente. Para afirmar tais considerações pejorativas é preciso analisar as condições prévias de plantio, o regime hídrico da região, o bioma de inserção da atividade silvicultural, as técnicas de manejo empregadas e a integração da população local (VITAL, 2007).

Segundo Gama-Rodrigues et al. (2008), parâmetros como biomassa e atividade microbiana são sugeridas para avaliar alterações no solo provocadas por mudanças no uso da terra. Quando comparamos esses parâmetros na serrapilheira e no solo decorrente da substituição de cobertura florestal nativa por eucalipto, é necessário também avaliar os sítios florestais estudados podendo variar com as condições de clima e solo. Normalmente é observado maior quantidade de serrapilheira em plantações de eucalipto do que em florestas nativas, devido a maior relação carbono-nitrogênio. Quanto aos teores de carbono e de nitrogênio na biomassa microbiana são mais freqüentemente observadas no solo do que na serrapilheira quando comparadas florestas nativas e reflorestamento de eucalipto. A biomassa microbiana da serrapilheira representa uma reserva de carbono e nitrogênio maior do que a biomassa microbiana do solo, constituindo-se num compartimento de relevante contribuição a solos com baixos teores desses nutrientes.

A ciclagem de nutrientes em povoamentos de eucalipto permite avaliar possíveis alterações decorrentes de técnicas de manejo aplicadas e possibilita inferir sobre a sustentabilidade das plantações. Em geral, o eucalipto produz serrapilheira relativamente pobre em nutrientes, em razão de sua eficiente ciclagem bioquímica (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

O eucalipto é uma espécie capaz de se adaptar em solos com baixo teor de nutrientes; a ocorrência de simbioses radicais (micorrizas) e o uso baixa quantidade de nutrientes para produzir biomassa são os fatores consequentes de um ciclo interno de nutrientes eficiente, principalmente em relação ao fósforo e nitrogênio (CRANE; RAISON, 1980; FLORENCE, 1986). Sendo assim, os eucaliptos são espécies que podem ser utilizadas para melhorar a qualidade dos solos, principalmente os solos decorrentes de áreas degradadas (DAVISDSO, 1985).

Almeida e Soares (2003) abordaram outra questão relevante quando diz respeito ao eucalipto: a água. Ao compararem o uso da água em plantações de *Eucalyptus grandis* e Mata Atlântica observaram que as plantações de eucalipto se comparam à floresta nativa quanto à evapotranspiração anual e ao uso de água do solo. O uso de água pela plantação pode ser inferior ao da floresta nativa, principalmente no início

do ciclo. Se considerarmos o ciclo de crescimento do eucalipto como um todo (cerca de 7 anos) pode consumir menos água que a mata nativa na região estudada. Em anos de precipitação em torno dos valores médios das normais climatológicas, ocorre equilíbrio entre oferta (precipitação) e demanda (evapotranspiração) para os dois ecossistemas. Em anos de menor precipitação, as reservas hídricas do solo são utilizadas tanto para o eucalipto quanto para a Mata Atlântica.

O manejo no uso do solo é fundamental para a qualidade da água; podendo esse influenciar em parâmetros da água como ph, oxigênio dissolvido, temperatura e quantidade de matéria orgânica quando se comparam coberturas vegetais de florestas nativas e florestas plantadas (BUENO et al., 2005).

Quando se analisa os âmbitos de sustentabilidade relacionados à eucaliptocultura, deve-se levar em conta que a gestão intensiva pode criar condições negativas no solo, por outro lado tem de ser praticada de modo a manter e contribuir para reforçar a qualidade do mesmo. O ponto crucial do problema reside na adoção de sistemas de gestão específicos aos sítios, o que requer conhecimento detalhado da distribuição dos solos na paisagem e das suas características físicas, químicas e biológicas que afetam a produtividade. É de extrema importância reconhecer os solos que não são aptos para a gestão intensiva, o que resulta na adoção de um mosaico paisagístico que tanto inclui plantações de gestão intensiva como povoamentos de gestão extensiva ou sistemas de proteção (FABIÃO et al., 2007).

2.2 Colheita Mecanizada de Madeira

A colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal que visa preparar e transportar a madeira até o seu local de utilização, empregando-se técnicas e padrões estabelecidos, tendo por finalidade transformá-la em produto final. Pode ser compreendida em suas três atividades básicas, ou seja, corte, extração e transporte, apresenta-se como o item de maior custo das atividades, podendo representar, aproximadamente, 80% do custo do metro cúbico de formação da floresta em condições de corte (TANAKA, 1986).

Segundo Machado (1989), a exploração e o transporte representavam 50% ou mais, do total dos custos finais da madeira posta na indústria. Atualmente os custos de colheita e transporte correspondem a 60 – 70% dos custos totais (MALINOVSKI et al., 2014)

A colheita representa a operação final de um ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos mais valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal. A maneira como é conduzido o traçamento das árvores obtidas na colheita ou corte raso é fundamental para estabelecer as quantidades de cada um dos diferentes tipos de produtos que podem ser obtidos da floresta (ARCE et al., 2004).

Existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, variando conforme a espécie florestal, a idade do povoamento, a finalidade a que se destina o produto, às condições gerais da área de colheita. Para cada condição específica existe um sistema de colheita mais indicado, a ser selecionado para que se proceda a colheita e o beneficiamento da madeira (SILVA et al., 2003).

As mudanças ocorridas no mercado nacional e internacional alteraram de forma significativa a estrutura produtiva das empresas que atuam no setor florestal, tornando necessária a implementação de medidas capazes de viabilizar a adequação das mesmas aos padrões internacionais de produtividade, qualidade e custos (SOUZA; PIRES, 2009).

A mecanização das atividades de colheita florestal é realidade em um grande número de empresas do setor florestal brasileiro, diferenciando o nível de mecanização. O mercado atual de prestação de serviços de colheita florestal é explorado por três grandes grupos de empresas: (a) grandes empresas: dispõem de máquinas leves, médias e pesadas, altamente sofisticadas; (b) empresas de médio porte: utilizam máquinas e equipamentos pouco sofisticados e mão-de-obra especializada; (c) pequenas empresas: continuam a utilizar métodos de colheita rudimentares e mão-de-obra pouco qualificada (MACHADO, 2002).

A velocidade de transição entre a utilização dos equipamentos de baixa tecnologia para os de alta tecnologia e as diferenças entre a tecnologia empregada nas máquinas e o conhecimento dos operadores foram significativas, gerando o aumento tecnológico do processo de mecanização florestal no Brasil. As máquinas de alta tecnologia e de alta produtividade geram um aumento de competitividade e, em decorrência justamente da mudança, impõem uma nova realidade na estruturação do processo, não apenas novas características para a atividade, mas sobretudo em relação às competências que os operadores de máquinas para a colheita florestal devem possuir (PARISE; MALINOVSKI, 2002).

Entre as máquinas mais utilizadas na exploração florestal se encontram os Feller Bunchers, que são tratores florestais cuja função é realizar a derrubada e o enleiramento da madeira (MOREIRA et al., 2004). Há também diversos sistemas em que a Harvester é a principal máquina utilizada na derrubada e processamento, que consiste em alguns casos, no descascamento das árvores, no desganhamento e no corte em toras de comprimento pré-determinado (traçamento), deixando as toras agrupadas e prontas para serem retiradas da área de colheita. (BURLA et al., 2012; SIMÕES et al., 2010)

Dada à grande quantidade de máquinas e equipamentos de corte e extração disponíveis no mercado, as empresas podem formar vários conjuntos de colheita que podem ser empregados, cabendo a cada empresa optar por aquele que seja mais adequado às suas peculiaridades (JACOVINE et al., 2001)

2.3 Sistemas de Colheita da Madeira

Os sistemas de colheita manuais de madeira foram os primeiros a serem adotados, em sua maioria, na exploração de florestas nativas, sem a preocupação com a racionalização e produtividade das atividades. A seleção de máquinas e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para redução dos custos e da dependência de mão de obra nas operações de colheita e transporte (LOPES, 2007)

A escolha da máquina ou sistema a ser empregado, varia em função de vários fatores, como topografia do terreno, declividade do solo, clima, comprimento da madeira, incremento da floresta, uso da madeira e, por último, o nível de tecnologia que se deseja (MACHADO, 2002).

Segundo Malinovski et al. (2014), o sistema de colheita de madeira compreende um conjunto de elementos e processos que envolvem a cadeia de produção e todas as atividades parciais, desde a derrubada até a madeira posta no pátio da indústria transformadora. A integração de máquinas relacionadas com as atividades parciais é um fator que caracteriza sistemas de madeira a serem adotados.

Os três critérios mais empregados para a definição do sistema de colheita utilizado são: o estado do objeto de trabalho na fase do arraste, o lugar onde é feito o acabamento das toras obtendo sortimentos comerciáveis e o grau de mecanização (STOHR, 1976).

Segundo a classificação da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 1978), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto a forma da madeira na fase de extração, ao local onde é realizado o processamento final e ao grau de mecanização.

Machado (1985) propôs a classificação de sistemas em : Sistemas de toras curtas, consiste no processamento da árvore no local de derrubada, sendo transportada para margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras, com menos de 6 metros de comprimento; Sistema de toras compridas, consiste no semiprocessamento (desgalhamento e destopamento) da árvore no local de derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio temporário em forma de fuste, com mais de seis metros de comprimento; Sistema de árvores inteiras, consiste na derrubada e deslocamento da árvore até a margem da estrada ou para o pátio intermediário, onde é processada; Sistema de árvores completas, consiste na arrancada da árvore com parte do sistema radicular e deslocamento para a margem da estrada ou para o pátio temporário, onde é processada; Sistema de cavaqueamento, consiste na derrubada e processamento da árvore no próprio local, sendo levada em forma de cavacos para um pátio de estocagem ou diretamente para a indústria.

2.4 Corte de Madeira na Colheita

O corte é a primeira etapa da colheita florestal, sendo uma operação de grande importância, pois influencia na realização das operações subsequentes. Compreende as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento, sendo uma operação de grande importância por ser a etapa inicial do preparo da madeira (SANT'ANNA, 2014).

A operação de corte que compreende a queda da árvore é uma das atividades mais perigosas durante a colheita da madeira. As árvores são grandes e pesadas, caindo com enorme força, capaz de danificar ou quebrar árvores vizinhas. A árvore cortada pode rolar ou deslizar encosta abaixo, causando danos a outras árvores ou perdendo-se na extração, sendo necessário que a segurança e a capacitação sejam prioritárias nessa operação (DYKSTRA; HEINRICH, 1996).

A maneira como é conduzido o traçamento das árvores obtidas na colheita ou corte raso é fundamental para estabelecer as quantidades de cada um dos diferentes tipos de produtos que podem ser obtidos da floresta. (ARCE et. al., 2004)

Segundo Dykstra e Heinrich (1996), as operações de corte adequadas devem garantir a segurança da equipe de corte e das pessoas que trabalham nas proximidades, reduzir ao mínimo os danos ao povoamento remanescente ou às matrizes, limitar os efeitos negativos ao solo e cursos de água, incrementar ao máximo o volume de madeira que pode ser aproveitado de cada árvore derrubada, aumentar o valor das toras preparadas para a extração e facilitar as atividades de remoção.

As operações de corte florestal devem ser planejadas com bastante antecedência em relação a sua execução, pois as principais características da tecnologia de colheita dependem dos custos de equipamento e mão de obra, da habilidade dos trabalhadores, localização e topografia das áreas florestais e da infraestrutura de apoio. De posse dessas informações, os locais específicos para colheita são selecionados e demarcados conforme o plano de manejo florestal, sistema de transporte, terreno e escala operacional desejada. No planejamento do corte, devem-se levar em consideração a minimização dos custos, a otimização dos rendimentos e a redução dos impactos ambientais (SANT'ANNA, 2014).

Ainda segundo Sant'anna (2014), os métodos de corte utilizados são: manual, semimecanizado e mecanizado. O surgimento e a evolução das motosserras livraram o trabalhador florestal de uma atividade rudimentar (corte manual), sendo o primeiro passo para aplicação gradual de máquinas na colheita florestal. Entretanto, o corte com a motosserra ainda é uma atividade perigosa e de elevada exigência física, merecendo, portanto, estudos para melhorar as condições de segurança, conforto e bem estar do trabalhador. O corte mecanizado, utilizando máquinas florestais como a Harvester e o Feller Buncher, contribuiu para diminuir o número de acidentes na atividade, melhorou as condições de trabalho e reduziu drasticamente o esforço físico do trabalhador. Além disso, a mecanização proporcionou o aumento da eficiência e da qualidade na atividade florestal.

Os implementos utilizados pelo Feller Buncher para realizar o corte podem ser de três tipos: sabre, tesoura e disco (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

O corte realizado com o sabre é similar ao efetuado com motosserra, com a diferença básica na força propulsora da corrente, pois com a motosserra a força é gerada por um motor de explosão, enquanto com o sabre ela é gerada por um motor hidráulico. Um ponto a ser salientado é que os Feller Bunchers de sabre desenvolvidos no Brasil não são acumuladores, ou seja, efetuam apenas o corte. O corte realizado com o cabeçote de tesoura pode apresentar algumas variações quanto ao número

de lâminas e ao sentido do corte. Os cabeçotes de guilhotina apresentam somente uma lâmina, a qual é introduzida frontalmente na árvore. Já os cabeçotes com duas lâminas podem ter movimentos laterais simultâneos ou uma Lâmina fixa e outra móvel para efetuar o corte (SANT'ANNA, 2014).

2.5 Feller Buncher

O surgimento do trator derrubador-acumulador (Feller Buncher) no Brasil deu-se no fim da década de 1970, quando, com base em modelos de máquinas americanas, a empresa Olinkraft desenvolveu um equipamento de corte acionado por uma bomba hidráulica que, ligada ao motor de uma máquina, acionava duas lâminas em forma de tesoura, efetuando assim o corte da árvore. As máquinas-base eram carregadeiras de rodas Caterpillar, modelo 930, e Michigan, modelo 555. A partir de 1986, esses implementos de corte começaram a ser fabricados pela Implementar. Até 1981 e Igaras em 1992, possuía 15 máquinas operando. Outra tentativa de desenvolvimento de Feller Bunchers no Brasil foi feita pela empresa Rome, que apresentou seis modelos diferentes de cabeçotes de tesoura em duas séries, diferenciadas basicamente pela forma de corte: a SH, possuindo uma lâmina com guilhotina, e a SJ, com uma lâmina rígida, com máquinas-base Caterpillar, modelos 931, 920, 930 e 225 (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

A partir da década de 1980 surgiram grandes alterações tecnológicas na colheita florestal, com a substituição das motosserras pelo Feller Buncher e Harvester (MALINOVSKI et al., 2008).

A mecanização nas atividades de colheita florestal tem aumentado significativamente desde a década de 1980, intensificando-se na década de 1990. Isso se deve, entre outros motivos, à necessidade de reduzir custos, implicando numa necessidade de aumento do rendimento da colheita, elevando o seu nível de produtividade (Silva et. al 2003).

O Feller Buncher é um trator florestal que pode ser encontrado no mercado em várias versões e denominações em razão da sequencia de atividades executadas. É movimentado através de pneus ou esteira e possui um cabeçote ou implemento frontal que faz o corte, acumula várias árvores e tomba-as (báscula), formando feixes de toras ou de árvores, empilhando-as para a posterior operação. O cabeçote é uma peça de construção rígida, onde está localizado o órgão de corte que pode ser composto por um disco dentado, uma tesoura de dupla ação, uma serra, ou um sabre e os braços

acumuladores, todos acionados por um sistema hidráulico (MACHADO, 2002; LIMA; LEITE, 2014)

O procedimento de corte consiste em fixar a árvore por duas garras na altura aproximada do DAP e em seguida, fazer o corte no nível do solo. Após o corte é acionado o braço acumulador, firmando uma ou mais árvores no cabeçote, reabrindo as garras e acionando o mecanismo de corte para nova operação, até atingir a capacidade de carga. Os feixes de árvores formados e tombados no solo podem formar ângulos de 45° ou 90° em relação à linha de plantio, podendo ser extraídos pelo skidder até o local de traçamento (LIMA; LEITE, 2014).

2.6 Desempenho Operacional

Segundo Silva et al (2007), o desempenho de máquinas florestais é fundamental para que as indústrias do setor possam otimizar as operações, como por exemplo, a de colheita. Várias são as máquinas envolvidas no processo de colheita florestal, dentre elas o Feller Buncher.

A produtividade das operações de colheita é uma das principais variáveis que condiciona a viabilidade da retirada de madeira dos projetos florestais, sendo, normalmente, inversamente proporcional ao custo por m³ (MALINOVSKI et al., 2006).

O conhecimento do comportamento da produtividade das máquinas para as diferentes condições de operação vem a ser uma importante ferramenta de trabalho na indicação e dimensionamento das máquinas necessárias para a atividade de mecanização (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998)

Segundo Wadouski (1987), citado por Malinosvski et al. (2006), as variáveis diretas que podem afetar a produtividade das máquinas são: os volumes a serem extraídos, a extensão da área a explorar, as características dos fustes, a porcentagem e diâmetro dos galhos, a topografia, a natureza dos solos e sua distribuição geográfica, a malha viária, a distância média de arraste, a intensidade e distribuição das chuvas e a necessidades de sortimentos diversos. Por outro lado, muitas outras variáveis são de difícil determinação (indiretas), e a intensidade com que irão afetar os trabalhos deve ser cuidadosamente estimada. Assim, o grau de erodibilidade dos solos, a estabilidade das áreas declivosas, a qualidade, habilidade e disponibilidade de mão-de-obra, as necessidades impostas pelo manejo florestal, os riscos de compactação dos solos e a possibilidade de bruscas variações climáticas impõem limitações, mais ou menos severas, à

aplicação dos sistemas de colheita de madeira, em função da conjunção positiva ou negativa.

Rendimento é o resultado da divisão de uma grandeza relativa, mensurável, por unidade de tempo. A base destes estudos é a estimativa da produção física em relação ao tempo (MAC DONAGH, 1994). A medição dos tempos resulta em ciclos que demonstrarão ao final os rendimentos de um colaborador, máquina e/ou implemento (STÖHR, 1981; MACHADO e MALINOVSKI, 1988).

O rendimento operacional pode ser determinado através do estudo de tempos e movimentos do trabalho, cujos objetivos são medir o tempo total e os tempos parciais necessários para realizar determinada tarefa, a fim de compreender os fatores que exercem influência sobre a atividade que está sendo desenvolvida. Para empresa, o estudo de tempos é empregado no planejamento, controle e racionalização das operações podendo resultar em aumento de rentabilidade o qual se manifesta através do aumento da produtividade ou pela redução dos custos de produção (FENNER, 2002).

Segundo Mialhe (1974), o estudo de tempos foi introduzido por Taylor e usado principalmente na determinação dos tempos padrões. Todavia, como o tempo gasto na execução de uma tarefa está intimamente associado ao método utilizado, logo surgiu a necessidade do estudo dos movimentos.

Mialhe (1974) define o estudo de movimentos e tempos como o estudo sistemático dos processos de trabalho com os seguintes objetivos: 1) desenvolver o método adequado, usualmente aquele de menor custo; 2) padronizar esse método; 3) determinar o tempo na execução de uma tarefa específica ou operação, e 4) orientar o treinamento dos operários, no método preferido”. Distinguem-se, assim duas partes importantes no estudo de movimentos e tempos: estudo de movimentos, que envolve a análise dos métodos de trabalho; estudo de tempos, abrangendo o dos tempos padrões e o dos tempos-máquinas.

O método de tempo contínuo caracteriza-se pela medição do tempo sem detenção do cronômetro. O pesquisador faz a leitura do cronômetro cada vez que acontece um ponto de medição, anotando a hora indicada no cronômetro sem detê-lo, junto ao nome da atividade parcial recém-concluída. O tempo requerido para cada trabalho parcial é calculado durante a avaliação por subtração entre a hora em que terminou a atividade parcial em questão e a hora em que a mesma se iniciou. A vantagem neste método é que as atividades parciais são anotadas na sequência em que ocorrem,

cronologicamente, facilitando a percepção de eventuais erros, bem como a identificação e cronometragem de atividades não previstas. Já o método de multimomento trabalha com cronômetros que giram continuamente. Neste método são medidos os tempos das atividades parciais, sendo determinados através da frequência com que ocorrem. Para isto, observa-se em determinados intervalos, quais atividades parciais estão sendo desenvolvidas e faz-se uma marcação no formulário dos tempos de trabalho (BARNES, 1977; FENNER, 2002).

Segundo Fenner (2002), as atividades efetivas englobam todos os movimentos planejados que ocorrem repetitivamente durante o decurso do trabalho e que resultam em produção ou são necessárias para realização do trabalho. As atividades efetivas indicam o grau de eficiência, ou efetividade. As atividades gerais são todas aquelas que ocorrem repetidamente ou casualmente, durante o decurso de trabalho, mas que não resultam em produção. A cada atividade parcial corresponde um tempo despendido na sua realização. Com o estudo de tempos e movimentos é possível encontrar o tempo de cada atividade parcial efetiva que compões o ciclo operacional. Na colheita florestal cada ciclo operacional está associado a um volume específico em metros cúbicos de madeira que a máquina colhe, e quando correlacionado ao tempo é possível determinar o rendimento em metros cúbicos por hora colhida.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do Local de Estudo

O estudo foi desenvolvido no mês de março do ano de 2014 em uma floresta homogênea de *Eucalypto spp.*, em regime de alto fuste, com idade de 11 anos. A floresta localizava-se na Fazenda Monte Carmelo, no município de Estrela do Sul (MG). O município possui coordenadas geográficas 18° 44' 46" Latitude Sul e 47° 41' 33" Longitude Oeste, no Estado de Minas Gerais.

A fazenda era subdividida em talhões, sendo o talhão utilizado para análise do Feller buncher correspondente ao número 1349 como mostra a Figura 1.

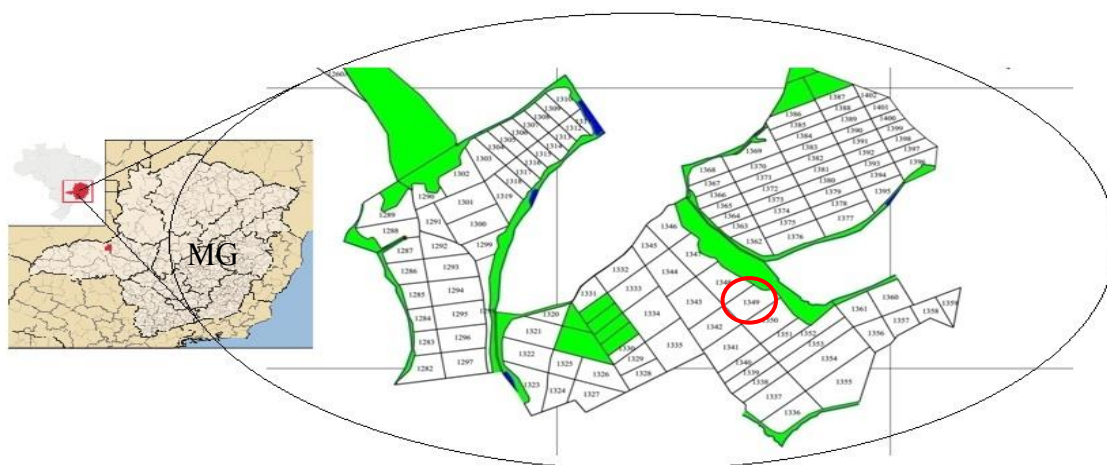


Figura 1: Localização da região e talhão de estudo.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Embrapa, 2006), o solo foi caracterizado como latossolo vermelho amarelo, ácrico típico, textura muito argilosa.

O clima da região foi caracterizado de acordo com o sistema de Classificação climática de Köppen-Geiger como Aw, clima tropical com estação seca. A pluviosidade média anual da região é entre 1.500 e 1.750 mm com uma temperatura média anual de 21,9°C.

3.2 Características Técnicas do Feller Buncher

Foi utilizado o Feller buncher com as características técnicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Principais características técnicas e dimensionais do Feller buncher.

Equipamento	Máquina Base	Cabeçote
Marca	John Deere	Tigercat
Modelo	903 J	5000
Ano de Fabricação	2010	2010
Potência Nominal (cv)	294	-
Cilindrada (L)	8,1	-
Rodados	Esteiras	-
Alcance da Grua (m)	8,4	-
Número de dentes cortadores	-	16
Área de Acúmulo (m ²)	-	0,52
Diâmetro de Corte (mm)	-	510
Peso (kgf)	28.725	2.175

Fonte: John Deere, (2014); Tigercat, (2014).

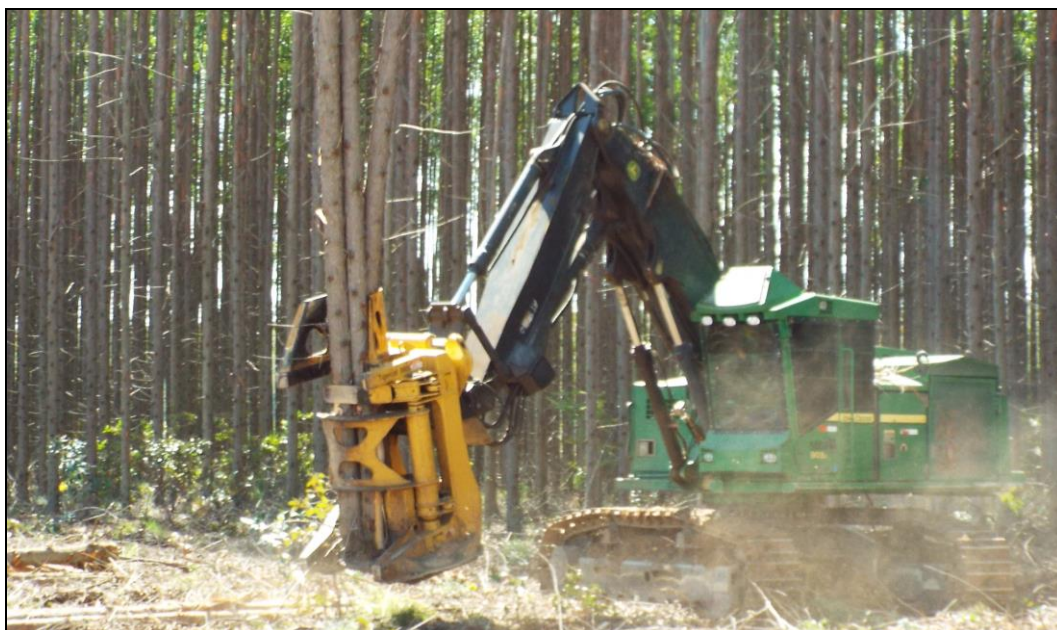


Figura 2: Feller Buncher marca John Deere equipado com cabeçote da marca Tigercat.

3.3 Caracterização da Área Experimental

Foram alocadas duas parcelas que eram constituídas de 3 eitos com 500 metros de comprimento e 12,8 metros de largura. Cada eito continha 4 linhas de árvores e o espaçamento utilizado entre árvores era de 2,80m X 3,20m.

Inicialmente realizou-se um inventário pré corte por meio de um censo para cada parcela, onde houve medições das relações hipsométricas das árvores e foi possível levantar as características apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características das parcelas.

Parcelas	Número de ciclos	Espaçamento (m)	Volume (m ³ /árvore c. c.)	Clone	Máquina
1	400	2,80 x 3,20	0,38	DE00156	Feller Buncher
2	400	2,80 x 3,20	0,38	DE00156	Feller Buncher

No momento da colheita identificou-se 400 ciclos para cada tratamento, a altura média do povoamento foi de 29,8 metros e o DAP (diâmetro a altura do peito) médio foi de 0,17 metros.

3.4 Descrição do Sistema de Colheita da Madeira

Foi empregado o sistema de árvores inteiras, onde a madeira era cortada e posicionada pelo Feller Buncher, posteriormente era arrastada pelo Skidder até a margem do talhão e traçada em toras de 6 metros pelo processador florestal.

O ciclo do Feller Buncher iniciava com o cabeçote se movimentando em direção as árvores para realizar o corte e acúmulo, em seguida a máquina realizava o movimento de basculada que também era denominado buncher (Figura 2). Os bunchers eram depositados no solo e podiam ocorrer em diversas angulações (0° , 45° , 90° , 135° e 180°) em relação ao alinhamento do plantio. A junção dos bunchers no solo correspondia a um feixe de madeira. Após o corte, acúmulo de árvores e basculada, o cabeçote voltava a posição inicial para realizar novamente o corte, dando início a um novo ciclo. O eito de corte era composto por 4 linhas onde a máquina se deslocava podendo cortar e acumular até 7 árvores por buncher.

Cada feixe de árvores no solo era composto por três bunchers e sua base era direcionada de acordo com o sentido de extração, que era realizada pelo Skidder. Na a etapa de extração, o talhão estava dividido em duas partes iguais, sendo que o Skidder arrastava metade da madeira do talhão para uma bordadura e a outra metade para a bordadura oposta, de forma a reduzir a distância máxima de extração, consequentemente, aumentando a eficiência da operação de colheita de madeira.



Figura 3: Formação do buncher durante a basculada das árvores.

No tratamento 1, o Feller Buncher cortava e formava os feixes com angulação de 0° , 45° , 135° e 180° em relação ao alinhamento do plantio (Figura 3). Nesse tratamento, a máquina começava depositando uma pequena quantidade de feixes a 0° para facilitar a extração pelo Skidder, em seguida, posicionava os feixes a 45° até a metade do talhão, onde começava a depositar os feixes a 135° e por último, já no final do talhão, derrubava a 180° gerando uma simetria bilateral.

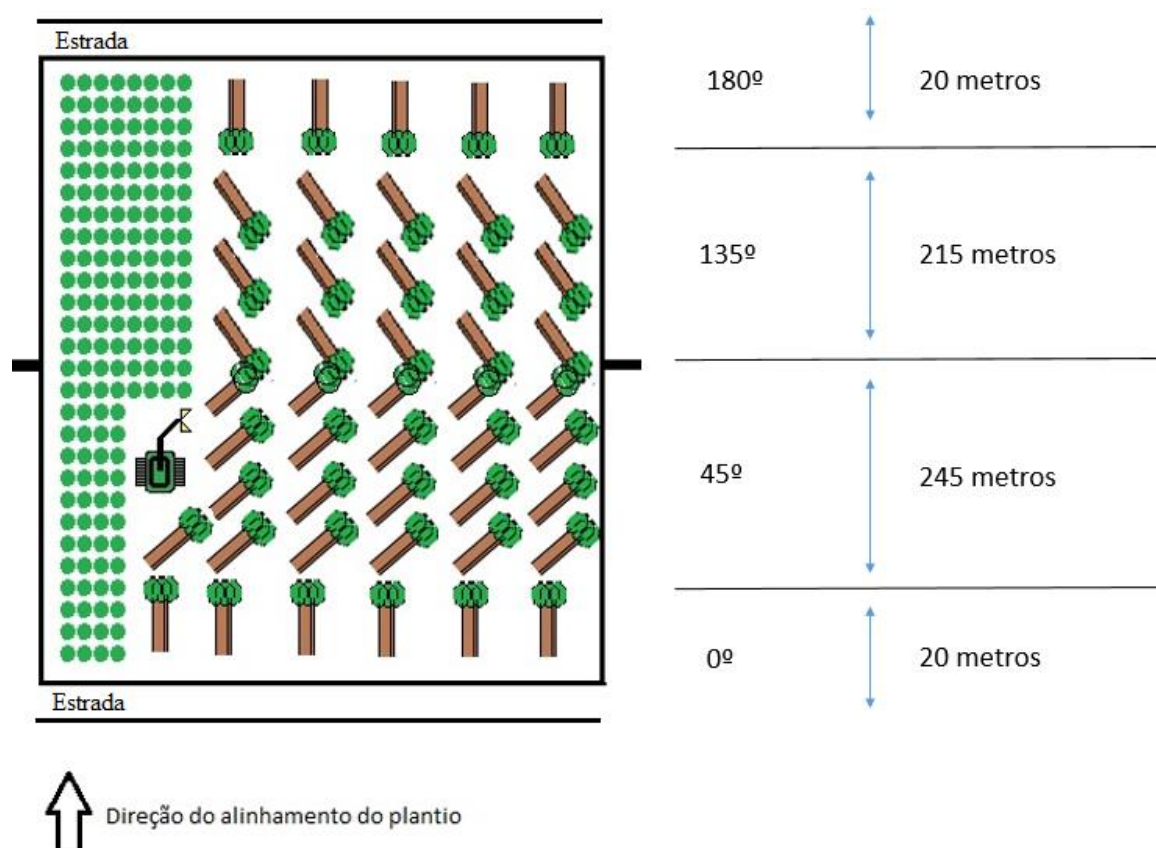


Figura 4: Disposição dos feixes no tratamento 1.

No tratamento 2, o Feller Buncher cortava e formava os feixes a 0° , 45° , 90° , 135° e 180° em relação ao alinhamento do plantio (Figura 4). Nesse tratamento, a máquina começava depositando uma pequena quantidade de feixes a 0° para facilitar a extração pelo Skidder, em seguida posicionava uma quantidade de feixes a 45° e a maior parte dos feixes eram depositados a 90° , dessa forma continuava passando o meio do talhão até começar a depositar uma quantidade a 135° , e por ultimo a 180° gerando uma simetria bilateral.

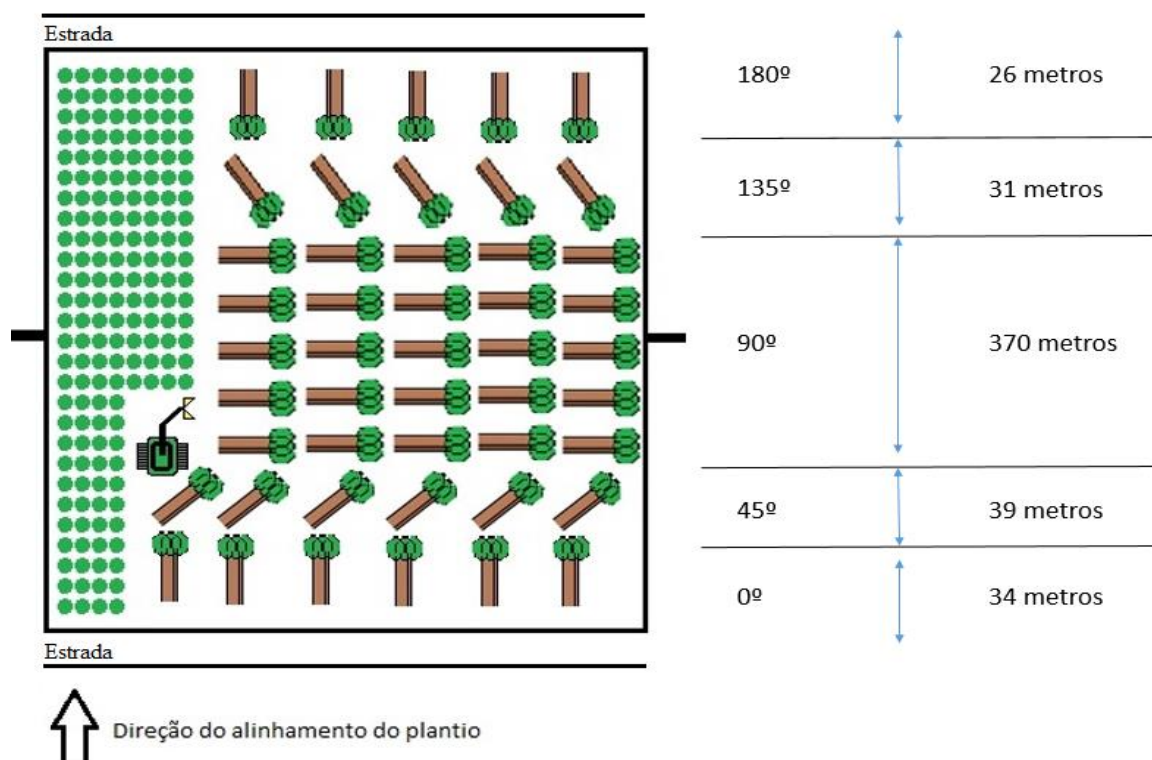


Figura 5: Demonstração da disposição dos feixes no tratamento 2.

3.5 Amostragem e Delineamento Experimental

Foi realizado um estudo piloto dos ciclos operacionais do Feller Buncher por angulação de derrubada, de modo a definir o número mínimo de observações necessárias, a fim de proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, em um nível de 95% de probabilidade, segundo metodologia proposta por Barnes (1977):

$$n \geq \frac{t^2 * CV^2}{e^2}$$

Em que:

n = número mínimo de ciclos necessários;

t = nível de probabilidade desejado a (n-1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação, em porcentagem; e

e = erro admissível, em porcentagem.

Considerando-se as observações necessárias, definiu-se a quantidade de ciclos necessários para cada angulação de derrubada e empilhamento dos feixes de árvores.

Para comparação dos tratamentos 1 e 2, empregou-se duas diferentes análises estatísticas. A primeira análise considerou o tempo (segundos) e o rendimento operacional efetivo ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) global de cada tratamento, não levando em consideração a variação de angulação dentro dos tratamentos, a análise estatística adequada foi a não paramétrica pelo teste de Mann Whitney já que os dados não apresentaram normalidade, como alternativa ao teste paramétrico t.

Na segunda análise (paramétrica), o tempo (segundos) e o rendimento operacional efetivo ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) foram analisados para cada variação de angulação entre os tratamentos. Foram utilizados modelos lineares generalizados com distribuição de probabilidade gama e função de ligação logarítmica (NELDER; WEDDERBURN, 1972; DIGGLE et al., 2002). A qualidade do ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (*deviance*).

Os tratamentos 1 e 2 foram considerados fatores, e suas respectivas angulações foram consideradas tratamentos. Podemos exemplificar sendo: Fator 1 correspondente ao tratamento 1 com seus respectivos tratamentos de 0° , 45° , 135° , 180° ; e Fator 2 correspondente ao tratamento 2 com seus respectivos tratamentos de 0° , 45° , 90° , 135° , 180° . Essa análise permitiu a comparação de todas as angulações entre si, e caracterizou-se um fatorial incompleto para variáveis de rendimento operacional efetivo (m^3/h), tempo (segundos) de cada combinação.

Para comparações entre tratamentos foi utilizado o teste *LSMeans* do procedimento *genmod* do programa SAS (SAS, 2012), construindo-se os contrastes necessários para as comparações entre os tratamentos. O erro de amostragem admissível fixado para ambas análises foi de 5%, a 95% de probabilidade.

3.6 Análise Operacional

A análise operacional do Feller Buncher foi realizada a partir do estudo de tempos e movimentos utilizando-se cronometragem de tempo contínuo. Esse método caracterizou-se pela medição do tempo sem detenção do cronômetro, isto é, de forma contínua. A leitura do cronômetro foi feita a cada vez que aconteceu um ponto de medição, anotando o horário indicado no cronômetro sem detê-lo, junto ao nome da atividade parcial recém-concluída. O tempo requerido para cada trabalho parcial foi calculado durante a avaliação por subtração entre o horário em que terminou a atividade parcial em questão e o horário em que a mesma se iniciou.

Na coleta de dados foram elaborados formulários de campo que continham o tempo das atividades parciais, o número de árvores por ciclo, o nome do operador e do pesquisador, a data e hora de início e término de coleta. Os formulários foram necessários para descrição de todas as informações do experimento. As atividades parciais subdividiram-se em atividades gerais e efetivas. O conjunto de atividades parciais efetivas formou um ciclo da máquina, o qual caracterizou-se por começar em uma atividade pré-definida e só começar novamente quando esta atividade se repete.

Foram cronometrados 400 ciclos operacionais para ambos tratamentos, todos levando em consideração o número mínimo de ciclos por angulação. A coleta de dados foi efetuada nos mesmo horários do dia, com condições climáticas semelhantes, permanecendo no mesmo talhão e com o mesmo operador.

3.7 Atividades Efetivas do Ciclo Operacional

O ciclo operacional do Feller Buncher foi composto pelas atividades efetivas parciais: *Corte (C)*, referente ao tempo que o cabeçote estava na posição paralela as árvores e movimentava-se em direção das mesmas cortando-as e acumulando-as; *Basculada (B)*, referente ao tempo que a máquina começava o movimento de virada do cabeçote para o “tombamento” das árvores, e terminava quando o cabeçote voltava à posição de corte (paralelamente as árvores em pé); *Arrumando feixe(AF)*, referente ao tempo em que a máquina encostava o cabeçote no feixe para função de arrumação da madeira; *Deslocamento (D)*, referente ao tempo que a máquina começava a deslocar-se no talhão para realizar ou dar continuidade a uma atividade; *Pegando árvores (PA)*, referente ao tempo em que a máquina deslocava o cabeçote em direção a apenas uma árvore que caiu fora do trajeto. Atividades como “corte” e “basculada” eram atividades produtivas, enquanto atividades como “arrumando feixe”, “deslocamento” e “pegando árvores” eram atividades auxiliares. As atividades gerais improdutivas como abastecimento e manutenção foram cronometradas e descontadas para o cálculo da produtividade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo de Tempos e Movimentos

Na Tabela 3 é mostrado o percentual de bunchers para cada angulação de derrubada dentro dos tratamentos.

Tabela 3: Percentual de bunchers e comprimento de eito nas angulações de derrubada nos tratamentos 1 e 2.

Angulação de derrubada	Tratamento 1		Tratamento 2	
	%	Comprimento (m)	%	Comprimento (m)
0°	3,75	20	6,82	34
45°	49,25	245	7,53	39
90°	-	-	74,35	370
135°	43,25	215	6,12	31
180°	3,75	20	5,18	26
Total	100	500	100	500

A maior parte dos bunchers formados no tratamento 1 foi realizada a 45° e 135° respectivamente, enquanto no tratamento 2 a maior parte dos bunchers foi

realizada a 90°. Em ambos os tratamentos as angulações de derrubada a 0° e 180° apresentaram menor porcentagem, pois ocorriam apenas nas áreas de bordaduras para facilitar o início da operação de extração pelo trator florestal Skidder. No tratamento 2, as angulações 45° e 135° também obtiveram menor porcentagem, pois foram realizadas apenas para facilitar a manobra do Skidder antes de iniciar a extração das árvores que foram tombadas a 90°.

Na primeira análise estatística global, a mediana de tempo (segundos) dos ciclos para os tratamentos 1 e 2 foi calculada com um erro admissível fixado de 5% através do Teste de Mann Whitney, como mostra a Tabela 4. Houve diferença entre os tempos dos ciclos nos dois tratamentos, sendo que o tratamento 1 apresentou menor tempo por ciclo.

Tabela 4: Mediana do tempo total dos ciclos operacionais nos tratamentos 1 e 2.

Tratamentos	Mediana dos tempos (s)
1	36,0 B
2	37,8 A
P value <0,0001	

Com a observação da máquina depositando os feixes no tratamento 1, foi possível perceber uma maior facilidade na operação na angulação 45°. O tratamento 1 possui maior quantidade de feixes na angulação 45°, o que pode explicar o resultado observado na Tabela 4.

Simões et al (2010) ao realizarem um estudo da avaliação técnica e econômica do Feller Buncher em diferentes condições operacionais, mostraram que a composição da linha de colheita e a disposição dos feixes de árvores influenciaram no rendimento operacional, sendo o tratamento de 45 graus com um eito de 4 linhas que apresentou maior rendimento.

Julgou-se necessário analisar o tempo médio do ciclo para cada angulação dos feixes. Para a segunda análise estatística utilizou-se modelos lineares generalizados com distribuição de probabilidade gama e função de ligação logarítmica; a comparação entre os tratamentos foi através do teste *LSMeans*. A Figura 6 e a Tabela 5

mostram a média do tempo (segundos) do ciclo efetivo nas diferentes angulações seguidas dos desvios padrão.

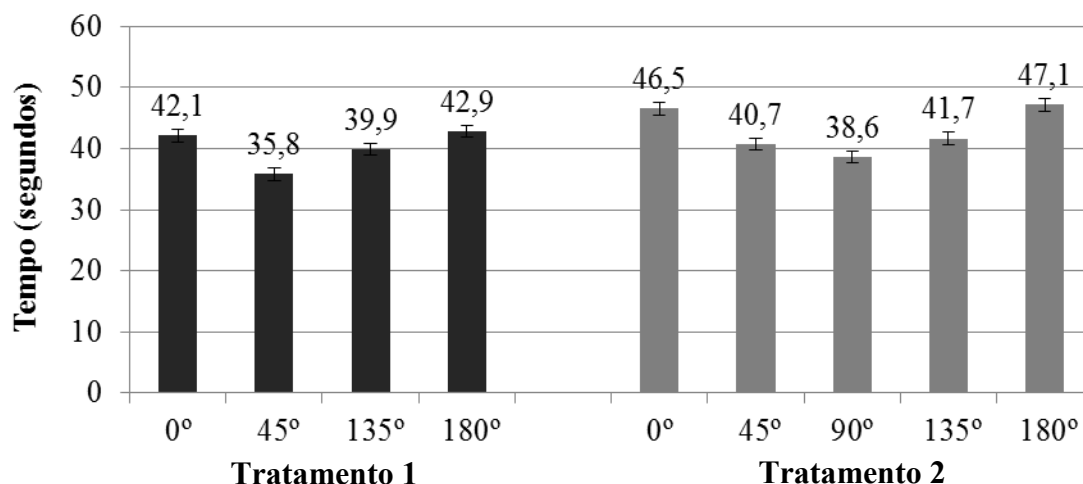


Figura 6: Tempo médio dos ciclos operacionais efetivos nas diferentes angulações.

A partir da Tabela 5 observou-se que o tempo do ciclo na angulação 45° do tratamento 1 foi menor em relação ao tempo do ciclo das outras angulações do mesmo tratamento e também em relação a angulação 45° do tratamento 2, gerando melhor resultado.

Tabela 5: Comparação das médias dos tempos dos ciclos efetivos operacionais nas diferentes angulações em ambos os tratamentos.

Tratamento	Angulação				
	0°	45°	90°	135°	180°
1	42,1 Ba	35,8 Ab	-	39,9 Ba	42,8 Ba
2	46,5 Ca	40,7 Aa	38,6 A	41,6 Aa	47,1 Ca

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula em linha e minúscula em coluna) não diferem entre si a 95% de probabilidade.

No tratamento 2, não houve diferença entre o tempo dos ciclos entre as angulações 45°, 90° e 135°. O tempo do ciclo nas angulações 0° e 180° foi igual para ambos os tratamentos.

Na Tabela 6 são apresentadas a comparação do tempo do ciclo de todas as angulações, em ambos os tratamentos. Foi possível observar que a angulação 45° do tratamento 1 foi diferente em relação a todas as outras angulações.

Tabela 6: Comparação das médias dos tempos dos ciclos efetivos operacionais nas diferentes angulações em ambos os tratamentos.

Tempo (segundos)		Tratamento 1			
		0°	45°	135°	180°
Tratamento 2	0°	NS	*	*	NS
	45°	NS	*	NS	NS
	90°	NS	*	NS	NS
	135°	NS	*	NS	NS
	180°	NS	*	*	NS

*p – value <0,05 ; **p-value <0,01; NS p-value >0,05.

Quando analisamos a angulação 0° do tratamento 1, o tempo do ciclo operacional não difere das demais angulações do tratamento 2. Já na angulação 135° do tratamento 1, o tempo do ciclo foi menor em relação a angulação 0° e 180° do tratamento 2, porém não foi diferente das angulações 45°, 90° e 135° do tratamento 2.

A angulação 180° do tratamento 1, apresentou o mesmo resultado que a angulação 0° do tratamento 1, o que pode ser caracterizada como efeito bordadura. Na bordadura o operador pode abrir e finalizar o eito da maneira mais eficiente de acordo com as condições do talhão. Em termos de tempo tratamento 1 foi mais eficiente no quando nos referimos as angulações da bordadura.

A Tabela 7 apresenta a comparação da média do tempo dos ciclos das angulações 45° e 135° do tratamento 1 com a média do tempo dos ciclos das angulações 45°, 90° e 135° do tratamento 2. Essa análise permite desconsiderar as bordaduras e as influencias que elas poderiam ter em cada tratamento.

Tabela 7: Comparação das médias dos tempos entre os tratamentos, desconsiderando as bordaduras e agrupando as angulações.

Tratamento	Agrupamento	Tempo
1	45° + 135°	37,8 A
2	45° + 90° + 135°	40,3 B

A média de menor tempo por ciclo foi encontrada no agrupamento 45° + 135° do tratamento 1.

4.2 Rendimento Operacional

O rendimento é um reflexo do tempo por ciclo operacional da máquina, bem como o volume médio por ciclo. Essas informações são necessárias para proporcionar uma visibilidade dos resultados e uma diversidade de informações maior ao produtor para planejamento de colheita de madeira.

No presente trabalho a quantidade média considerada de árvores por ciclo foi cinco, refletindo um volume médio por ciclo de 1.9 m³.

Fiedler et. al (2008) ao analisar as variáveis do ciclo operacional do Feller Buncher, observou que o volume da madeira exerceu maior influência no tempo operacional.

Silva et. al (2007) ao observar o desempenho operacional de um Feller Buncher, avaliaram 33 ciclos e não verificaram correlação funcional entre o tempo de um ciclo e o respectivo número de árvores colhidas, sendo essa ausência de associação atribuída a ação exercida por um conjunto de fatores ligados as condições de trabalho, povoamento florestal, modelo de máquina ensaiada e nível de treinamento do operador.

A mediana do rendimento dos ciclos para os tratamentos 1 e 2 foi calculada com o Teste de Mann Whitney como mostra a Tabela 8, para um erro admissível fixado de 5%. Houve diferença entre os tratamentos, sendo que o tratamento 1 apresentou maior rendimento, mostrando a influência da angulação 45° dentro do tratamento.

Tabela 8: Mediana dos rendimentos obtidos nos ciclos operacionais totais dos tratamentos 1 e 2.

Tratamentos	Mediana do Rendimento (m ³ .h ⁻¹)
1	184,9 A
2	175,4 B
P value <0,0001	

Julgou-se necessário analisar o rendimento médio dos ciclos para cada angulação dos feixes. Para a segunda análise estatística, utilizou-se modelos lineares generalizados com distribuição de probabilidade gama e função de ligação logarítmica, a comparação entre os tratamentos foi através do teste *LSMeans*.

A Figura 7 mostra a média do rendimento, seguida por seu desvio padrão, dentro de cada angulação no tratamento 1 e 2.

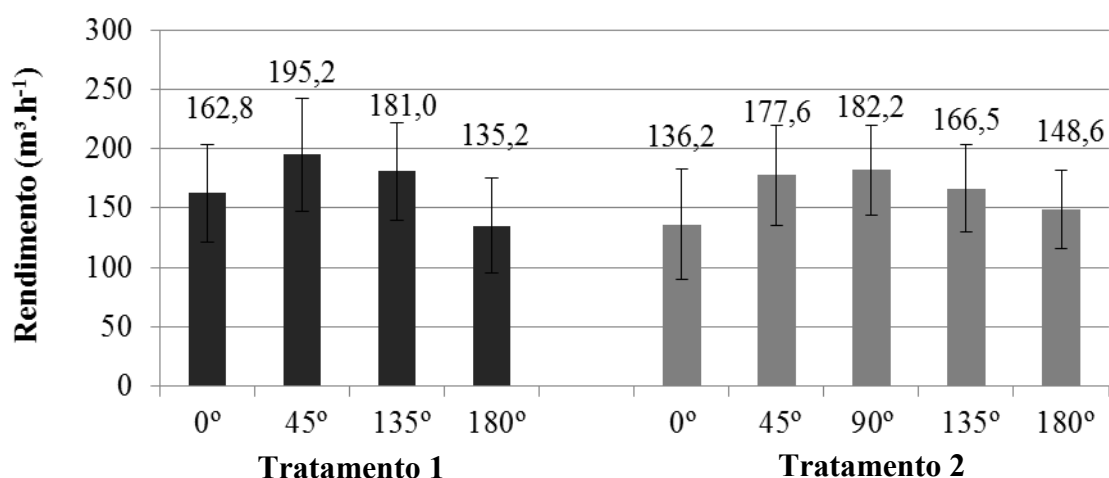


Figura 7: Rendimento médio dos ciclos efetivos nas diferentes angulações, nos tratamentos 1 e 2.

Foi possível observar na Tabela 9 que a angulação 45° do tratamento 1 apresentou maior rendimento em relação as outras angulações dentro do próprio tratamento e em comparação com a angulação 45° do tratamento 2. Não houve diferença no rendimento das angulações 45°, 90° e 135° do tratamento 2. A angulação 45° do tratamento 1 apresentou a maior média de rendimento gerando um melhor resultado.

Tabela 9: Comparação das médias dos rendimentos operacionais dos ciclos nas diferentes angulações.

Tratamento	Angulação				
	0°	45°	90°	135°	180°
1	162,8 Ba	195,2 Aa		181,0 Ba	135,2 Ca
2	136,2 Cb	177,6 Ab	182,2 A	166,5 ABa	148,6 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula em linha e minúscula em coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade.

O rendimento nas angulações 0° e 180° não foram iguais para o tratamento 1, sendo que a angulação 0° apresentou maior rendimento. No tratamento 2 as angulações 0° e 180° também se diferenciaram, sendo a angulação 180° a que apresentou maior rendimento.

Na Tabela 10 é apresentada a comparação do rendimento entre todas as angulações, em ambos os tratamentos. Foi possível observar que a angulação 45° do tratamento 1 foi diferente em relação a todas as outras angulações, inclusive da angulação 90° do tratamento 2.

Tabela 10: Comparação das médias dos rendimentos operacionais dos ciclos nas diferentes angulações em ambos os tratamentos.

Rendimento (m ³ . h ⁻¹)		Tratamento 1			
		0°	45°	135°	180°
Tratamento 2	0°	**	*	*	NS
	45°	NS	**	NS	*
	90°	NS	*	NS	*
	135°	NS	*	NS	*
	180°	NS	*	*	NS

*p – value <0,05 ; **p-value <0,01; NS p-value >0,05

A angulação 0° do tratamento 1 diferiu da angulação 0° do tratamento 2, esse fato está relacionado ao tempo que o operador dispende para abrir o eito. A angulação 0° e 180° em ambos os tratamentos podem ser consideradas bordaduras, o operador começa ou termina o eito com o intuito de facilitar a operação, de acordo com as dificuldades que ele pode encontrar como barrancos e volume diferentes de árvores.

A angulação 135° do tratamento 1 apresentou rendimento melhor em relação a angulação 0° e 180° do tratamento 2, porém não apresentou diferença entre angulações 45°, 135° e 90° do tratamento 2. A angulação 180° do tratamento 1 apresentou rendimento menor em relação aos rendimentos nas angulações 45°, 90° e 135° do tratamento 2 e foi igual aos rendimentos nas angulações 0° e 180° do tratamento 2. Esse resultado mostra o efeito bordadura em relação à angulação 0° e 180° de ambos os tratamentos.

A Tabela 11 apresenta a comparação da média do rendimento das angulações 45° e 135° do tratamento 1 com a média do rendimento das angulações 45°, 90° e 135° do tratamento 2. Essa análise permite desconsiderar as bordaduras e as influencias

que elas poderiam ter em cada tratamento. Desta forma pode-se verificar que o melhor rendimento foi obtido nas angulações 45° e 135°.

Tabela 11: Comparação da média do rendimento entre os tratamentos, desconsiderando as bordaduras e agrupando as angulações.

Tratamento	Agrupamento	Rendimento ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
1	45° + 135°	188,1 A
2	45° + 90° + 135°	175,4 B

Considerando os tratamentos sem as bordaduras, verifica-se que o melhor rendimento foi obtido no tratamento 1 (Tabela 11), que é estatisticamente diferente do tratamento 2.

4.3 Atividades Efetivas

As Figuras 8 e 9 mostram a frequência relativa com que as atividades efetivas ocorreram no tratamento 1 e 2, ou seja, em um total de 400 ciclos para cada tratamento, as atividades de arrumar feixe e bascular aparecem em todos os ciclos, obtendo frequência de 100% em ambos os tratamentos. Observou-se que atividades como arrumar feixe, deslocar e pegar árvores são esporádicas em ambos tratamentos, apresentando baixas frequências.

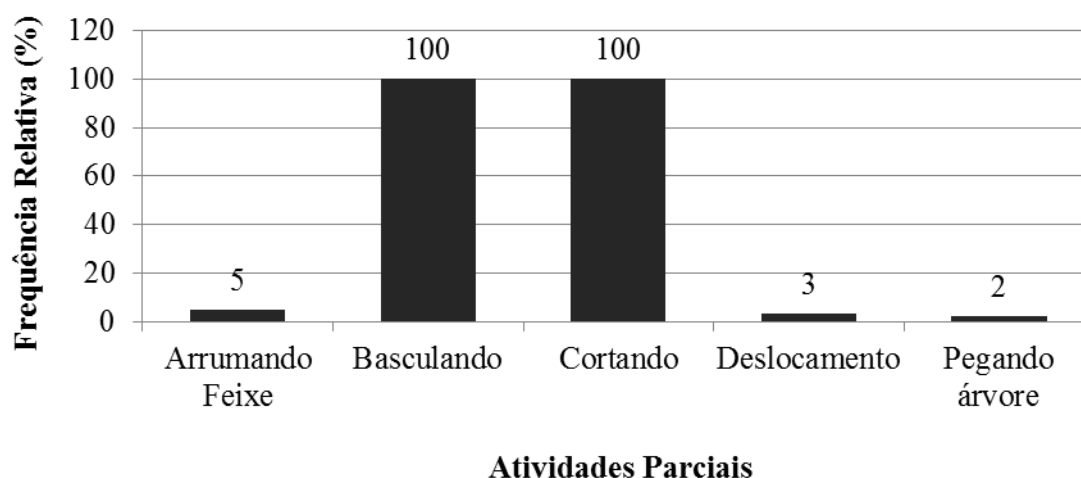


Figura 8: Frequência relativa (%) das atividades efetivas para o tratamento 1.

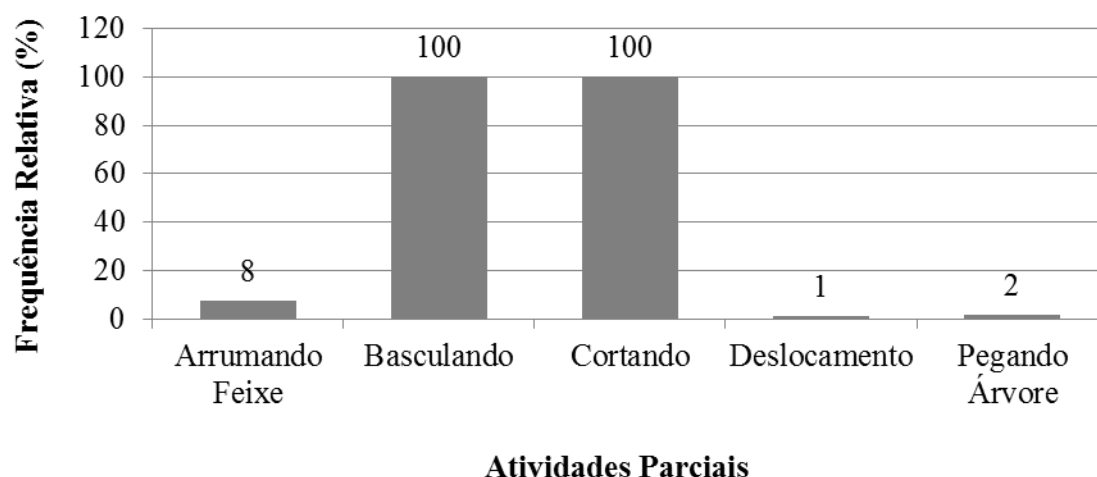


Figura 9: Frequência relativa (%) das atividades efetivas para o tratamento 2.

O sistema de colheita do Feller Buncher seria ideal se houvesse apenas as atividades como corte e basculada, mas ao se tratar de talhões que sofrem influências ambientais, as demais atividades tornam-se necessárias. Outro resultado ao observar a frequência das atividades é que a somatória do percentual das atividades arrumar feixe, pegar árvore e deslocar se aproximam para ambos tratamentos, sendo 10% e 11% para os tratamentos 1 e 2, respectivamente.

As Figuras 10 e 11 mostram os tempos das atividades efetivas em relação ao tempo total do tratamento. No tratamento 1 foi possível observar que de 100% do tempo total, 68% correspondeu a atividade de corte, 27% de basculada, 2% de arrumar feixe, 2% de deslocar e apenas 1% de pegar árvore.

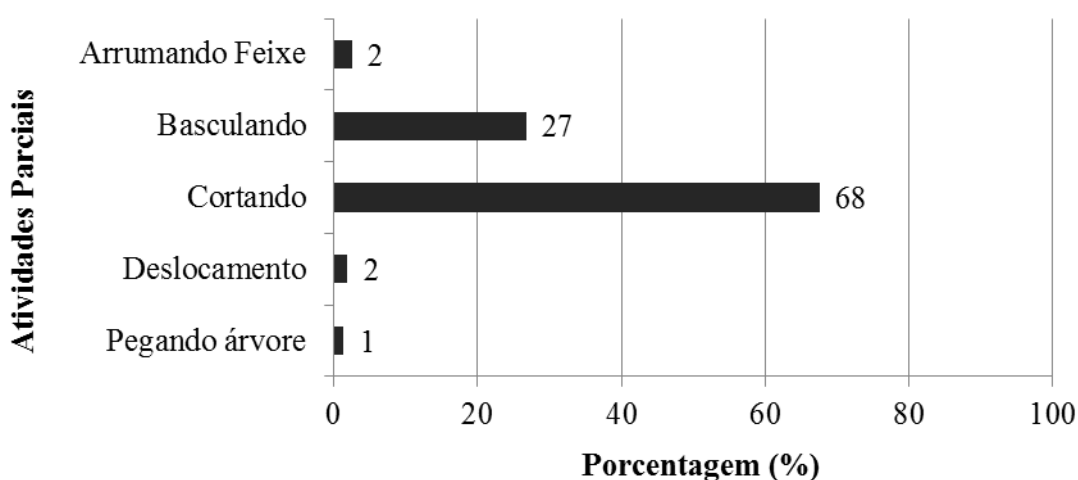


Figura 10: Tempo em porcentagem para as atividades parciais no tratamento 1.

No tratamento 2 foi possível observar que de 100% do tempo total, 71% correspondeu a atividade de corte, 25% de basculada, 3% de arrumar feixe, 1% de deslocar e 0% de pegar árvore.

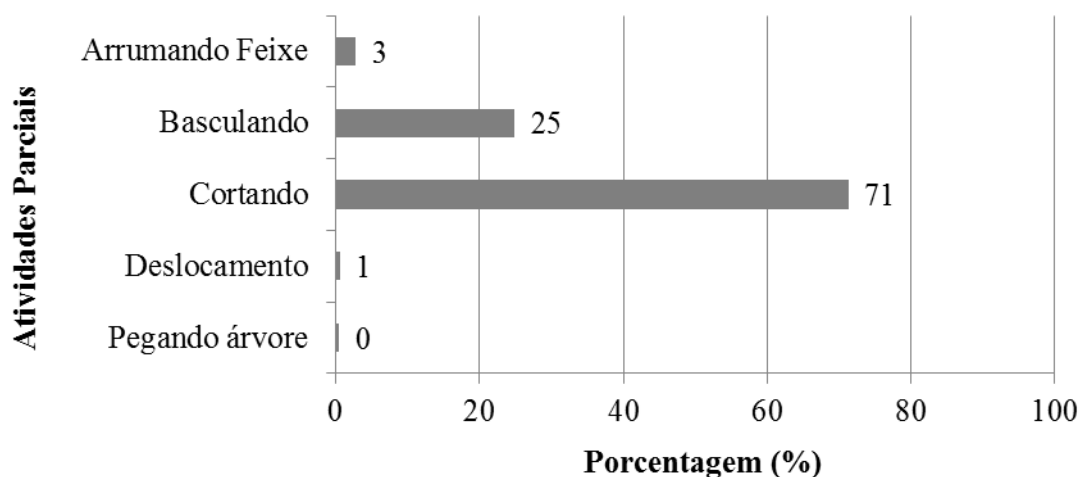


Figura 11: Tempo em porcentagem para as atividades parciais no tratamento 2.

Simões et al. (2010) ao realizarem a avaliação técnica do Feller Buncher, também encontraram o valor do corte correspondente a aproximadamente 70 % do valor total do ciclo, esse fato ocorreu no tratamento 1 e 2.

Nascimento et al. 2011, encontraram valores de 14% a 15% do valor total do ciclo para atividade de “deslocamento/descarga”, e 8% a 9% para atividade de deslocamento vazio; essas duas atividades juntas corresponderam a atividade de bascular do presente trabalho, e somadas aproximaram-se do valor encontrado neste trabalho de 27% (tratamento 1) e 25% (tratamento 2) do valor total do ciclo.

Outros autores como Moreira (2004), Fiedler et. al (2008) e Bertin (2010), encontraram valores diferentes no percentual das atividades efetivas em relação ao tempo total dos ciclos; esse fato deve-se a divisões do ciclo em atividades efetivas diferentes das adotadas no presente trabalho.

Simões (2010) ao realizar a análise do rendimento operacional do Feller Buncher, separou as atividades em “cortar”, “movimentar cabeçote”, “manutenção”, “tempo pessoal” e “manobrar”. As atividades de “cortar +movimentar cabeçote” equivalem as atividades de “cortar + bascular” do presente trabalho, em ambos o valor correspondeu a mais de 90% do tempo total do ciclo.

5 CONCLUSÕES

A angulação de derrubada afeta o rendimento e o tempo do ciclo.

A angulação de 45° foi a que apresentou menor tempo de ciclo e maior rendimento no presente estudo.

Houve diferença estatística entre os tempos e os rendimentos nos tratamentos 1 e 2.

As angulações de derrubada da árvore à 0°, 45°, 135° e 180° apresentou menor tempo e maior rendimento em relação as angulações de derrubada das árvores à 0°, 45°, 90°, 135° e 180°.

Menor variação de angulação apresentou melhor tempo de ciclo e rendimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, 2003.

ANTONÂNGELO, A.; BACHA, C. J. I. As fases da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 207-238, 1998.

ARCE, J. E.; MACDONAGH, P.; FRIEDL, R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 207-217, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico de 2005**, Brasília, 2006.

BARNES, R. M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1977, 635 p.

BERTIN, V. A. S. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1ª rotação**. 2010. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde, Conchal - SP. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.742-748, 2005.

BURLA, E. R.; FERNANDES, H.C.; MACHADO,C.C.;LEITE,D.M.; FERNANDES,P.S.. Avaliação técnica e econômica do harvester em diferentes condições operacionais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.20, n.5, set./out., 412-422 p., 2012.

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

DYKSTRA, D. P.; HEIRICH, R. FAO model code of forest harvesting practice. Rome, 15 p., 1996. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/V6530S/v6530s00.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

FABIÃO, A., MADEIRA, M., CORTEZ, N., MAGALHÃES, M.C., RIBEIRO, C. As plantações de eucalipto e o solo. In: O EUCALIPTAL EM PORTUGAL: IMPACTES AMBIENTAIS E INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA, **Anais...** Lisboa: 2007. p. 137-174.

FENNER, P. T. Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, 2002. 14p. Notas de aula da Disciplina Exploração Florestal.

FIEDLER, N. C.; ROCHA, E. B; LOPES, E. da S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p.577-586, out./dez. 2008.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Roma, 171p. 1978.

GAMA RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P.; SANTOS, G.A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, 2008.

GAMA-RODRIGUES, A.C. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n.2, p. 193-207, 2002.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. O Setor em números. 2014. 21 p. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/shared/2014.11.27.booklet-pt.pdf>. Acesso: Dezembro, 2014.

JACOVINE, L. A. G.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. S.; LEITE, H. G. Avaliação da perda de madeira em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 25,n. 4, p. 463-470, 2001.

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, n.16, p.3-30, 2002.

LIMA; S.S.; LEITE,A.M.P.; Mecanização In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3. Viçosa. Editora UFV, 2014, Cap. 2, p.46-72.

LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 124f. Tese (Doutorado em engenharia agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2007.

MACHADO, C.C.; MALINOVSKI, J.R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1988. 65 p.

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

MACHADO, C. C. O Setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa. UFV, 2002, p. 15-31.

MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. Planejamento. In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468p.

MACHADO, C. C., SILVA, E. N., PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 5-42.

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

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas In: **Colheita Florestal**. Viçosa. Ed UFV, 2002, Cap. 6, p.145-167.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 169-182, mai./ago, 2006.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; CASTRO, G.P. Sistemas In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa. Ed UFV, 2014, Cap. 6, p.178-205.

MIALHE, L.G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo. Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

MORA, A. L. & GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura, São Paulo, 2000.

MOREIRA, F.M.T., SOUZA, A.P. de, MACHADO, C.C., MINETTI, L.J., SILVA, K. R. et al. Avaliação operacional e econômica do “Feller buncher” em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p. 199-205, 2004.

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

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society Series A**, 135(3):370-384. Doi:10.2307/2344614.1972

PARISE, D.; MALINOVSKI, J.R. Análise e reflexões sobre o desenvolvimento tecnológico da colheita florestal no Brasil. **Seminário de atualização sobre Sistemas de Colheita de Madeira e transporte Florestal**. Anais.12. Curitiba, 2002.

SANT’ANNA, C.M. Corte In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa, Ed UFV, 2014, Cap. 3, p.74-105.

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

SILVA R. S.; FENNER P. T.; CATANEO A.; EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX. Desempenho de máquinas florestais de colheita: derrubador-processador slingshot sobre as esteiras. In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL 2003, **Anais...** Belo Horizonte: UFV/SIF, 2003. p. 267-179.

SILVA, C. B.; SANT’ANNA, C. M. ; MINNETE, L. J. Avaliação Econômica do “feller-buncher” utilizado na Colheita de eucalipto. **Revista Cerne**, v.9, n.1, p.109-118, 2003.

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

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

SIMÕES, D.; IAMONTI, I.C.; FENNER, P.T.Avaliação tecnica e economica do corte de eucalipto com feller buncher em diferentes condições operacionais. **Revista Ciência Florestal**, v.20, n.4, p.649-656, 2010.

SOUZA, M. A; PIRES, C. B. Colheita florestal: mensuração e análise dos custos incorridos na atividade mecanizada de extração. **Custos e agronegócio**. v. 5, n. 2, maio/ago. 2009.

STOHR,G.W.D. Análise de sistema de exploração e transporte em florestas plantadas. **Revista Floresta**, Curitiba, p. 57-76, 1976.

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

VITAL, M.H.F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, V.14, N. 28, P. 235-276, dez. 2007. Disponível em:<
http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4172/BNDES_Impacto-ambiental-de-florestas-de-Eucalipto.pdf?sequence=1>

WADOUSKI, L.H. O planejamento operacional na exploração das florestas. In: SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTOS, 1987, **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1987. p. 28-39.