

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

**INFLUÊNCIA DO RELEVO E DA EXPERIÊNCIA DOS OPERADORES NOS
RENDIMENTOS E CUSTOS DA COLHEITA DE MADEIRA DE EUCALIPTO**

RICARDO HIDEAKI MIYAJIMA

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

BOTUCATU-SP

Julho - 2015

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

**INFLUÊNCIA DO RELEVO E DA EXPERIÊNCIA DOS OPERADORES NOS
RENDIMENTOS E CUSTOS DA COLHEITA DE MADEIRA DE EUCALIPTO**

RICARDO HIDEAKI MIYAJIMA

Orientador: Prof. Dr. Paulo Torres Fenner

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

BOTUCATU-SP

Julho - 2015

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

M685i Miyajima, Ricardo Hideaki, 1988-
Influência do relevo e da experiência dos operadores nos
rendimentos e custos da colheita de madeira de eucalipto /
Ricardo Hideaki Miyajima. - Botucatu : [s.n.], 2015
xiv, 107 f. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

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

1. Eucalipto. 2. Colheita florestal - Custo operacional.
3. Colheita florestal - Planejamento. 4. Mecanização flo-
restal. I. Fenner, Paulo Torres. II. Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu).
Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "INFLUÊNCIA DO RELEVO E DA EXPERIÊNCIA DOS OPERADORES NOS
RENDIMENTOS E CUSTOS DA COLHEITA DE MADEIRA DE EUCALIPTO"**

AUTOR: RICARDO HIDEAKI MIYAJIMA

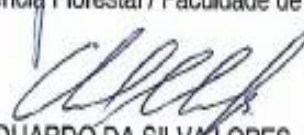
ORIENTADOR: Prof. Dr. PAULO TORRES FENNER

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



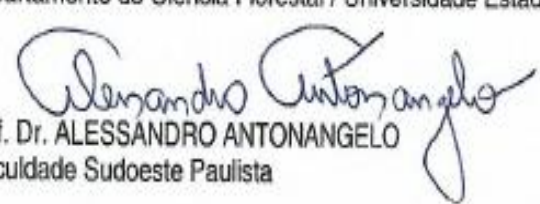
Prof. Dr. PAULO TORRES FENNER

Dep de Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu



Prof. Dr. EDUARDO DA SILVA LOPES

Departamento de Ciência Florestal / Universidade Estadual do Centro Oeste



Prof. Dr. ALESSANDRO ANTONANGELO
Faculdade Sudoeste Paulista

Data da realização: 01 de julho de 2015.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus queridos pais Masaru e Rosa, pelo amor incondicional, por sempre me apoiarem e incentivarem, através da educação me ensinando ser uma pessoa humilde, respeitando o próximo, dando conselhos para o meu bem, contribuindo de formas direta e indiretamente no meu crescimento.

Agradecimentos

Primeiramente à Deus por tudo.

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas através do programa de pós graduação Ciência Florestal pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo suporte financeiro.

Ao meu orientador e professor Dr. Paulo Torres Fenner pelos ensinamentos, apoio, amizade e ajuda.

Ao professor Dr. José Raimundo de Passos pela amizade, ajuda, contribuições para o desenvolvimento deste trabalho e pela participação na banca do exame de qualificação.

Ao professor Dr. Claudio Angeli Sansigolo pela ajuda, contribuições para o desenvolvimento deste trabalho e pela participação na banca do exame de qualificação.

Aos professores Dr. Eduardo da Silva Lopes e Alessandro Antonangelo por aceitaram fazer parte da banca examinadora.

À empresa Eucatex, por meio dos operadores, supervisores em especial ao amigo Gilberto Pereira pela ajuda, disposição e suporte.

Aos amigos e companheiros do laboratório de técnicas e operações florestais (Fernando, Núria, Rodrigo e Thais) pela amizade, ajuda e convivência.

Aos meus pais, Masaru e Rosa, que sempre me apoiaram, acreditaram para a realização deste trabalho. Ao meu irmão Ronaldo pela amizade e apoio. Agradeço-os por tudo.

À minha namorada Marina pela ajuda, paciência, companheirismo, amor, carinho, confiança, amizade e respeito.

Aos meus amigos Eduardo Fagian, Donizeti, João Arthur, João Victor e Vitor, pela amizade, respeito, união e convivência durante esses anos. Em especial ao Humberto de Jesus Eufrade Junior pela amizade, união, ajuda e ensinamentos.

Aos meus tios (Sadao, Kenko, Massao e Mané) e tias (Hitomi, Miyoko, Miko, Yassuko, Cristina, Yuriko, Emiko e Celina) pela ajuda, apoio, amparo, carinho e respeito.

À minha cunhada Luciana pela amizade, paciência, atenção, dedicação e grande ajuda na correção deste trabalho.

Aos meus sogros (Mário e Keiko) pela atenção, respeito, confiança e carinho.

Epígrafe

Se queremos progredir, não devemos repetir a história, mas fazer uma história nova.

Mahatma Gandhi

Sumário

Lista de Tabelas.....	X
Lista de Figuras	XIII
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1.Introdução	3
2.Revisão de Literatura	5
2.1 O setor florestal brasileiro	5
2.2 Mecanização.....	7
2.3 Colheita florestal	9
2.4 Sistema de colheita da madeira	10
2.5 Sistema de toras curtas (<i>Cut-to-length</i>).....	12
2.6 Sistema de toras longas ou fustes (<i>Tree-length</i>).....	13
2.7 Sistema de árvores inteiras (<i>Full tree</i>)	14
2.8 Sistema de árvores completas (<i>Whole-tree</i>)	14
2.9 Sistema de cavaqueamento (<i>Chipping</i>)	14
2.10 Feller Buncher	15
2.11 Skidder	16
2.12 Garra Traçadora.....	17
2.13 Fatores de influencia na colheita de madeira	17
2.14 Operador.....	18
2.15 Declividade	19
2.16 Densidade de estradas florestais.....	20
2.17 Distância média de extração.....	21
2.18 Rendimentos operacionais das máquinas florestais	21
2.19 Estudo de tempos e movimentos	22
2.20 Custos operacionais das máquinas florestais.....	23
2.21 Custos fixos (Cf)	23
2.21.1 Taxas de Juros	24
2.21.2 Depreciação.....	24
2.21.3 Abrigo	24
2.21.4 Taxas administrativas.....	25
2.21.5 Seguros	25

2.22 Custos variáveis (Cv)	25
2.22.1 Custos de combustíveis	25
2.22.2 Custos de lubrificação	26
2.22.3 Custos de reparos e manutenção	26
2.22.4 Custos de mão de obra	27
2.22.5 Custo de transporte de maquinário	27
3. Objetivos	28
3.1 Objetivo Geral	28
3.2 Objetivos específicos	28
4. Material e Métodos	29
4.1 Caracterização da área de estudo	29
4.2 Área experimental	31
4.3 Sistema de colheita de madeira	32
4.4 Operadores	32
4.5 Descrições das máquinas	33
4.6 Descrição dos procedimentos operacionais	35
4.6.1 Feller Buncher	35
4.6.2 Skidder	37
4.6.3 Garra traçadora	39
4.7 Coleta dos dados	42
4.8 Análise Técnica	42
4.9 Análise de custo	43
4.9.1 Juros	43
4.9.2 Depreciação	44
4.9.3 Abrigo	44
4.9.4 Taxas administrativas	45
4.9.5 Seguros	45
4.9.6 Mão de obra	46
4.9.7 Combustíveis	46
4.9.8 Lubrificação	46
4.9.9 Reparos e manutenção	47
4.9.10 Custo de transporte de maquinário	47
4.10 Estimativas do custo de produção	48

4.11 Estimativa do custo médio do sistema de colheita de madeira	48
4.12 Metodologia Estatística	48
5. Resultados e Discussão	49
5.1 Rendimento Feller Buncher	49
5.1.1 Tempo efetivo	51
5.1.2 Tempo médio das atividades parciais.....	52
5.1.3 Análise de custo do <i>Feller Buncher</i>	57
5.2 Rendimento Skidder.....	58
5.2.1 Tempo efetivo médio do Skidder	63
5.2.2 Tempo médio das atividades parciais do Skidder	67
5.2.3 Análise de custo do Skidder	84
5.3 Rendimento Garra traçadora	86
5.3.1 Tempo efetivo da Garra traçadora.....	87
5.3.2 Tempo médio das atividades parciais da Garra Traçadora.....	88
6 Conclusão.....	95
7 Recomendações.....	96
8 Referências Bibliográficas	97
Anexo 1- Ficha de Campo.....	106
Apêndice 1	107

Lista de Tabelas

Tabela 1. Tempo de experiência de cada operador e em qual situação de declividade foram avaliados.....	32
Tabela 2. Características técnicas do <i>Feller Buncher</i>	33
Tabela 3. Características técnicas do <i>Skidder</i>	34
Tabela 4. Características técnicas da Garra Traçadora.....	35
Tabela 5. Rendimento médio seguido de (desvio padrão) dos operadores do <i>Feller Buncher</i> na declividade ondulado e plano.....	50
Tabela 6. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores do <i>Feller Buncher</i> na declividade ondulado e plano.....	52
Tabela 7. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe) dos operadores do <i>Feller Buncher</i> na declividade ondulado e plano.....	52
Tabela 8. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (bascular) dos operadores do <i>Feller Buncher</i> na declividade ondulado e plano.....	53
Tabela 9. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (cortar) dos operadores do <i>Feller Buncher</i> na declividade ondulado e plano.....	53
Tabela 10. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (pegar árvore) dos operadores do <i>Feller Buncher</i> na declividade ondulado e plano.....	54
Tabela 11. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (giro vazio) dos operadores do <i>Feller Buncher</i> na declividade ondulado e plano.....	54
Tabela 12. Valores dos custos fixos médios do <i>Feller Buncher</i>	57
Tabela 13. Valores dos custos variáveis médios do <i>Feller Buncher</i>	58
Tabela 14. Custo médio de produção dos operadores do <i>Feller Buncher</i>	58
Tabela 15. Rendimento médio seguido de (desvio padrão) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	61
Tabela 16. Rendimento médio seguido de (desvio padrão) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	63
Tabela 17. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	66

Tabela 18. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	66
Tabela 19. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	68
Tabela 20. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	69
Tabela 21. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (carregar) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	70
Tabela 22. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (carregar) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	71
Tabela 23. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (descarregar) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	72
Tabela 24. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (descarregar) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	73
Tabela 25. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (largar) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	74
Tabela 26. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (largar) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	75
Tabela 27. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem carregada) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	76
Tabela 28. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem carregada) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	77

Tabela 29. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem vazia) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo distância e declividade.....	78
Tabela 30. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem vazia) dos operadores do <i>Skidder</i> segundo declividade e distância.....	79
Tabela 31. Valores dos custos fixos médios do <i>Skidder</i>	84
Tabela 32. Valores dos custos variáveis médios do <i>Skidder</i>	84
Tabela 33. Custo médio de produção dos operadores do <i>Skidder</i>	85
Tabela 34. Rendimento médio seguido de (desvio padrão) dos operadores da Garra Traçadora.....	87
Tabela 35. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores da Garra Traçadora.....	87
Tabela 36. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe) dos operadores da Garra Traçadora.....	88
Tabela 37. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar pilha) dos operadores da Garra Traçadora.....	89
Tabela 38. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar travesseiro) dos operadores da Garra Traçadora.....	89
Tabela 39. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (carregar na pilha) dos operadores da Garra Traçadora.....	90
Tabela 40. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (pegar árvore) dos operadores da Garra Traçadora.....	90
Tabela 41. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (pegar feixe) dos operadores da Garra Traçadora.....	91
Tabela 42. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (traçamento) dos operadores da Garra Traçadora.....	91
Tabela 43. Valores dos custos fixos médios da Garra Traçadora.....	94
Tabela 44. Valores dos custos variáveis médios da Garra Traçadora.....	94
Tabela 45. Custo médio de produção dos operadores da Garra Traçadora.....	94

Lista de Figuras

Figura 1. Localização do Município e a fazenda.....	30
Figura 2. Área experimental.....	31
Figura 3. Trator florestal <i>Feller Buncher</i> John Deere, modelo 903K.....	33
Figura 4. Trator florestal <i>Skidder</i> John Deere, modelo 848H.....	34
Figura 5. Garra Traçadora John Deere, modelo 200DLC.....	35
Figura 6. Esquema <i>Feller Buncher</i>	36
Figura 7. Esquema <i>Skidder</i>	38
Figura 8. Esquema Garra Traçadora.....	40
Figura 9. Rendimento médio e desvio padrão dos operadores do <i>Feller Buncher</i> nas duas declividades.....	49
Figura 10. Percentual das atividades parciais do operador 1 na declividade plano e ondulado.....	56
Figura 11. Percentual das atividades parciais do operador 2 na declividade plano e ondulado.....	56
Figura 12. Percentual das atividades parciais do operador 3 na declividade plano.....	57
Figura 13. Rendimento médio e desvio padrão dos operadores do <i>Skidder</i> nas diferentes classes de distância na declividade ondulado.....	59
Figura 14. Rendimento médio e desvio padrão dos operadores do <i>Skidder</i> na declividade plano.....	60
Figura 15. Rendimento médio e desvio padrão dos 6 operadores do <i>Skidder</i> na declividade plano.....	60
Figura 16. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) e desvio padrão dos operadores do <i>Skidder</i> na declividade ondulado.....	64
Figura 17. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) e desvio padrão dos operadores do <i>Skidder</i> na declividade plano.....	64
Figura 18. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) e desvio padrão dos 6 operadores do <i>Skidder</i> na declividade plano.....	65
Figura 19. Percentual das atividades parciais do operador 1 na declividade plano e ondulado.....	80

Figura 20. Percentual das atividades parciais do operador 2 na declividade plano e ondulado.....	80
Figura 21. Percentual das atividades parciais do operador 3 na declividade plano.....	81
Figura 22. Percentual das atividades parciais do operador 4 na declividade plano.....	81
Figura 23. Percentual das atividades parciais do operador 5 na declividade plano.....	82
Figura 24. Percentual das atividades parciais do operador 6 na declividade plano.....	82
Figura 25. Custo médio de produção do <i>Skidder</i>	85
Figura 26. Rendimento médio e desvio padrão dos operadores da garra traçadora nas duas declividades.....	86
Figura 27. Percentual das atividades parciais do operador 1 da garra traçadora na declividade plano e ondulado.....	92
Figura 28. Percentual das atividades parciais do operador 2 da garra traçadora na declividade plano e ondulado.....	93
Figura 29. Percentual das atividades parciais do operador 3 da garra traçadora na declividade ondulado.....	93

RESUMO

A mecanização na área florestal é cada vez mais frequente, principalmente na colheita da madeira, com a utilização de máquinas modernas e inovadoras. Com essa modernização, surge a necessidade de avaliações que possibilitem definir com maior precisão os benefícios que essas máquinas proporcionam. O objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação técnica e de custo de um sistema de colheita de árvores inteiras em dois tipos de declividade (ondulado e plano) e com diferentes operadores (tempo de experiência) em um plantio de eucalipto. As máquinas avaliadas foram: o *Feller Buncher*, o *Skidder* e a Garra traçadora. Para a análise técnica, foi realizado um estudo de tempos e movimentos, pelo método do tempo contínuo, determinando-se a eficiência operacional e o rendimento das máquinas componentes do sistema de colheita. Para a avaliação de custo, foi calculado o custo operacional e de produção através do método da ASABE. O custo operacional do *Feller Buncher* foi de R\$ 548,86 h⁻¹, para o *Skidder* foi de R\$ 377,10 h⁻¹ e de R\$ 318,26 h⁻¹ para a Garra Traçadora. O menor custo de produção foi constatado para a declividade plano para as três máquinas. O rendimento foi influenciado pelos diferentes operadores, pela declividade e pelas classes de distância (*Skidder*). A declividade plana apresentou um maior rendimento para as três máquinas.

Palavras-chave: colheita florestal, rendimento, custos, planejamento, tempos e movimentos.

INFLUENCE OF RELIEF AND EXPERIENCE OF OPERATORS IN YIELD AND COSTS OF EUCALYPTUS WOOD HARVESTING. Botucatu, 2015. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author. RICARDO HIDEAKI MIYAJIMA

Adviser. PAULO TORRES FENNER

ABSTRACT

The mechanization in the forest area is becoming increasingly common, mainly at harvest wood, by the usage of modern and innovative machines. With this modernization comes the need of assessments, which allow more precisely defining the benefits that these machines are able to provide. The objective of this research was to evaluate the technical and cost of a whole tree harvesting system in two types of slope (wavy and flat) and with different operators (experience of time) in a eucalyptus plantation. The machines evaluated were: Feller Buncher, Skidder and Bundle Bucking. For technical evaluation, it was carried out a time and movements study, by the continuous time method, determining the operational efficiency and the yield of the components of harvesting system machines. To evaluate the cost, the calculation of operating cost and production (through ASABE method) have been take in place. The operating cost was R\$548,86 h⁻¹, R\$377,10 h⁻¹, and R\$318,26 h⁻¹ for the Feller Buncher, Skidder and Bundle Bucking, respectively. The lower production cost has been found to flat slope for the three machines. The yield was influenced by different operators, slope and distance classes (Skidder). The flat slope had a higher yield for the three machines.

Keywords: Harvesting, yield, costs, planning, time and movements.

1.Introdução

O Brasil é um país de economia diversificada, dividida em setores primário (agricultura e extrativismo), secundário (indústria) e terciário (prestação de serviços).

Dentro do agronegócio, a atividade florestal possui um grande destaque, pois é responsável por gerar 4,40 milhões de empregos diretos e indiretos, contribui com R\$4,8 trilhões ao PIB e com uma parcela das exportações (IBÁ,2014).

O setor florestal brasileiro teve um grande destaque na década de 60, principalmente devido aos incentivos fiscais subsidiados pelo governo, o qual estimulou e incentivou os produtores do setor primário a investir neste mercado. A maior parte das áreas com florestas plantadas basicamente são compostas pelos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Alguns dos segmentos florestais são: produção de papel e celulose, painéis de madeira, serraria, móveis, lenha e carvão.

O setor florestal vem se consolidando em um desenvolvimento crescente e competitivo, fortalecendo o investimento em conhecimento e novas tecnologias, com o intuito de promover condições inovadoras aos diferentes elos da cadeia produtiva, proporcionando, desta forma, inovação, qualidade, desenvolvimento e a otimização dos recursos empregados (SIMÕES et al., 2008).

Com o aumento da demanda por madeira, as áreas com plantios aumentaram, necessitando, assim, a evolução e a busca de tecnologia para a silvicultura e, principalmente, na etapa de colheita e transporte florestal.

Desta forma, surge a mecanização na colheita de madeira, com a utilização de máquinas modernas para a realização de etapas de corte, extração e traçamento das madeiras.

Quando é mencionada a colheita de madeira, é essencial definir e conhecer o tipo de sistema a ser empregado por uma determinada empresa, conhecer suas características, vantagens e desvantagens de cada tipo de sistema, buscando aquele que melhor atenda as necessidades de cada empresa.

Portanto, torna-se necessário o estudo das máquinas florestais dentre alguns aspectos, como o seu rendimento e custos para o acompanhamento do desempenho destas e possíveis melhorias no processo de colheita florestal, uma vez que esta etapa despende o maior percentual dos custos de produção. Sendo importante para um planejamento adequado e até mesmo para a escolha do tipo de sistema de colheita de madeira a ser empregado.

Dentre os fatores que influenciam o rendimento das máquinas, pode-se destacar a declividade e o tempo de experiência do operador. Uma vez que a declividade esta relacionado com a mecanização ou não na colheita de madeira e o tempo de experiência do operador (treinamento e cursos de aperfeiçoamento) são fatores importantes no rendimento das máquinas e dos custos operacional e de produção.

Devido à importância desses dois fatores, torna-se necessário um estudo correlacionando os mesmos, com o rendimento e custos dessas máquinas na etapa de colheita de madeira.

O objetivo deste trabalho foi realizar a análise técnica (estudo de tempos e movimentos, rendimento e eficiência operacional) e de custo de um sistema de colheita de árvores inteiras, com diferentes operadores e em duas classes de declividade que estas máquinas (*Feller Buncher*, *Skidder* e Garra Traçadora) foram submetidas.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O setor florestal brasileiro

O setor florestal brasileiro é conceituado como uma composição de florestas nativas e plantadas, públicas e privadas, é diversificada nas questões de tecnologia, recursos humanos, produtividade e outros aspectos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

Considera-se que o setor florestal é responsável por uma parcela na economia brasileira, gerando empregos diretos e indiretos, consumo interno, exportação, impostos, além de contribuir com a conservação e preservação dos recursos naturais (LADEIRA, 2002). Destaca-se com fortes inter-relações com vários outros setores e com espaço para um salto grandioso na próxima década (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

Até o final da década de 1960, o setor florestal era pouco expressivo para a economia brasileira, além de se constatar que neste período ocorria a exploração predatória dos recursos florestais de forma indiscriminada. No entanto, com o surgimento do incentivo fiscal, associadas aos investimentos privados, foi proporcionado ao setor florestal um crescimento rápido e significativo, principalmente com o plantio do eucalipto e como consequência deste incentivo, a diminuição da supressão das florestas nativas (MACHADO et al., 2014), uma vez que o país evidencia-se pelo plantio de árvores do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*.

No entanto, o setor florestal apresenta lacunas e necessita superar alguns desafios para a melhoria na produtividade e sustentabilidade. Desta forma, a criação de uma Política Nacional de Floresta que facilite a interface com outras políticas, a criação de tecnologias avançadas inclusive no setor de florestas nativas, capacitação para profissionais tanto para a indústria e para o campo e investimento na pesquisa são alguns dos exemplos para esse salto de melhoria do setor florestal (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

As florestas, além do valor econômico, apresentam outros valores importantes como os socioambientais, os quais são difíceis de mensurar e contabilizar. Pode-se atribuir alguns valores como proteção de encostas e de margens de cursos de água, rodovias e ferrovias, contra erosão, lixiviação e queda de barreiras, de regulação e manutenção da qualidade de água, além das funções de gerar lazer e recreação (VALVERDE, 2000).

O Brasil, assim como outros países que exploram a produção primária de *commodities* derivadas dos recursos naturais, como, por exemplo, as florestas, ainda continuam a oferecer oportunidades para a expansão econômica (GONÇALVES, 2005).

A área total de plantio com a espécie *Eucalyptus spp* corresponde aproximadamente a 5.473.176 milhões de hectares, correspondendo a 72,0% da área plantada e a de *Pinus spp* a uma área de 1.570.146 milhões de hectares, sendo 20,7% da área plantada no Brasil. (IBÁ, 2014).

O PIB florestal responde por 4% do PIB nacional, em torno de US\$ 21 bilhões, com destaque para três setores, dentre eles: papel e celulose, siderurgia a carvão vegetal e madeira e móveis (LADEIRA, 2002).

O crescimento da demanda por produtos florestais incentivou o planejamento dos processos produtivos das empresas, valorizando o grau de competitividade das mesmas. Dentro do setor florestal, uma das atividades considerada mais importante é a colheita florestal, visto ser a mais onerosa em termos de custo e produção (FREITAS, 2005).

Desta maneira, a colheita florestal passou a sofrer forte influência da mecanização, e uma das principais razões para este processo pode ser explicado pela busca do aumento da produtividade e a necessidade de redução dos custos de produção (FONTES, 1996).

2.2 Mecanização

Uma determinada atividade no setor florestal é caracterizada como mecanizada quando realizada com máquinas motoras, através de mecanismos que possuam movimentos relativos ao acionamento direto e/ou quando utilizam equipamentos e ferramentas adaptados a uma determinada máquina. A mecanização florestal está presente nas seguintes atividades: o preparo inicial do solo, o preparo periódico do solo, manutenções/tratamentos silviculturais e colheita, além do transporte (LIMA e LEITE, 2014).

No início das atividades florestais no Brasil, havia uma escassez na utilização de máquinas no setor da colheita de madeira, estendendo-se até a década de 40. Após esta década, a área florestal ficou dependente do uso de equipamentos e máquinas adaptadas da área agrícola e industrial para a realização das suas atividades. Como consequência, este período foi marcado pela intensa utilização de sistemas manuais e semimecanizados devido à falta de alternativas, além de empregar grande parcela de trabalhadores, este tipo de atividade gerava operações onerosas e com alto risco de acidentes (MACHADO et al., 2014).

De acordo com Valverde (1995), a modernização das máquinas florestais teve início na década de 70, com produção de máquinas leves e de porte médio, e a partir deste período, houve um aumento do fornecimento de máquinas e equipamentos para a área florestal.

Segundo Paccola (2003) e Moreira et al. (2004), no Brasil, a mecanização teve seu auge a partir da década de 90, com a abertura para as importações de máquinas, levando a um rápido desenvolvimento no setor florestal.

Conforme o histórico da mecanização, as máquinas na área florestal eram, na maioria, adaptadas ou importadas de outros países com condições climáticas diferentes das brasileiras. Foi então necessário um período de adaptação e estudos para os trabalhadores se adequarem as novas condições de trabalho. Como consequência nesse período de adaptação, ocorre uma produtividade baixa causando elevação nos custos (LIMA e LEITE, 2014).

Segundo Mendonça Filho (1987), acreditava-se que o maior benefício da mecanização nas operações florestais fosse a redução dos custos operacionais. No entanto, com a diminuição da mão de obra e o aumento dos custos com encargos sociais, a colheita mecanizada tornou-se peça chave para a busca do acréscimo da

produtividade nas atividades florestais, do controle mais efetivo dos custos e das facilidades administrativas.

O principal objetivo da mecanização florestal é a procura da obtenção do menor custo de produção no processo de colheita florestal. Este processo abrange o corte, a extração e o transporte (PARISE e MALINOVSKI, 2002).

No entanto outros aspectos devem ser levados em consideração, não apenas a busca pelo menor custo de produção uma vez que o aumento da mecanização é atribuído à necessidade de se preocupar também com a produtividade, qualidade segurança, questões ambientais e custos. Um fluxo constante de madeira durante o ano todo é essencial para gerar receitas, cobrir custos e obter lucros (LeDOUX, 2010).

Outros fatores contribuíram para a mecanização, como o aumento da produtividade dos plantios florestais e os custos com a mão de obra, criando a necessidade de executar o trabalho com maior segurança operacional e de redução nos custos de produção. Desta forma, as empresas passaram da colheita manual e semimecanizada para sistemas mecanizados, com máquinas de alta tecnologia, produtividade e elevados custos (BRAMUCCI e SEIXAS, 2002).

Assim, a realização de estudos para se aperfeiçoar as operações e a redução dos custos operacionais são de extrema importância (BRAMUCCI e SEIXAS, 2002).

No Brasil, são poucos os dados a respeito da capacidade produtiva das máquinas e dos operadores em determinadas condições de trabalho. As estimativas de produtividade e custos baseados em dados fornecidos pelos fabricantes das máquinas ou por trabalhos realizados em outros países não são confiáveis, uma vez que esses dados são obtidos em condições totalmente diversas, como o sistema silvicultural, clima e formação profissional do operador, ficando evidente a necessidade de estudos específicos para as condições brasileiras (BRAMUCCI, 2001).

A mecanização no setor florestal necessita o uso de máquinas com o menor custo possível, mínimo impacto ao meio ambiente e proporcione ao operador condições ideais de trabalho (MINETTE, 1988).

Para Leite et al. (2014), a mecanização planejada no setor florestal contribui de forma significativa para a maximização dos retornos em geral, principalmente em relação aos critérios das certificadoras, que são afetadas pela etapa de colheita florestal.

2.3 Colheita florestal

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que envolvem desde a preparação e a extração da madeira até o local de transporte, mediante uso de técnicas e de padrões estabelecidos, com a finalidade de transformar essa mesma madeira em produto final (MACHADO, 2014).

As atividades da colheita podem ser divididas em duas fases: corte (incluindo a derrubada, o desgalhamento, traçamento e destopamento) e extração (que corresponde a colocação da madeira em um local de fácil acesso) (MACHADO, 2002; MALINOVSKI et al, 2008).

Já para 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”.

Segundo Malinovski e Malinovski (1998) o termo colheita de madeira é considerada mais adequada para as florestas plantadas.

Souza (2001) e Pulkki (2013) conceituam colheita florestal como um conjunto de técnicas operacionais que abrangem a retirada das árvores da floresta com o intuito de abastecer as unidades industriais.

Para Arce; Macdonagh e Friedl. (2004), a colheita florestal representa a operação final de um ciclo de produção florestal, com a finalidade de obter os produtos mais valiosos, compondo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal.

Segundo Machado (1989) e Souza (2001), as operações de colheita e transporte de madeira representam aproximadamente de 50 a 70% do custo final da madeira.

Além disso, é essencial analisar a complexidade dessas atividades, devido aos diversos fatores e variáveis que afetam a produtividade e os custos operacionais (CANTO et al., 2006).

Na colheita, os custos abrangem desde o corte até a extração da madeira (JACOVINE et al., 1997). Além disso, proporciona consideráveis reduções da mão de obra em um prazo de tempo relativamente curto, aumento da produtividade e a humanização do trabalho, melhorando a qualidade do produto final e até mesmo

diminuindo os danos causados ao meio ambiente. Entretanto, o investimento inicial para as máquinas é relativamente alto, podendo este ser o grande fator limitante para a mecanização na área da colheita, além de serem responsáveis por 60 a 70% dos custos totais, para que a matéria prima chegue até as indústrias (MALINOVSKI et al., 2008).

Em diversos países onde os métodos de colheita são mais avançados e a mão de obra é muito cara, os níveis de tecnologia das máquinas tem recebido um maior enfoque. O monitoramento dos sistemas mecanizados florestais é um bom exemplo desses avanços (LOPES, 2007).

Seixas (1996) enfatizou a necessidade de se conhecerem as atividades desenvolvidas dentro de uma operação florestal, sendo necessário o levantamento de algumas informações, que posteriormente devem servir de base para qualquer interferência que se queira realizar.

Atualmente, a colheita florestal está presente nas grandes empresas (dispõem de máquinas altamente sofisticadas), empresas médias (mão de obra especializada e poucos equipamentos sofisticados) e as pequenas empresas (que utilizam de métodos rudimentares e mão de obra pouco qualificada). Com a globalização da economia mundial e a preocupação ambiental surgidas em todas as partes do mundo, as empresas florestais brasileiras estão se adequando para atender as novas exigências dos mercados internos e externo. Para isso, torna-se necessário a qualificação da mão de obra para operação de máquinas de última geração, processo de certificação e o mercado de máquinas com garantia de assistência técnica, que são os grandes desafios a serem enfrentados pela colheita de madeira (MACHADO et al., 2014).

2.4 Sistema de colheita da madeira

O sistema de colheita de madeira é definido como um conjunto de elementos e processos o qual envolve a cadeia de produção e todas as atividades parciais envolvidas, ou seja, desde a derrubada da árvore até a madeira posto no pátio da indústria (MALINOVSKI et al., 2008).

Este sistema permite o fluxo contínuo da madeira, evitando os pontos de estrangulamento e buscando a máxima utilização das máquinas e equipamentos (MACHADO, 2014). É a ligação da matéria prima (árvore em pé, na floresta) e a indústria, as quais são envolvidas por um determinado conjunto de operações (MAC DONAGH, 1994).

Destaca-se que as condições ambientais podem alterar e ou influenciar parte do sistema, fazendo com que ocorra a necessidade de troca de alguns elementos conforme o trabalho a ser executado (MALINOVSKI et al., 2008).

Para Pulkki (2013), o sistema de colheita de madeira é composto por equipamentos, ferramentas, máquinas e pessoas envolvidas neste trabalho.

O sistema de colheita deve considerar aspectos como: a adequação da densidade do plantio, arranjo espacial das árvores, tipos de máquinas, tamanho e volume da árvore e a intensidade das operações de colheita (AKAY; ERDA; SESSIONS., 2004).

A escolha de um determinado sistema de colheita deve levar em considerações fatores como a experiência e habilidade do operador, características do povoamento, produtividade, distância de arraste, transporte, desempenho da máquina, capital necessário e características do terreno. A exclusão e ou a desconsideração de algum desses fatores resultará em problemas operacionais e ineficiência na análise do processo de colheita (CONWAY, 1977; SALMERON, 1980; MACHADO, 2002). Os mesmos autores citaram algumas formas de expressar a eficiência da atividade de colheita referente ao maquinário, dentre as quais estão: o consumo de potência diário para produzir e transportar determinado volume de madeira e a relação de consumo de combustível para uma determinada potência demandada.

Existem diversos métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, segundo a espécie florestal, idade, finalidade a que se destina o produto, condições gerais do povoamento e relevo. Portanto, o sistema de colheita e processamento a ser utilizado será em função de um conjunto de fatores condicionantes. Para cada situação existe certamente um método e um sistema de colheita mais adequado, a serem selecionados para que se proceda a colheita e o beneficiamento da madeira (SILVA; FENNER; CATANEO, 2003).

Alguns fatores são importantes quando se trata do sistema de colheita de madeira a ser adotado, sendo esses: os tratos silviculturais, o relevo, clima, tipo de solo, sortimento, o capital de investimento, mão de obra disponível, o volume a ser produzido entre outros (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 1998).

De acordo com Machado (2014), os sistemas de colheita são influenciados por fatores como: topografia do terreno, rendimento volumétrico do plantio, tipo de floresta, finalidade da madeira, equipamentos, máquinas e recursos disponíveis.

Os primeiros sistemas de colheita da madeira no Brasil eram realizados de forma manual, usados principalmente na exploração das florestas nativas, sem a preocupação com a racionalização e a produtividade das atividades (MOREIRA, 2000).

Dentre os sistemas de colheita de madeira, o sistema de toras longas e toras curtas são os mais comuns. As etapas do sistema de toras longas envolve o corte, desganhamento das árvores no local de abate, transporte e posteriormente o processamento a margem da estrada ou do pátio. No sistema de toras curtas, as árvores são cortadas e processadas em toras, nas dimensões de acordo com o uso final, sendo o processo realizado no próprio local de abate. A combinação Feller Buncher e Skidder pode ser considerada representativa para o sistema de toras longas, já para o processamento das árvores no local de abate geralmente utiliza-se a combinação Harvester e Forwarder (SEIXAS, 2002).

Conforme as condições locais, dentro do sistema de colheita é possível fazer combinações de atividades tanto manuais quanto mecânicas, baseando-se principalmente no comprimento das toras a serem extraídas da floresta (Malinovski et al., 2008).

Os sistemas de colheita de madeira podem ser classificados em relação ao comprimento das toras e a forma como são extraídas até o local de processamento. Sendo classificado em cinco tipos de sistema segundo Machado (1985), Malinovski e Malinovski (1998) e Malinovski; Camargo; Malinovski (2002), sendo esses sistemas.

- Sistema de toras curtas (*Cut-to-length*).
- Sistema de toras longas ou fustes (*Tree-length*);
- Sistema de árvores inteiras (*Full tree*);
- Sistema de árvores completas (*Whole-tree*);
- Sistema de cavaqueamento (*Chipping*);

2.5 Sistema de toras curtas (*Cut-to-length*)

É o sistema mais antigo utilizado no Brasil e é caracterizado pela realização de todas as atividades complementares ao corte, o qual abrange o

desgalhamento, destopamento, traçamento e descascamento (opcional) no próprio local onde a árvore foi derrubada (MALINOVSKI et al., 2014).

Este sistema é considerado o mais seguro, ecologicamente correto e versátil, proporcionando um produto final com maior qualidade do que os sistemas mecanizados de árvores inteiras e de toras longas (KELLONG e BETTINGER, 1994; NURMINEN et al., 2006).

Além disso, facilita o deslocamento a pequenas distâncias, pode ser utilizado de forma mais eficiente em colheitas de regeneração e operações de desbastes, pois transforma as árvores em toras com menor comprimento no próprio local do corte, reduzindo os danos ao povoamento residual e a remoção de nutrientes. Ademais, demanda menor espaço para estocagem de madeira nas laterais das estradas, e os equipamentos trabalham bem em áreas mais úmidas e solos sensíveis por trafegar sobre uma camada de resíduos produzida pelo *Harvester* durante a operação de corte e processamento e não há necessidade da criação de trilhas de arraste e os carregadores utilizados podem ser estreitos e alternados (MALINOVSKI et al., 2014).

Esta técnica é utilizada por máquinas como *Haversters*, *Forwarders*, autocarregáveis e *Skidders* de cabo (*piggyback*) (MALINOVSKI et al., 2014).

2.6 Sistema de toras longas ou fustes (*Tree-length*)

Neste sistema, a árvore é derrubada e desgalhada no interior do talhão, sendo em seguida o fuste levado para a margem do talhão ou pátio temporário com mais de 7m de comprimento onde ocorre o traçamento (MALINOVSKI et al., 2014).

Este sistema foi originado nos países norte-americanos, com cerca de 90 a 95% de toda a colheita da madeira até o ano de 1996, sendo considerado um dos mais baratos quando mecanizado devido ao menor custo por tonelada de madeira posta no pátio das empresas e por permitirem maior flexibilidade na definição das atividades por máquina, em razão das condições de sítio (MALINOVSKI et al., 2014).

As principais máquinas e equipamentos utilizados são *Haversters*, *Skidders* e mini-*Skidders*, *Slashers*, garras traçadoras, motosserras e em terrenos acidentados juntos com torres de madeiras (MALINOVSKI et al., 2014).

2.7 Sistema de árvores inteiras (*Full tree*)

Para a utilização deste sistema, remove-se a árvore do talhão sem as raízes, e o processamento é realizado em local previamente escolhido (MALINOVSKI et al., 2008).

Segundo Malinovski e Malinovski (1998), Machado et al. (2014) e Pulkki (2013), no sistema de árvores inteiras a árvore é derrubada e extraída para margem do talhão (estaleiro) ou para um pátio intermediário, onde é realizado o processamento da madeira.

Este sistema requer um elevado grau de mecanização e pode ser utilizado em terrenos planos e acidentados. Quando se utiliza da biomassa para a energia, este sistema é bastante interessante, pois utiliza a casca, ramos, folhas, porém a desvantagem esta relacionada com o problema da exportação de grande parte de nutrientes para futuras rotações (MALINOVSKI; CAMARGO; MALINOVSKI, 2002).

Os equipamentos típicos empregados no sistema de árvores inteiras constituem-se de um Feller Buncher para a realização da derrubada das árvores e um Skidder para a extração das árvores ou fuste. É um sistema comumente empregado em florestas tropicais, devido ao elevado peso das toras, sendo tradicional nas florestas da América do Norte (McCARY, 1991).

2.8 Sistema de árvores completas (*Whole-tree*)

Este sistema tem por estratégia retirar a árvore, incluindo as raízes, de forma completa. Se as raízes apresentam valor comercial, este sistema é considerado viável. É o caso de árvores com alta concentração de resina nos tocos ou árvores consideradas medicinais. No cenário atual, são poucas as tecnologias utilizadas para o uso deste sistema, já que a retirada da árvore com o sistema radicular é um atividade que requer muito trabalho e grande potência de equipamentos (MALINOVSKI et al., 2014).

2.9 Sistema de cavaqueamento (*Chipping*)

De acordo com Malinovski et al. (2014), as árvores são derrubadas e extraídas para a margem do talhão onde será realizada a atividade de processamento

(desgalhamento, descascamento e transformação da madeira em cavaco). Após este processo, são transportadas para as indústrias em veículos apropriados ao transporte de cavaco.

2.10 Feller Buncher

O *Feller Buncher* ou trator florestal cortador e acumulador consiste de um trator com rodados de pneus ou de esteira equipado com um cabeçote que realiza o corte e empilhamento das árvores (MACHADO, 2002).

Segundo Malinovski e Malinovski (1998) o *Feller Buncher* é um trator derrubador-acumulador, com um implemento frontal, que realiza o corte, acumula árvores cortadas (formação de feixe) e em seguida a deposição sobre o terreno para facilitar a operação posterior (desgalhamento, traçamento ou arraste). Os implementos utilizados no corte podem ser de três tipos. sabre, tesoura e disco.

O surgimento do *Feller Buncher* no Brasil é relatado no fim da década de 70, 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 base, acionava duas laminas em forma de tesoura, efetuando, desta maneira, o corte da árvore (SANT'ANNA, 2014).

O procedimento realizado pelo *Feller Buncher* consiste em fixar a árvore por duas garras na altura aproximada ao DAP (diâmetro a altura do peito), em seguida realiza a etapa de corte no nível do solo com o instrumento adequado. Após o corte, é acionado o braço acumulador, firmando uma árvore no cabeçote, reabrindo as garras e acionando a máquina de corte para nova operação, até atingir a capacidade de carga (MACHADO e LOPES, 2002).

O *Feller Buncher* (cortador-acumulador) é o trator florestal que corta, acumula e tomba/bascula um feixe de árvores acumuladas no cabeçote. Este é uma peça de construção rígida, como em outros tratores, onde está localizado o órgão ativo de corte, composto por um disco dentado, ou uma tesoura de dupla ação, ou uma serra/sabre, e os braços acumuladores, todos acionados por um sistema hidráulico (LIMA e LEITE, 2014).

2.11 Skidder

Os *Skidders* são tratores florestais arrastadores e articulados que realizam o arraste das árvores da área de corte até a margem da estrada ou pátio intermediário, o sistema de rodagem pode ser de pneus, semiesteiras ou esteiras (SOUZA et al., 2000).

O *Skidder* é um trator florestal arrastador, articulado com tração 4x4, 6x6 e com os pneus nas mesmas dimensões, desenvolvido para o arraste ou extração da madeira. A sua cabine contém sistema condicionador de ar e estrutura que permite grande mobilidade dentro da área de corte. É uma máquina projetada para trabalhar nos sistemas de árvores inteiras e/ou toras compridas, com a finalidade do arraste dos feixes de fustes do local de corte até a margem da estrada ou pátio intermediário (LIMA e LEITE, 2014).

Esta máquina surgiu na década de 1960, sendo um veículo versátil, forte, fácil de operar e econômico. Sua robustez, facilidade de manutenção e eficiência são alguns dos fatores que justificam a utilização desta máquina, além de trabalhar com diferentes tamanhos de árvores. Os *Skidders*, quanto ao tipo de rodado, podem ser de esteira ou de pneus, e quanto aos tipos de *Skidder* (com cabo, com garra e com pinças invertidas) (SEIXAS e CASTRO, 2014).

A capacidade de carga de um *Skidder* vai depender de algumas variáveis, como resistência ao rolamento, coeficiente de tração e atrito onde a carga se apoia no solo durante a extração. Todas essas variáveis são influenciadas com as mudanças que ocorrem no teor de água do solo e sua textura (SEIXAS e CASTRO, 2014). Além dessas variáveis, Machado (1984) destaca que a declividade do terreno deve estar entre 30% no sentido favorável e 10% no sentido adverso, o trator florestal deve ser compatível com a carga a ser extraída, a pressão dos pneus compatíveis com as condições e tipo de solo e o desempenho do operador, pois pode influenciar em até 40% o rendimento. No entanto, atualmente algumas máquinas como *harvester* e *forwarder* com guincho de tração auxiliar conseguem operar em declividade do terreno acima de 25% no sentido favorável e adverso (ROBERT, 2013).

O desempenho operacional do *Skidder* é afetado pela distância de arraste, ou seja, a medida em que se aumenta a distância de arraste para um mesmo volume de madeira, diminui-se o seu rendimento (LIMA e LEITE, 2014).

2.12 Garra Traçadora

A Garra Traçadora é uma máquina adaptada a uma retroescavadora, normalmente com mecanismo de movimentação de esteiras, que tem como função o traçamento dos fustes num tamanho preestabelecido (LOPES,2007; LIMA e LEITE, 2014).

Nos últimos anos, o uso desta máquina tem sido bastante frequente, pois substitui o traçamento feito por motosserra. O traçador trabalha próximo à margem da estrada, pegando os feixes de madeira, realizando o traçamento e formando pilhas de toras para posterior carregamento (LIMA e LEITE, 2014).

A Garra Traçadora pode também trabalhar dentro do talhão, conforme o sistema e as máquinas escolhidas na colheita florestal. O volume de árvores traçadas pode estar relacionado ao tamanho do cabeçote utilizado, potência da máquina base e diâmetro médio das árvores (LOPES et al., 2008).

A Garra Traçadora direciona sua lança para a pilha de madeira, apanha o feixe de árvores com o acionamento da garra hidráulica, puxa-o para a margem do talhão e o libera. Novamente a lança é deslocada com o auxílio de um gabarito. Aciona-se a garra, apanhando o feixe e suspendendo-o. Nessa etapa, ativa-se o sabre da motosserra, realizando o traçamento das árvores. Após a realização do corte, a lança puxa outra vez para o início da pilha de toras e o libera, desta forma repete-se o movimento até o término do traçamento completo deste feixe (FIEDLER et al., 2008).

2.13 Fatores de influencia na colheita de madeira

Segundo Lima e Leite (2014), alguns fatores devem ser levados em consideração quando se trata da utilização de máquinas na área florestal, tais como: **topografia do terreno** - a declividade pode ser considerada uma das mais importantes, pois influenciará a utilização ou não de máquinas florestais; **solo** - as características do solo que mais afetam as atividades são: a profundidade da camada superficial, o tipo de solo, o teor de umidade e a presença de rochas, as quais podem influenciar sobre a tração, a flutuação e o rendimento operacional dos tratores; **clima** - devem ser consideradas a temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e principalmente a precipitação; **povoamento florestal** - o tipo de floresta, o número de árvores por hectare, volume,

espaçamento, espécie, diâmetro médio, alinhamento; **finalidade da madeira** - qual a utilização da madeira, papel e celulose, carvão, serraria, chapas; **operador** - deve se ter grande preocupação com seu adequado treinamento teórico e prático, pois influenciará diretamente nos custos e rendimentos; **máquinas** – é necessário um estudo preliminar para se adotar a melhor máquina ou o sistema, além da disponibilidade mecânica e assistência técnica e; **malha viária**, com a melhor qualidade possível, pois o transporte e o deslocamento devem ser realizados de forma simples, buscando-se a máxima produtividade, segurança e menor dano ao meio ambiente.

Para a mecanização da colheita de madeira de uma determinada região, diversos fatores interferem nessa tomada de decisão, alguns podendo até inviabilizar o projeto, sendo necessário um detalhado planejamento. Alguns dos fatores mais relevantes são: a topografia do terreno, o solo, o clima, o sistema de colheita florestal, o treinamento do operador e as características do povoamento florestal (MACHADO et al., 2014; LIMA e LEITE, 2014; SILVA, 2008; BURLA, 2008; LEITE, 2008; LEITE, 2012).

2.14 Operador

Nas empresas florestais, pode-se notar o elevado número de máquinas e equipamentos de colheita de madeira de alta tecnologia, e desta maneira, a exigência de operadores cada vez mais qualificados. A escassez desses operadores reflete em danos provocados as máquinas, comprometendo a produtividade e a qualidade do trabalho, aumento dos custos de produção e impactos ao meio ambiente (PARISE e MALINOVSKI, 2002).

Segundo Packalén (2001), o treinamento dos operadores das máquinas florestais apresenta um custo maior quando comparado com os profissionais de outros setores. Como as máquinas na área de colheita de madeira possuem um alto nível tecnológico, não é viável tecnicamente e economicamente o treinamento dos operadores em situação real.

Com a crescente utilização de máquinas e equipamentos modernos na colheita de madeira, torna-se necessário a utilização de operadores capacitados e a aplicação de um adequado treinamento teórico e prático a fim de se elevar o desempenho das máquinas e operadores (LOPES et al., 2008).

Burla (2008), citando Richardson e Makkonen (1994), enfatiza a importância do treinamento e relata que quanto maior o tempo de experiência do operador, maior as produtividades atingidas, chegando a valores de 45% aos dois anos de experiência.

Uma das técnicas utilizadas com o intuito de melhorar o desempenho das máquinas e do operador a fim de aumentar a produtividade é o simulador de realidade virtual, em que o usuário pode realizar a interação em um ambiente tridimensional gerado por computadores (LACERDA e MAZON, 2002).

De acordo com Parise e Malinovski (2002), estudos realizados na Suécia indicaram que o uso de simuladores de realidade virtual proporcionou um aprendizado eficiente para os futuros operadores, reduzindo de maneira significativa os custos de treinamento.

A utilização do simulador de realidade virtual é uma ferramenta de grande eficiência, pois proporciona um menor tempo de aprendizagem e redução nos custos de treinamento, ressaltando que a submissão do operador pós-treinamento em condições de campo é de extrema importância para a formação completa do operador (LOPES et al., 2008).

Moraes (2012) afirma que o treinamento é uma ferramenta de extrema importância para a formação de um trabalhador capaz de entender os processos envolvidos da atividade.

Com a modernização do setor de colheita florestal, o operador adequadamente qualificado, cada vez mais, torna-se um dos principais fatores-chave neste processo. O treinamento desses profissionais é essencial, a preocupação com os conteúdos teórico e prático a serem ministrados nos cursos, não deve apenas se restringir aos aspectos relacionados à operação da máquina, mas também quanto à sua manutenção, aspectos comportamentais, preservação ambiental, qualidade e segurança no trabalho são outras características a serem consideradas (LIMA e LEITE, 2014).

2.15 Declividade

A topografia do terreno é um dos fatores de grande importância operacional, decisiva na mecanização ou não da colheita de madeira. Desta maneira, em

áreas com terrenos muito acidentados, a utilização e o tráfego de máquinas podem ser considerados inviáveis, uma vez que a estabilidade e segurança da operação podem ser comprometidas (LIMA e LEITE, 2014).

Segundo Silva et al. (2014), a topografia está diretamente relacionada com o rendimento das máquinas nas operações da colheita florestal.

Quanto à declividade, pode-se verificar que as maiores declividades proporcionam uma maior limitação ao deslocamento da máquina no terreno, como consequência uma menor produtividade (MALINOVSKI et al., 2006).

Stampfer e Loschek (1999), avaliaram a influência do volume da árvore e da inclinação do terreno na produtividade de um *harvester* de esteiras, e confirmaram que a produtividade diminui com o aumento da declividade do terreno.

Simões e Fenner (2010) em um estudo para se determinar a influência do relevo na produtividade e nos custos de um *harvester* de esteiras, concluíram que, com o aumento da declividade, ocorreu um acréscimo no tempo do ciclo operacional da máquina e a redução da produtividade.

Em relação à declividade, não é possível operar a máquina em terrenos com declividades superiores a 25 graus, foi o que Burla (2008) concluiu em uma avaliação de um *harvester* na colheita de eucalipto, confirmando e demonstrando a dificuldade de mecanização nesses terrenos. Embora, nos dias atuais máquinas equipadas com guincho de tração auxiliar conseguem operar em declividade do terreno acima de 25% no sentido favorável e adverso (ROBERT, 2013).

2.16 Densidade de estradas florestais

A rede viária é um elemento de extrema importância na implantação de um empreendimento florestal, pois é utilizada desde o preparo do solo, acesso ao povoamento, manejo e proteção florestal, mas é durante a etapa de colheita e transporte florestal que ela assume papel de destaque (CORRÊA, 2005).

Malinovski e Perdoncini (1990) definem a densidade de estradas florestais como uma relação existente entre a área e o comprimento das estradas.

A densidade de estradas é um fator determinante na composição dos custos, pois quanto maior a densidade de estradas maiores serão os custos com a construção e manutenção das mesmas, como consequência menor a área produtiva.

Entretanto, quanto maior a densidade de estradas, menor o custo de extração, sendo necessária a otimização da densidade de estradas (CORRÊA; MALINOVSKI; ROLOFF, 2006).

2.17 Distância média de extração

A distância de extração é um dos fatores que define a escolha de um sistema de colheita, sendo a distância ótima em função dos custos. (ANAYA e CRISTHIANSEN, 1986). A menor distância de extração proporcionará um menor custo, no entanto a densidade de estradas está relacionada diretamente, além dos custos de manutenção e construção destas estradas.

A distância de extração esta relacionada ao custo da operação, sendo maior na redução da construção da malha viária em terrenos inclinados. Para tratores com rodados de esteira, um valor médio econômico esta entre 120 e 180 metros de distância, já para os de pneus pode-se alcançar até 400m economicamente (CONWAY, 1976).

2.18 Rendimentos operacionais das máquinas florestais

O rendimento operacional pode ser determinado através do estudo de tempos e movimentos do trabalho, que tem como objetivo medir o tempo total e os tempos parciais necessários para realizar-se uma determinada tarefa, registrar o resultado do trabalho obtido durante este tempo (rendimento) e compreender os fatores que exercem influência no planejamento, controle e racionalização das operações, consequentemente resultando em aumento de rentabilidade o qual é visto por meio do aumento da produtividade ou pela redução dos custos de produção. É fundamental que se considere os interesses da empresa bem como dos trabalhadores, observando os aspectos econômicos e também a adaptação do trabalho ao homem (FENNER, 2002).

Conforme Machado et al. (2014), o rendimento operacional é a relação entre o tempo de execução das operações, disponibilidade mecânica e do grau de utilização (eficiência operacional). Indica as perdas do não aproveitamento total da capacidade operacional da máquina.

2.19 Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos de um determinado trabalho tem como objetivo: medir o tempo total e os tempos parciais necessários para realização de determinada tarefa e compreender os fatores que exercem influência sobre a atividade a ser desenvolvida. Para a empresa, este estudo é comumente empregado no planejamento, controle e racionalização das operações, podendo resultar em aumento de rentabilidade, manifestando-se através do aumento da produtividade ou pela redução dos custos de produção (FENNER, 2002).

É aplicado na colheita e transporte florestal, para avaliar as máquinas, técnicas e métodos empregados nesta área, com o objetivo do aumento no rendimento operacional, melhorias no sistema e qualidade do trabalho (FENNER, 2002).

Os estudos de tempos e movimentos são muito utilizados para avaliar a produtividade, contribui no planejamento e racionamento dos sistemas de extração florestal (WESTER e ELIASSON, 2003; ADEBAYO, 2007; GOYCHUK, 2011). Além disso, o estudo de tempos e movimentos contribui na análise de um determinado trabalho, com a finalidade de criar ou alterar sistemas de colheita para aumentar a eficiência e a produtividade e diminuir custos (VALVERDE et al., 1996; NURMINEN et al., 2006).

De acordo com Andrade (1998), o estudo de tempos e movimentos é uma das técnicas utilizadas para o planejamento e na otimização da operação de colheita florestal. Podendo ser empregado para medir o tempo despendido e identificar os ciclos operacionais, através da cronometragem é possível determinar o tempo e as atividades parciais que compõem a operação e para o estudo de movimentos além de proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento da operação.

Tem o intuito de melhorar os métodos operacionais e condições de trabalho, permitindo análises da cadeia produtiva, da relação homem-máquina, das atividades e operações em geral. O controle da produção e dos custos operacionais é essencial para a organização de uma empresa, que influenciará diretamente sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão de obra e da máquina (MACHADO, 1984).

2.20 Custos operacionais das máquinas florestais

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

Várias são as metodologias de cálculo econômico-financeiro das máquinas de colheita florestal e podem variar de acordo com o tipo de máquina, fabricante ou empresa. Basicamente, no cálculo de custos de máquinas, considera-se o somatório do custo fixo e do custo variável (SILVA et al., 2014).

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

2.21 Custos fixos (Cf)

Correspondem à soma de todos os custos independentemente do nível de produção e incluem depreciação, taxa de juros, impostos, seguro, taxas e garagem (SILVA et al., 2014).

De acordo com Kantola e Harstela (1994), são custos constantes durante um período estabelecido e, desta forma, independente do nível de atividades ou utilização.

Custos fixos são aqueles que não variam com as horas de operação, não são influenciadas pelas atividades da máquina e do nível de produção, ou seja, ocorrem com a máquina em operação ou parada (LOPES, 2007).

São os custos que uma determinada empresa é submetida a pagar para fatores de produção durante um período de decisão definido (ASABE, 2001).

2.21.1 Taxas de Juros

Os juros correspondem ao pagamento pelo uso de um determinado capital (SILVA et al., 2014).

Os juros podem ser determinados como uma remuneração resultante pela não utilização imediata do capital, o qual se espera uma maior satisfação futura (NEVES; CIDADE; ESPERANCINI, 1996).

A melhor alternativa é considerar as taxas de juros nominais (inclusive inflação) para o período de produção, usando rendas reais, custos e taxas de juros para períodos futuros considerando os custos de bens de capital (ASABE, 2001).

2.21.2 Depreciação

Os custos de depreciação estão relacionados aos bens que não são consumidos em um ano, como é o exemplo das máquinas e equipamentos da colheita florestal. Estes custos correspondem à desvalorização dessas máquinas que ocorre com o passar do tempo, desgaste físico pela constante utilização, ferrugem devido à exposição, as intempéries do meio ambiente e pela obsolescência tecnológica com o surgimento de máquinas mais modernas e eficientes (SILVA et al., 2014).

A depreciação é a diminuição do valor de uma máquina ao longo da sua vida útil. Existem diversos métodos para o cálculo dos custos de depreciação, sendo que o método de depreciação linear resulta em um custo anual constante e o mais utilizado para este tipo de cálculo (ASABE, 2001).

2.21.3 Abrigo

O valor atribuído para o cálculo do abrigo é dado por um fator de ajuste (FA) que é de 0,75%. O valor do abrigo é baseado em função do local de armazenamento, vigias, ferramentas e equipamentos de manutenção para a máquina no campo (ASABE, 2001).

A vantagem da utilização de um abrigo é que certamente a vida útil da máquina será maior, há também a possibilidade de se realizar reparos com qualquer condição climática e o fato da maior durabilidade das partes das máquinas protegida das intempéries (BALASTREIRE, 1990).

2.21.4 Taxas administrativas

Para o cálculo desta taxa, consideram-se os encargos administrativos, um percentual do valor inicial da máquina, os trabalhos relacionados a escritório e a supervisão das atividades em campo conforme a ASABE (2001). De maneira geral, utiliza-se um fator de ajuste (FA) que varia de 1,0 a 5,0% do valor de aquisição da máquina.

2.21.5 Seguros

Para o cálculo do custo com seguros é baseado na indenização de ocorrência de fatores externos, os quais não são possíveis de prever antecipadamente, desta forma podendo interromper ou prejudicar a execução de uma determinada atividade planejada. Os fatores externos mais comuns são acidentes com máquinas e com os operadores. Desta maneira o seguro é uma saída para compensar ou diminuir os riscos (SILVA et al., 2014).

2.22 Custos variáveis (Cv)

São os custos que variam com a quantidade produzida ou com o uso da máquina (LEITE, 2012).

De acordo com a ASABE (2001), são os custos que são afetados pelas ações da empresa em um período definido de decisão. Custos variáveis acontecem conforme as decisões de compras, fatores adicionais e de produção ou serviços. Os custos com combustível, óleo e filtro, conserto e manutenção e custos de mão de obra compõem os custos variáveis.

2.22.1 Custos de combustíveis

Os combustíveis gastos em uma determinada operação dependem do tipo de combustível utilizado (óleo diesel, gás liquefeito de petróleo ou biogás, gasolina, álcool entre outros) e da carga exercida sobre o motor para determinada operação. São

utilizadas principalmente para o acionamento dos motores de tratores ou colhedoras autopropelidas (BALASTREIRE, 1990).

De acordo com ASABE (2001), o custo de combustível é calculado baseado no preço do combustível e dos cálculos das taxas de consumo de combustível das máquinas.

2.22.2 Custos de lubrificação

Os custos de lubrificação referem-se ao consumo de óleos, graxas e outros lubrificantes e a taxa de consumo varia com o tipo de equipamento, condição de funcionamento ambiental, o designio do equipamento e o nível de manutenção (ASABE, 2001).

Estes custos são determinados utilizando-se um índice que varia de 10 a 30% sobre o custo de combustível (SILVA et al., 2014).

2.22.3 Custos de reparos e manutenção

O custo de reparos e manutenção deve considerar os custos associados ao desgaste, à quebra de componentes, a acidentes e a deterioração natural e depende muito da forma como que a máquina é operada (PIACENTINI et al., 2012).

Conforme ASABE (2001), estes custos tem uma grande variabilidade, sendo assim, difíceis de calcular devido as condições operacionais, administrativas, programa de manutenção, dos custos locais etc. Normalmente os custos de reparos e manutenção aumentará com a idade da máquina.

Os melhores dados para calcular custos de conserto são os registros das próprias despesas de reparos anteriores. Com os registros, indicarão se uma máquina teve custos de consertos acima ou abaixo da média e quando uma revisão deverá ser realizada (EDWARDS, 2002).

2.22.4 Custos de mão de obra

Referem-se ao custo total dos operadores e estão ligados aos custos provenientes do pagamento de salários, encargos sociais e benefícios. Estes dividem-se em: obrigatórios (encargos sociais) – INSS, férias, 13º salário, FGTS e etc e voluntários (benefícios)- moradia, luz, água, transporte, seguro, alimentação e etc (SILVA et al., 2014).

De acordo com a ASABE (2001), o custo de mão de obra por hora/hectare está baseado na capacidade de campo da máquina.

2.22.5 Custo de transporte de maquinário

Para o cálculo deste custo considera-se o transporte das máquinas de um local de trabalho para outro. Quanto menor a distância de transporte menor será o custo. Neste custo utiliza-se um índice de 75% em relação aos custos de transporte de pessoal (SILVA et al., 2014).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar a análise técnica e de custo de um sistema de colheita de madeira de árvores inteiras, com diferentes operadores e em duas classes de declividade do terreno.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar o rendimento e a eficiência operacional das máquinas florestais: *Feller Buncher*, *Skidder* e Garra traçadora;
- Determinar a interferência dos diferentes operadores, declividade e distância média de extração no rendimento;
- Estimar o custo operacional e de produção das máquinas componentes do sistema de colheita de madeira;

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas de colheita florestal pertencentes a uma empresa do seguimento. Localizada próxima ao município de Itatinga-SP, na fazenda Avaré. A área de estudo está localizada nas coordenadas geográficas 23°06'53.00" de Latitude Sul e 48°36'55.41" de Longitude Oeste, no Estado de São Paulo (Figura 1).

A floresta era caracterizada como plantio homogêneo de *Eucalyptus* spp, clonal, com idade de seis anos, primeiro corte, destinada à produção industrial de chapas de fibra.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, as características climáticas da região são caracterizadas como Cwa clima tropical de altitude com pluviosidade média anual é de 1372,7mm, e temperatura média anual de 19,7°C.

O tipo de solo da área experimental foi classificado como LVA, Latossolo Vermelho Amarelo, Distrófico Psamítico, A moderado, Álico, textura média segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

O relevo da área foi classificado como plano para o talhão 27 e ondulado para o talhão 29 de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA).

Foi realizado o inventário da área experimental, sorteando as parcelas ao acaso, cada uma constituída de 400m². Foi realizada a medição do DAP e

altura de todas as árvores de cada parcela. O diâmetro médio foi de 17,26cm e altura média de 24,58m para o talhão 27 e 15,42cm de diâmetro médio e 24,57m de altura média para o talhão 29. A equação de volume foi fornecida pela empresa, e através dos cálculos, o volume médio por árvore foi de 0,25m³ para o talhão 27 e de 0,22m³ para o talhão 29.

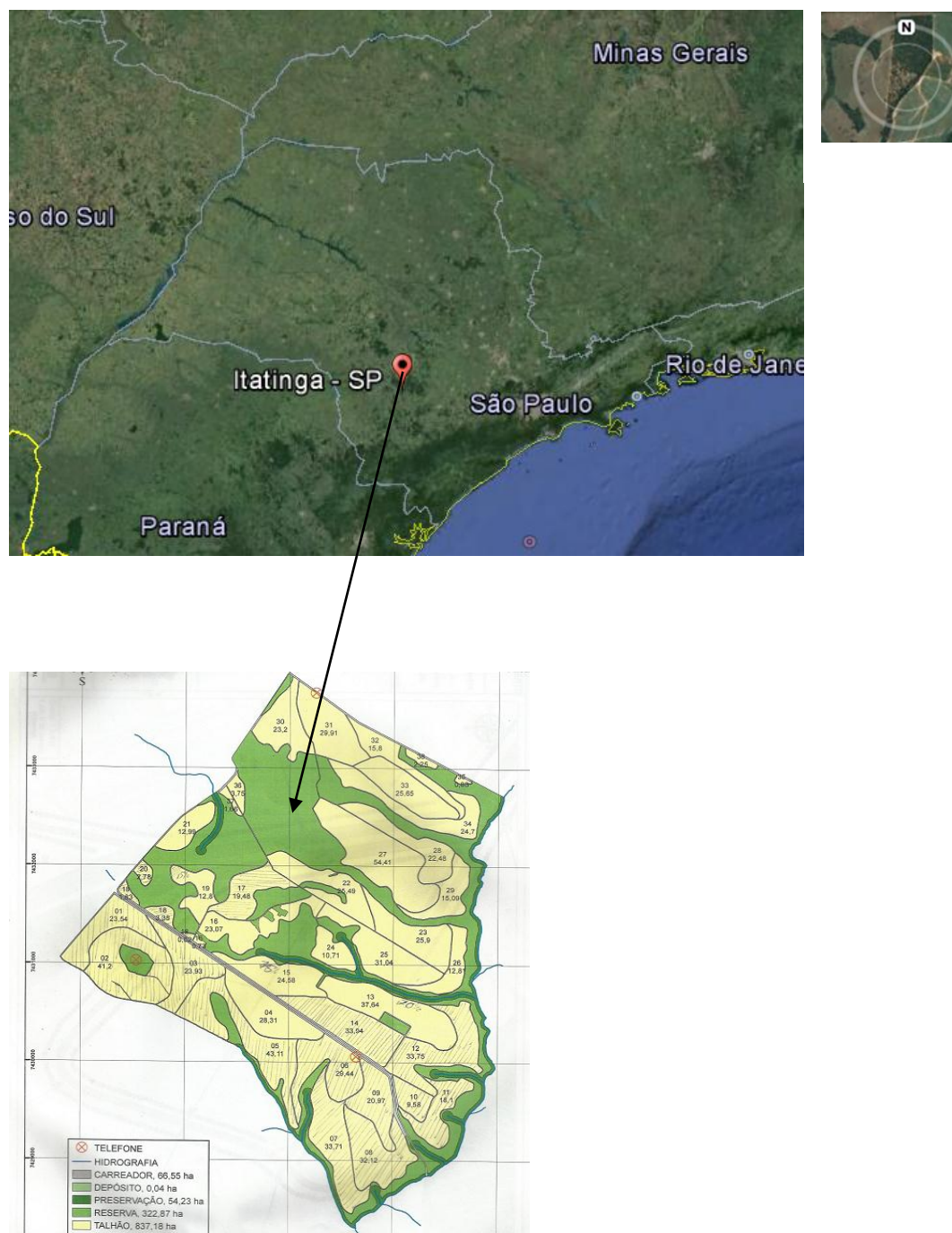


Figura 1. Localização do Município e a fazenda
Fonte. Google Earth adaptado (2014).

4.2 Área experimental

O estudo foi realizado em dois talhões, denominados de talhão 27 e 29. A diferença entre um talhão do outro está relacionado quanto à classificação da declividade do terreno. Para o talhão 27 (declividade plano de 0-3%) e para o talhão 29 (declividade ondulada de 8-20%) Figura 2.

As três máquinas (*Feller Buncher*, *Skidder* e Garra traçadora) foram avaliadas nesses talhões. Primeiramente as três máquinas no talhão 29 em seguida no talhão 27.

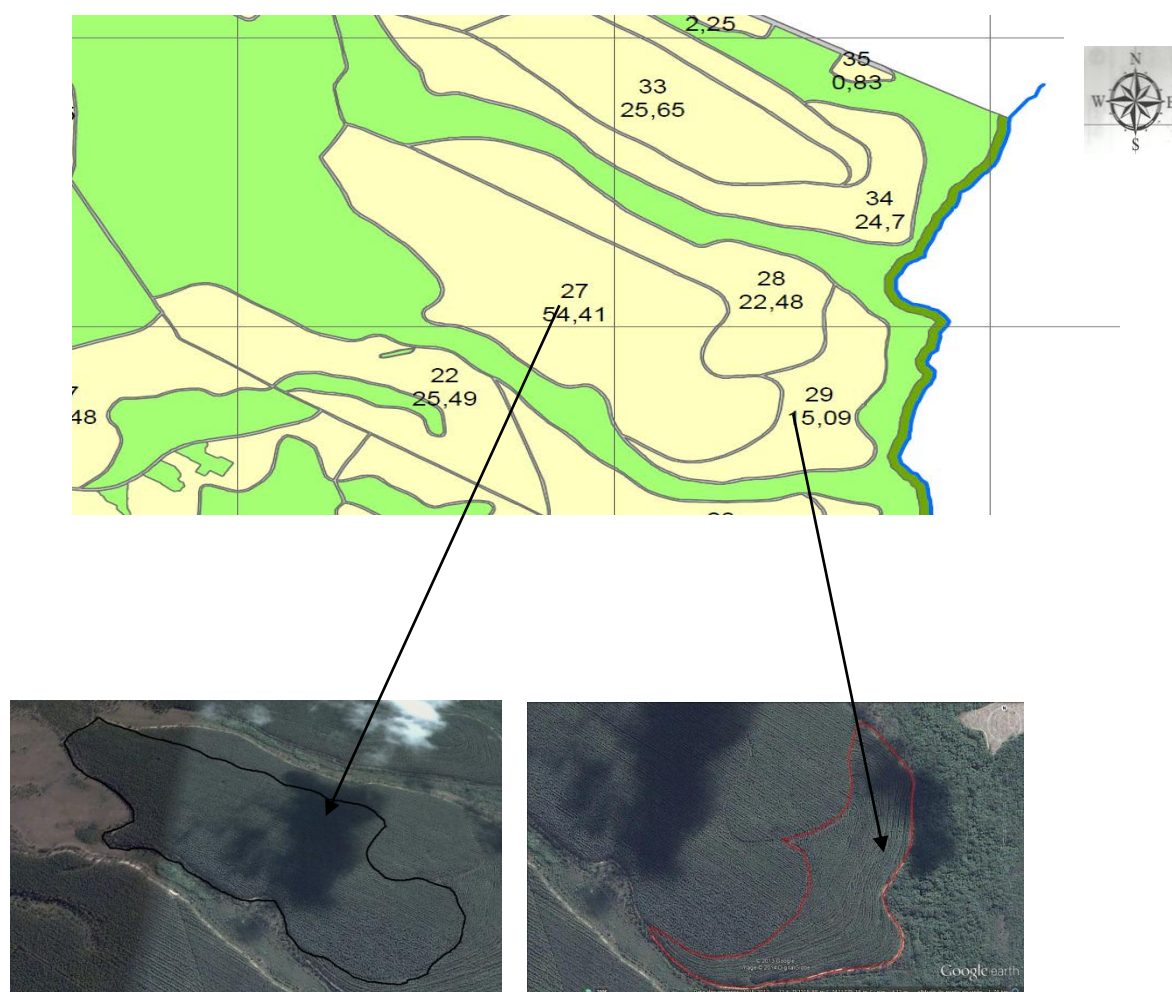


Figura 2. Área experimental
Fonte. *Google Earth* adaptado (2014).

4.3 Sistema de colheita de madeira

O sistema de colheita de madeira utilizado pela empresa e durante a realização do estudo foi o sistema de árvores inteiras (*full-tree*).

O sistema de colheita de madeira da empresa é composto por: trator florestal *feller buncher* (corte e formação dos feixes de madeira), *skidder* (extração dos feixes da madeira do interior do talhão para o pátio de processamento), desganhador florestal (desganhamento das árvores) e garra traçadora (traçamento da madeira com comprimento máximo de 6m).

4.4 Operadores

Na Tabela 1 apresenta o tempo de experiência de cada operador para as três máquinas e em quais situações de declividade os operadores foram avaliados. Os operadores com mesmo número são diferentes, por exemplo: o operador 1 do *Feller Buncher* é diferente do operador 1 do *Skidder*.

Tabela 1. Tempo de experiência de cada operador e em qual situação de declividade foram avaliados.

Operador	Máquina	Talhão 27 (Plano)	Talhão 29 (Ondulado)	Tempo de Experiência
1	<i>Feller Buncher</i>	Avaliado	Avaliado	4 meses
2	<i>Feller Buncher</i>	Avaliado	Avaliado	1 ano e 9 meses
3	<i>Feller Buncher</i>	Avaliado	Não Avaliado	3 meses
1	<i>Skidder</i>	Avaliado	Avaliado	2 anos
2	<i>Skidder</i>	Avaliado	Avaliado	2 anos e 5 meses
3	<i>Skidder</i>	Avaliado	Não Avaliado	1 ano e 4 meses
4	<i>Skidder</i>	Avaliado	Não Avaliado	1 ano e 4 meses
5	<i>Skidder</i>	Avaliado	Não Avaliado	1 ano e 4 meses
6	<i>Skidder</i>	Avaliado	Não Avaliado	1 ano e 4 meses
1	Garra traçadora	Avaliado	Avaliado	1 ano e 1 mês
2	Garra traçadora	Avaliado	Avaliado	7 meses
3	Garra traçadora	Não Avaliado	Avaliado	1 ano e 8 meses

4.5 Descrições das máquinas

A máquina utilizada para a operação de corte das árvores foi o trator florestal *Feller Buncher* (Figura 3) e algumas características podem ser verificadas conforme a Tabela 2.



Figura 3. Trator florestal *Feller Buncher* John Deere, modelo 903K.

Tabela 2. Características técnicas do *Feller Buncher*

Marca	John Deere
Modelo	903K
Potência Nominal (Kw)	224
Tipo de Rodado	Esteira
Massa (Kg)	30490
Alcance máximo do braço (m)	6,71
Tanque combustível (l)	1085
Reservatório Hidráulico (l)	311

A máquina utilizada para a operação de extração dos feixes de madeira foi o trator florestal *Skidder* (Figura 4), e algumas das suas características podem ser verificadas conforme a Tabela 3.



Figura 4. Trator florestal *Skidder* John Deere, modelo 848H.

Tabela 3. Características técnicas do *Skidder*

Marca	John Deere
Modelo	848 H
Potência Nominal (Kw)	149
Tipo de Rodado	Pneus
Massa (Kg)	17826
Área da pinça (m²)	1,5
Tanque de combustível (l)	329
Reservatório Hidráulico (l)	63

A máquina utilizada para a operação de traçamento da madeira foi realizada pela garra traçadora (Figura 5), e algumas das suas características podem ser verificadas conforme a Tabela 4.



Figura 5. Garra Traçadora John Deere, modelo 200DLC.

Tabela 4. Características técnicas da Garra Traçadora

Marca	John Deere
Modelo	200 DLC
Potência Nominal (Kw)	119
Tipo de Rodado	Esteira
Massa (Kg)	22359
Marca do cabeçote	J de Souza
Área da grua (m²)	0,58
Tanque de combustível (l)	400
Reservatório Hidráulico (l)	240

4.6 Descrição dos procedimentos operacionais

4.6.1 Feller Buncher

O *Feller Buncher* realizou a operação de corte e acúmulo de árvores, formando os feixes de madeira que em seguida eram depositadas sobre o terreno. O eito de trabalho do *Feller Buncher* era composto por 3 linhas de plantio de árvores, os feixes eram depositados formando um ângulo de 90° em relação ao alinhamento do plantio com a base dos feixes direcionados para a margem da estrada. O *Feller Buncher* sempre depositava 2 *Bunchers* de feixes de madeira (Figura 6).

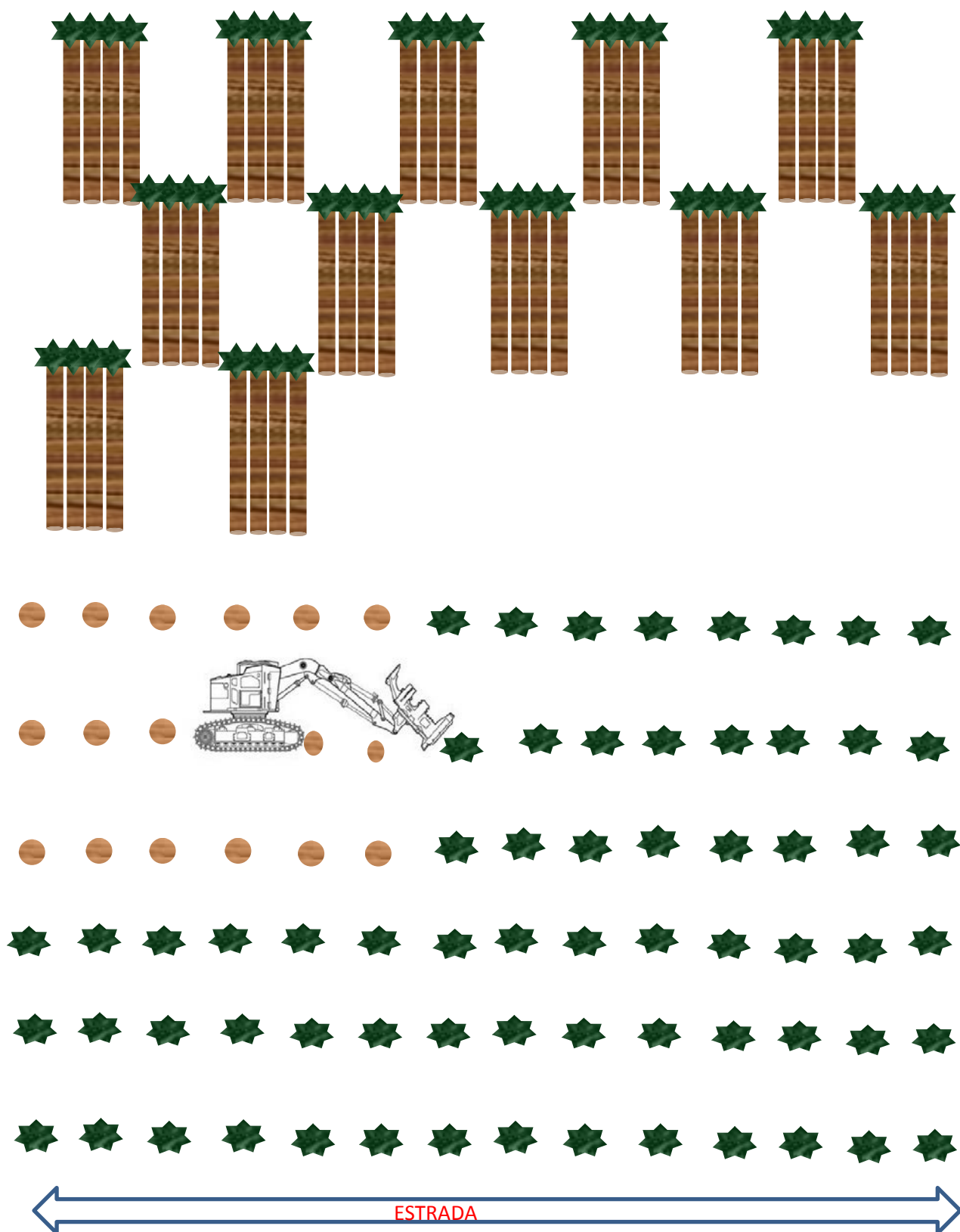


Figura 6. Esquema *Feller Buncher*

Feixes de
árvores

Legenda

Toco da
árvore

Árvores em pé

O ciclo operacional do *Feller Buncher* foi dividido em atividades parciais (englobam os movimentos planejados que ocorrem durante o trabalho, resultando em produção) e gerais (ocorrem casualmente e não resultam em produção).

As atividades parciais do ciclo operacional do *Feller Buncher* estudadas foram:

- Procurar, cortar e acumular: tempo despendido para o corte e acúmulo das árvores até a formação do feixe de madeira. Inicia-se com o deslocamento da máquina e do cabeçote (implemento de corte) finalizando com a formação do feixe de madeira.
- Bascular: tempo despendido para a derrubada do feixe de madeira. Inicia-se com o movimento do cabeçote com o feixe de madeira formado em direção ao chão.
- Giro vazio: tempo despendido para a máquina retornar a posição de corte. Inicia-se com o movimento do cabeçote após a basculada.
- Arrumar o feixe: tempo despendido para a arrumação dos feixes de madeira. Inicia-se quando a máquina alinha uma árvore ou mais em um feixe de madeira.
- Pegando árvore: tempo despendido para a coleta de uma árvore caída do ciclo anterior. Inicia-se a partir do momento que o cabeçote é direcionado para a árvore caída.

As atividades gerais do ciclo operacional do *Feller Buncher* estudadas foram:

- Interrupções: parada da máquina para qualquer tipo de manutenção, parada do trabalhador (necessidades fisiológicas).

4.6.2 Skidder

O *Skidder* realizou a operação de extração dos feixes de madeira, trabalhando com 2 feixes de madeira o que correspondia a 4 *Buncher* do *Feller* (Figura 7).

Os feixes de madeira eram alocados a 90° na bordadura do talhão com a base dos feixes direcionados para a estrada.

As parcelas experimentais do *Skidder* foram subdivididas em 5 classes de distância de extração com intervalos de 50 metros cada até a distância máxima de 250 ou seja, 0-50; 51-100; 101-150; 151-200; 201-250 metros.

Os dados foram analisados considerando os centros de classe de distância. 25, 75, 125, 175 e 225 metros. As distâncias foram determinadas com o auxílio de uma trena.

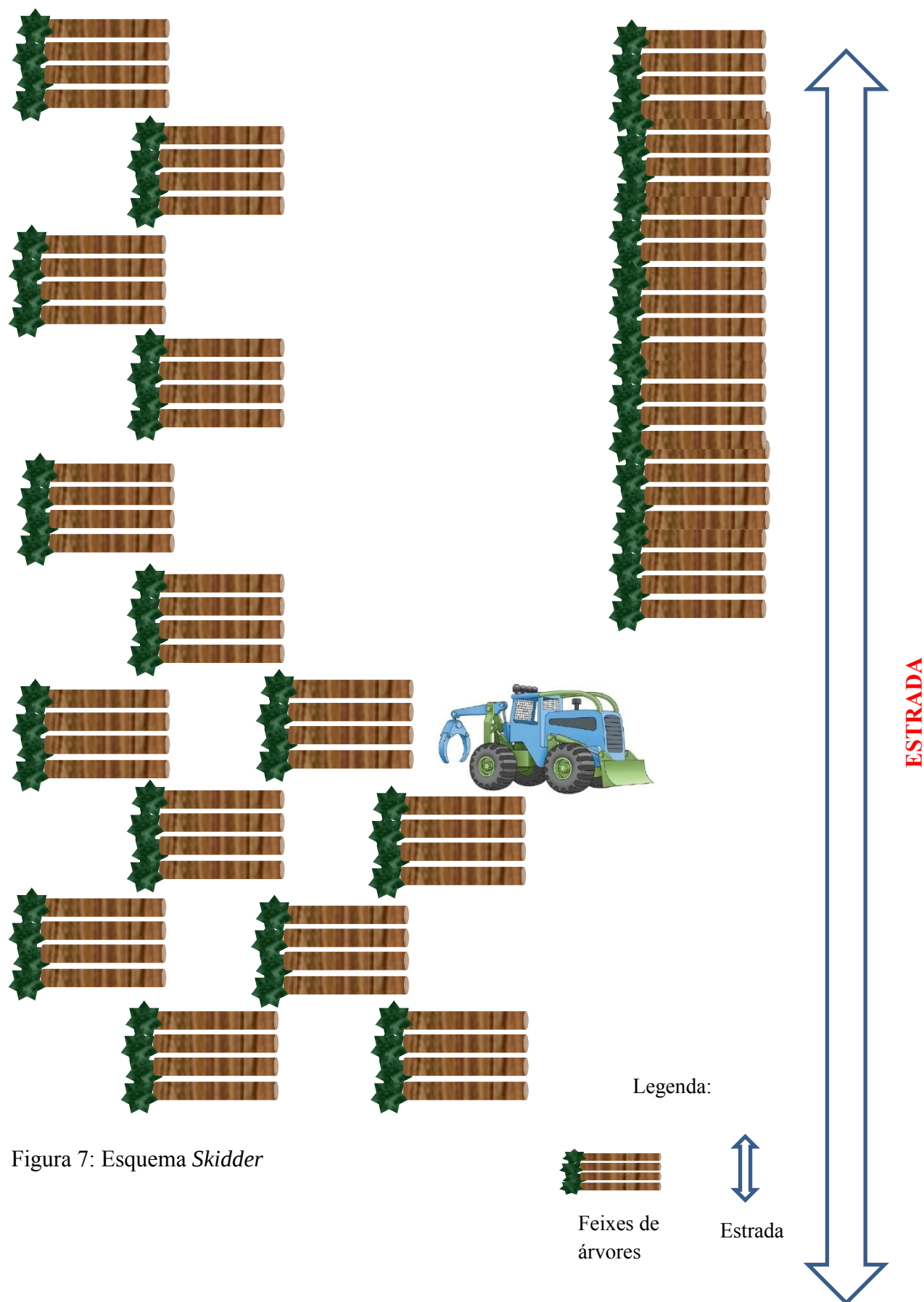


Figura 7: Esquema *Skidder*

O ciclo operacional do *Skidder* foi dividido em atividades parciais (englobam os movimentos planejados que ocorrem durante o trabalho, resultando em produção) e gerais (ocorrem casualmente e não resultam em produção).

As atividades parciais do ciclo operacional do *Skidder* estudadas foram:

- Viagem vazia: tempo despendido com manobra e deslocamento do *Skidder* da margem até o interior do talhão próximo ao feixe de árvores. Inicia-se com o deslocamento da máquina até o primeiro feixe de madeira.
- Carregamento: tempo despendido com manobra e carregamento dos feixes, através do acionamento das garras da pinça. Inicia-se com a abertura da pinça para o carregamento dos feixes e finaliza quando os feixes já estão formados.
- Viagem Carregada: tempo despendido para o deslocamento do *Skidder* com os feixes de madeira. Inicia-se com o movimento do *Skidder* com os feixes já formados.
- Descarregamento: tempo despendido para o descarregamento dos feixes de madeira da pinça. Inicia-se a partir do momento que acontece a abertura da pinça.
- Largar: tempo despendido para soltar os feixes no carregamento. Inicia-se com a abertura das pinças.
- Arrumando Feixe: tempo despendido para a arrumação dos feixes que se encontram na margem do talhão. Inicia-se com a abertura das pinças e movimentação dos feixes na margem do talhão.

As atividades gerais do ciclo operacional do *Skidder* estudadas foram:

- Interrupções: parada da máquina para qualquer tipo de manutenção, parada do trabalhador (necessidades fisiológicas).

4.6.3 Garra traçadora

A garra traçadora realizou a operação de traçamento dos feixes de madeira, os quais se encontravam na margem da estrada já desganhada (Figura 8).

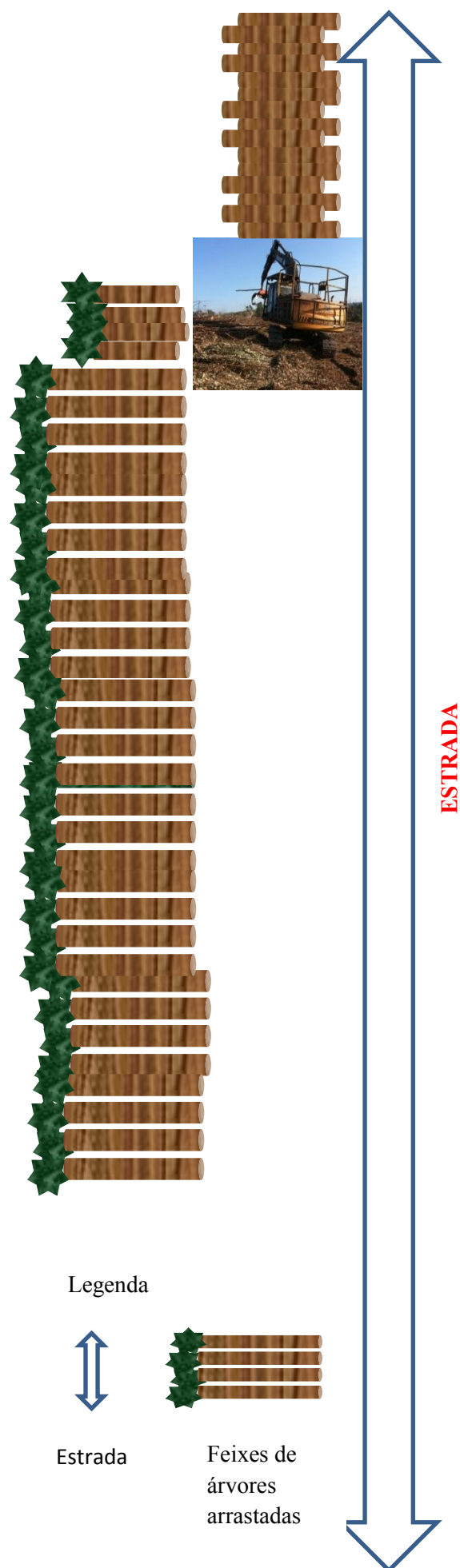


Figura 8: Esquema Garra traçadora



Feixes de
madeira
traçadas

Legenda



Estrada



Feixes de
árvores
arrastadas

O ciclo operacional da garra traçadora foi dividido em atividades parciais (englobam os movimentos planejados que ocorrem durante o trabalho, resultando em produção) e gerais (ocorrem casualmente e não resultam em produção).

As atividades parciais do ciclo operacional da Garra traçadora estudadas foram:

- Pegando feixe: tempo despendido para a formação do feixe. Inicia-se com o deslocamento da grua até os feixes de madeira até as mesmas serem colocadas na pilha (margem da estrada).
- Traçamento: tempo despendido para o traçamento do feixe. Inicia-se com o acionamento da serra.
- Carregando na pilha: tempo despendido para a movimentação do feixe de madeira até a pilha. Inicia-se com o movimento da grua com o feixe já formado até a pilha de madeira.
- Arrumar pilha: tempo despendido para a arrumação da pilha. Inicia-se a partir do momento em que a grua é direcionada para a pilha de madeira.
- Formar travesseiro: tempo despendido para a formação dos travesseiros que serão utilizados pelas pilhas de madeira. Inicia-se com a movimentação da grua com uma ou duas toras em direção ao chão.
- Arrumar Feixe: tempo despendido para a arrumação dos feixes que serão posteriormente traçados. Inicia-se com a movimentação da grua em um determinado feixe de madeira.

As atividades gerais do ciclo operacional da Garra traçadora estudadas foram:

- Interrupções: parada da máquina para qualquer tipo de manutenção, parada do trabalhador (necessidades fisiológicas).

4.7 Coleta dos dados

O período de coleta dos dados foi durante os meses de janeiro e fevereiro de 2014, com 12 horas de trabalho por dia, de domingo a domingo.

A coleta de dados foi realizada através do estudo de tempos e movimentos, utilizando o método de tempo contínuo.

Este método de cronometragem tem como característica a medição do tempo sem detenção do cronômetro, ou seja, de forma contínua.

A leitura do cronômetro foi realizada cada vez que aconteceu um ponto de medição, anotando-se o horário indicado no cronômetro sem detê-lo junto com o nome da atividade parcial recém-realizada. Para se determinar o tempo necessário para cada atividade parcial, foi calculado durante a avaliação por subtração entre o horário que uma determinada atividade foi finalizada e o horário em que a mesma teve início.

A vantagem deste método é a realização de forma cronológica, ou seja, as atividades parciais são anotadas em sequência à medida que são realizadas, facilitando a identificação de eventuais erros e das atividades não previstas durante o ciclo operacional (Barnes, 1977).

Para a coleta de dados em campo, foram utilizados formulários (Anexo 1), os quais foram preenchidos com algumas informações como, por exemplo: data da coleta, talhão, nome do operador e do pesquisador. Para cada ciclo operacional da máquina, foi quantificado o número de árvores ou feixes para cada ciclo.

4.8 Análise Técnica

Para esta análise, foi realizado o cálculo do rendimento pela equação 1 abaixo, segundo Simões (2010), o rendimento é uma relação entre o volume de madeira produzido pela máquina em metros cúbicos por hora efetiva de trabalho.

$$R = V/He \quad (1)$$

Em que:

R- Rendimento (m³/h)

V- Volume em metros cúbicos de madeira (m³).

He- Hora efetiva de trabalho (Horas)

Para o cálculo de eficiência operacional foi utilizada a equação 2 abaixo, de acordo com Oliveira et al (2009), a eficiência operacional é a percentagem do tempo efetivamente trabalhado, em relação ao tempo destinado ao trabalho.

$$Eo = \frac{he}{he+hp} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

Eo= eficiência operacional

he= tempo efetivo de trabalho (horas)

hp= tempo de paradas (horas)

4.9 Análise de custo

Foi obtido o custo operacional das três máquinas florestais por meio da metodologia proposta pela American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE, 2001) para as condições deste estudo.

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

Os custos operacionais das máquinas (*feller buncher*, *skidder* e garra traçadora) foram estimados em reais por hora de trabalho (R\$.h⁻¹).

4.9.1 Juros

A taxa de juros utilizadas para este estudo foi de 10% a.a. Os juros são calculados segundo a ASABE (2001), pela equação 3.

$$J = \frac{Vi+Vf}{2 \cdot h} \cdot r \quad (3)$$

Em que:

J- custos com juros (R\$/h)

Vi- valor inicial da máquina florestal (R\$)

Vf- valor final (revenda) da máquina florestal (R\$)

h- hora efetivas de uso anual

r-taxa de juros

4.9.2 Depreciação

O cálculo da depreciação foi utilizado para recuperar o investimento da máquina conforme o passar dos anos, devido aos desgastes sofridos durante o tempo de sua utilização.

Utilizou-se o método de depreciação linear, considerando que os recursos financeiros ficam no caixa da empresa com remuneração zero (Equação 4).

$$D = \frac{Vi - Vf}{Vu \cdot h} \quad (4)$$

Em que:

D- Depreciação por hora

Vi- valor inicial da máquina florestal (R\$)

Vf- valor final de revenda ou de sucata da máquina florestal (R\$)

Vu- vida útil em anos

h- horas de uso anual

4.9.3 Abrigo

Para o cálculo do custo de abrigo em função do local de armazenamento necessário para a máquina florestal. Considerando um fator de ajuste (FA) de 0,75% do valor inicial da máquina (Equação 5).

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

Em que:

Ca- custo de abrigo da máquina florestal

Vi- valor inicial da máquina florestal

FA- fator de ajuste

h- horas de uso por ano

4.9.4 Taxas administrativas

Para o cálculo das taxas administrativas, considerou-se um percentual do valor inicial da máquina e de acordo com a ASABE (2001), o fator de ajuste (FA) foi de 1,0% (Equação 6).

$$T = \frac{Vi.FA}{h} \quad (6)$$

Em que:

T- taxas de administração

Vi- valor inicial da máquina florestal

FA- fator de ajuste

h- horas de uso por ano

4.9.5 Seguros

O custo com seguros são uma forma de indenização de ocorrência de fatores externos, tais como roubo, incêndio, acidentes entre outros. De acordo com a ASABE, considerou-se um fator de ajuste (FA) de 0,25% do valor inicial da máquina (Equação 7).

$$S = \frac{Vi.FA}{h} \quad (7)$$

Em que:

S- custo de seguro da máquina florestal

Vi- valor inicial da máquina florestal

FA- fator de ajuste

h- horas de uso por ano

4.9.6 Mão de obra

O custo com a mão de obra dos operadores está diretamente relacionado aos custos com pagamento de salários, encargos sociais e benefícios. Foi considerado um fator de ajuste (FA) de 25% proposto pela ASABE (2001), segundo a (Equação 8).

$$C_{mo} = W \cdot FA \quad (8)$$

Em que:

C_{mo} - custo de mão de obra

W- salário médio

FA- fator de ajuste

4.9.7 Combustíveis

O cálculo com os custos com os combustíveis foi em relação à quantidade de óleo diesel consumido pelas máquinas (Equação 9).

$$C_c = Q_m \times P_c \quad (9)$$

Em que:

C_c - custo de combustível por hora ($R\$.h^{-1}$)

Q_m - consumo médio de diesel ($l.h^{-1}$)

P_c - preço do óleo diesel por litro ($R\$.l^{-1}$)

4.9.8 Lubrificação

Os custos com a lubrificação abrangem os dispêndios com óleo de motor, óleo de transmissão, graxas e filtros. Foi considerado um fator de ajuste (FA) de 15% proposto pela ASABE (2001), (Equação 10).

$$Cl = FA \times Cc \quad (10)$$

Em que:

Cl- custo de lubrificação por hora (R\$. h⁻¹)

FA-fator de ajuste

Cc- preço de óleo diesel por litro (R\$.l⁻¹)

4.9.9 Reparos e manutenção

Foi calculado os custos de reparos e manutenção das máquinas florestais conforme o desgaste natural, acidentes, quebras, reparos e ao uso em condições normais, de acordo com a ASABE (2001), (Equação 11).

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

Em que:

C_{rm}- custo de reparo e manutenção

P- valor inicial da máquina florestal (R\$)

FR₁-fator de reparo 1

h- horas de uso acumulada, até o início do ano em análise

FR₂- fator de reparo 2

u-horas de uso no ano em análise

4.9.10 Custo de transporte de maquinário

O custo de transporte de maquinário foi fornecido pela empresa.

4.10 Estimativas do custo de produção

A estimativa do custo de produção foi obtida conforme a (equação 12).

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

Em que:

C_{cm} - custo de produção da máquina (R\$.m⁻³)

C_{opMF} - custo operacional da máquina florestal (R\$.h⁻¹)

R - rendimento da máquina (m³.h⁻¹)

4.11 Estimativa do custo médio do sistema de colheita de madeira

A estimativa do custo médio do sistema de colheita foi obtida através do somatório do custo médio de produção das três máquinas (*Feller Buncher*, *Skidder* e Garra traçadora).

4.12 Metodologia Estatística

Na análise estatística das variáveis Rendimento (m³/h), Tempo efetivo (minutos/ciclo) e tempo por atividade (minuto/ciclo) foram utilizados modelos lineares generalizados com distribuição de probabilidade gama e função de ligação logarítmica (Nelder e Wedderburn, 1972; Diggle et al., 2002), considerando os fatores operador, declividade e distância (apenas para o *Skidder*). A qualidade do ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (*deviance*). A análise foi feita considerando-se a estrutura fatorial, isto é, o estudo de um dado fator foi feito dentro dos níveis do outro fator. Para comparações entre tratamentos foi utilizado o teste *LSMeans* do procedimento *Genmod* do programa SAS (SAS, 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento Feller Buncher

O cálculo do rendimento do *Feller Buncher* foi realizado pelo estudo de tempos e movimentos, em que foi dividido as atividades parciais da máquina, obtendo-se o tempo efetivo da máquina (desconsiderando as atividades gerais) e o volume em metros cúbicos de madeira cortada.

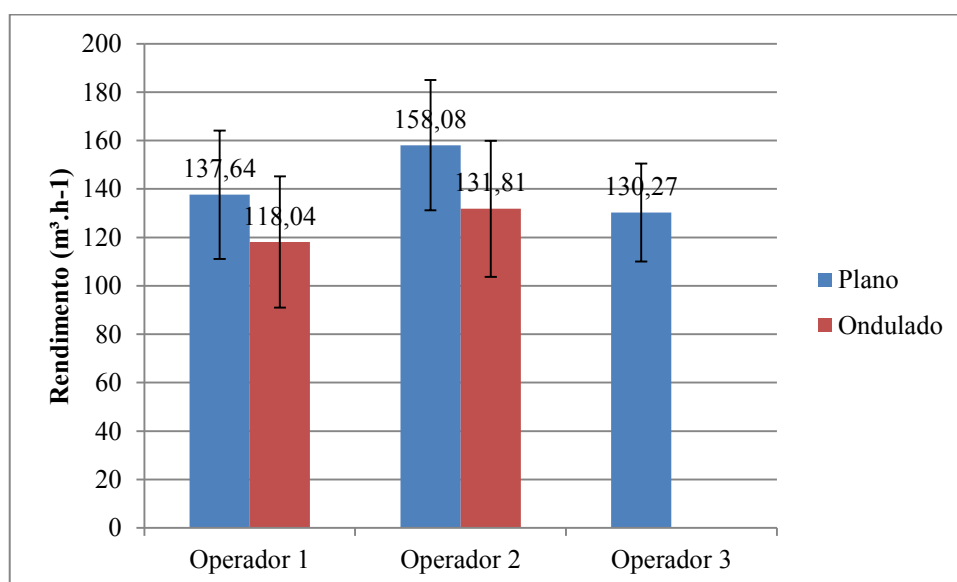


Figura 9. Rendimento médio ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$) e desvio padrão dos operadores do *Feller Buncher* nas duas declividades.

Conforme mostrado na Figura 9, existem diferenças de rendimento do mesmo operador nas duas declividades (ondulado e plano), podendo-se perceber a diferença dos rendimentos entre os operadores.

A eficiência operacional do operador 1 para a declividade plano foi de 65,85% e de 44,51% para a declividade ondulado. Para o operador 2, foi 77,77% para a declividade plano e de 38,44% para a declividade ondulado. Já para o operador 3, apenas para a declividade plano foi de 67,20%. O fato da eficiência operacional ter sido menor para a declividade ondulado foi devido a um maior tempo de parada (quebra da máquina).

Conforme a Tabela 5, pode-se constatar que existe diferença estatística do rendimento entre os operadores e que para o mesmo operador existe diferença do rendimento quando comparado às duas declividades.

O rendimento do operador 2 foi de 14,85% maior em relação ao operador 1 e de 21,35% maior em relação ao operador 3 para a declividade plano. Já para a declividade ondulado, o rendimento do operador 2 foi de 18,04% maior em relação ao operador 1. O rendimento do operador 2 ter sido maior em relação aos outros operadores pode ser explicado pelo seu maior tempo de experiência.

Tabela 5. Rendimento médio ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) seguido de (desvio padrão) dos operadores do *Feller Buncher* na declividade ondulado e plano.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	118,04 Aa (27,11)	131,81 Ba (28,07)	
Plano	137,64 Ab (26,50)	158,08 Bb (26,94)	130,27 C (20,25)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Na situação de declividade plano, o rendimento e (desvio padrão) variou de $130,27 \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (20,25) a $158,08 \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (26,94). Já para a situação de declividade ondulado, o rendimento variou de $118,04 \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (27,11) a $131,81 \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (28,07). Tais resultados demonstraram ser diferentes em relação ao trabalho realizado por Oliveira

Junior; Seixas; Batista (2009), analisando a produtividade do *Feller Buncher* em povoamento de eucalipto, verificou-se um rendimento de $65,5\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ para a declividade ondulado e de $116,19\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ para a declividade plano.

Para o presente trabalho e de Oliveira Junior; Seixas; Batista (2009), pode-se constatar que existe diferença nos rendimentos do *Feller Buncher* quando avaliado nas declividades (plano e ondulado). E também para o presente trabalho pode-se constatar que o rendimento de um operador para as duas situações de declividade são diferentes, sendo maior para a declividade plano.

Simões (2008) realizou em um estudo do *Feller Buncher* em florestas de primeiro corte e com relevo plano, e encontrou um rendimento médio de $118,51\text{m}^3.\text{h}^{-1}$. Simões et al. (2014) encontrou um rendimento de $109,53$ e $127,50\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ para as mesmas condições de floresta e declividade. Já para o presente estudo os valores dos rendimentos novamente são diferentes.

Segundo Simões et al. (2010), avaliando um *Feller Buncher*, em uma floresta de *eucalyptus* de segunda rotação, encontraram valores de rendimento médio entre $70,03$ e $91,60\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ para dois tipos de subsistema avaliado.

Moreira et al. (2004), avaliou o rendimento do *Feller Buncher* em floresta de segundo corte de *eucalyptus* em condições de relevo plano a suave ondulado, encontrou valores de $33,47$ e $36,10\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ em dois subsistemas. Já Nascimento et al. (2011), Fernandes et al. (2009) e Lopes (2007), Fiedler et al. (2008) avaliando o *Feller Buncher* em uma floresta de eucalipto, com predominância do relevo plano encontraram um rendimento de $48\text{m}^3.\text{h}^{-1}$, $40,84\text{m}^3.\text{h}^{-1}$, $47,3\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ respectivamente.

5.1.1 Tempo efetivo

De acordo com a Tabela 6, pode-se verificar que estatisticamente existe diferença no tempo efetivo entre os operadores, sendo que para o operador 2 existe diferença no tempo efetivo quando comparados em ambas as declividades.

Através do tempo efetivo pode-se constatar que o menor tempo efetivo (tempo médio por ciclo), está relacionado com um maior rendimento.

Tabela 6. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores do *Feller Buncher* na declividade ondulado e plano.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,80 Aa (0,16)	0,75 Ba (0,17)	
Plano	0,78 Aa (0,16)	0,69 Bb (0,15)	0,82 C (0,21)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

5.1.2 Tempo médio das atividades parciais

Nas Tabelas 7, 8, 9, 10 e 11 estão representadas os tempos médios de cada atividade parcial do ciclo operacional do *Feller Buncher* para cada operador.

Conforme a Tabela 7, para a atividade arrumar feixe, quando comparado o tempo médio de cada operador para a declividade plano, o operador 1 difere-se dos operadores 2 e 3. Quando analisadas as duas declividades, apenas para o operador 2 existe diferença para o tempo médio para atividade arrumar feixe, ou seja o relevo interferiu no tempo para a realização desta atividade neste caso.

Tabela 7. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe) dos operadores do *Feller Buncher* na declividade ondulado e plano.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,26 Aa (0,23)	0,24 Aa (0,17)	
Plano	0,23 Aa (0,11)	0,41 Bb (0,20)	0,54 B (0,45)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Tabela 8. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (bascular) dos operadores do *Feller Buncher* na declividade ondulado e plano.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,11 Aa (0,04)	0,10 Ba (0,04)	
Plano	0,10 Aa (0,04)	0,09 Bb (0,03)	0,10 A (0,03)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 8, para a atividade parcial bascular, o operador 2 difere-se dos operadores 1 e 3 para a declividade plano e para a declividade ondulado o operador 2 difere-se do operador 1. Desta forma, a realização da atividade bascular foi diferente para cada operador. Quando analisado as duas declividades, apenas para o operador 2 existe diferença para o tempo médio para atividade bascular, ou seja, a declividade interferiu na realização desta atividade.

De acordo com a Tabela 9, para a atividade parcial cortar, o operador 2 difere-se dos operadores 1 e 3 para a declividade plano e na declividade ondulado o operador 2 difere-se do operador 1. Nota-se que a atividade cortar foi diferente para cada operador. Quando analisado as duas declividades apenas para o operador 2 existe diferença para o tempo médio para atividade cortar. A declividade interferiu no tempo de realização da atividade cortar.

Tabela 9. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (cortar) dos operadores do *Feller Buncher* na declividade ondulado e plano.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,57 Aa (0,12)	0,53 Ba (0,13)	
Plano	0,55 Ab (0,14)	0,46 Bb (0,09)	0,54 A (0,14)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 10, o operador 1 difere-se do operador 2 para a declividade ondulado e para a declividade plano o operador 3 difere-se dos operadores 1 e 2. Demonstrando que esta atividade é diferente para cada operador, no sentido do tempo gasto para a realização da mesma. A declividade não interferiu no tempo médio para a realização desta atividade.

Tabela 10. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (pegar árvore) dos operadores do *Feller Buncher* na declividade ondulado e plano.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,29 Aa (0,06)	0,16 Ba (0,06)	
Plano	0,23 Aa (0,12)	0,19 Aa (0,06)	0,40 B (0,27)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 11, o operador 2 difere-se do operador 1 na declividade ondulado e para a declividade plano o operador 3 difere-se dos operadores 1 e 2. Ocorreu uma diferença no tempo para a realização desta atividade entre os operadores em ambas as declividades.

Apenas para o operador 2 existe diferença no tempo médio da atividade giro vazio quando comparado nas duas declividades. Neste caso a declividade interferiu na realização da atividade giro vazio.

Tabela 11. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (giro vazio) dos operadores do *Feller Buncher* na declividade ondulado e plano.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,11 Aa (0,07)	0,10 Ba (0,07)	
Plano	0,12 Aa (0,05)	0,12 Ab (0,06)	0,16 B (0,05)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

As atividades que ocorrem em todo o ciclo operacional do *Feller Buncher* como o corte, giro vazio e basculada são os que mais consomem tempo respectivamente. Embora o tempo médio das atividades arrumar feixe e pegar árvore apresentaram um tempo maior que as outras atividades, estas não ocorrem em todo o ciclo operacional.

Para o presente trabalho a atividade que mais consumiu tempo foi o corte e a basculada o menor tempo, o mesmo constatado por Minette et al. (2008), Lopes (2007), Simões (2008), Fernandes et al. (2009), Nascimento et al. (2011) e Simões (2014).

De acordo com Simões (2008), constatou que a atividade que mais consumiu tempo foi a operação de corte e manobras o menor tempo. Lopes (2007) , Fernandes et al. (2009) e Simões (2014) constataram que a atividade buscar e cortar e o deslocamento vazio consumiram o maior tempo das atividades.

Para Nascimento et al. (2011) realizou-se uma avaliação técnica e econômica de um *Feller Buncher* em uma floresta de eucalipto, com predominância do terreno plano constatou que a atividade de corte foi a que mais consumiu tempo e o giro vazio a atividade que menos consumiu tempo.

As figuras 10 a 12 mostram as porcentagens das atividades parciais do *Feller Buncher* para a situação de declividade plano e ondulado (operador 1 e 2) e para o operador 3 apenas na situação de declividade plano. A atividade com a maior porcentagem é a operação de corte e a menor é a operação de basculada. Uma vez que as atividades (arrumar feixe e pegar árvore) não ocorrem em todos os ciclos operacionais do *Feller Buncher*.

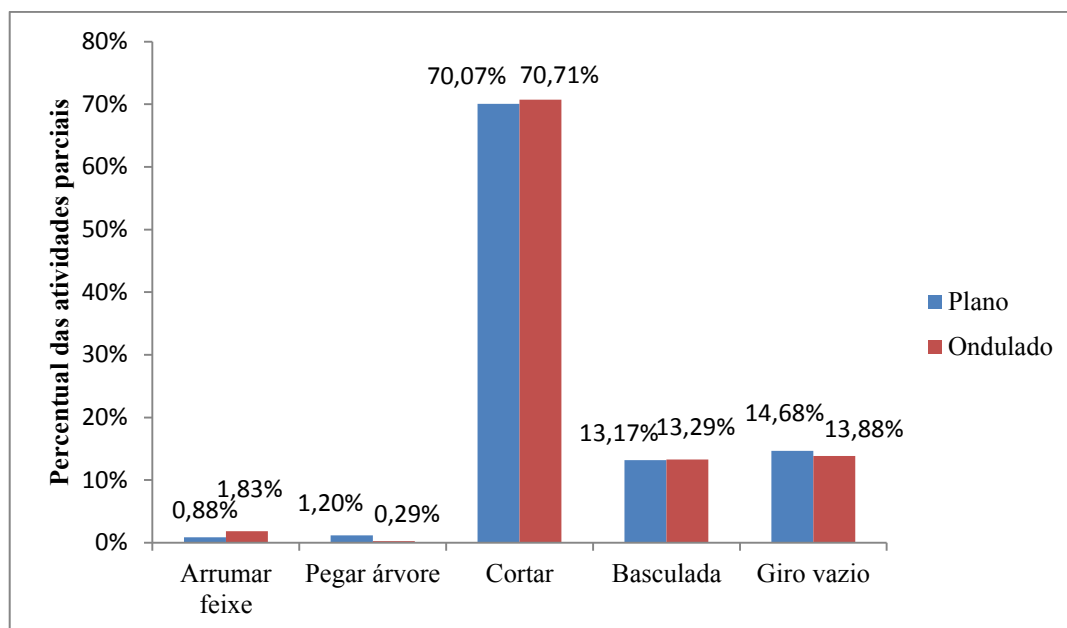


Figura 10. Percentual das atividades parciais do operador 1 na declividade plano e ondulado.

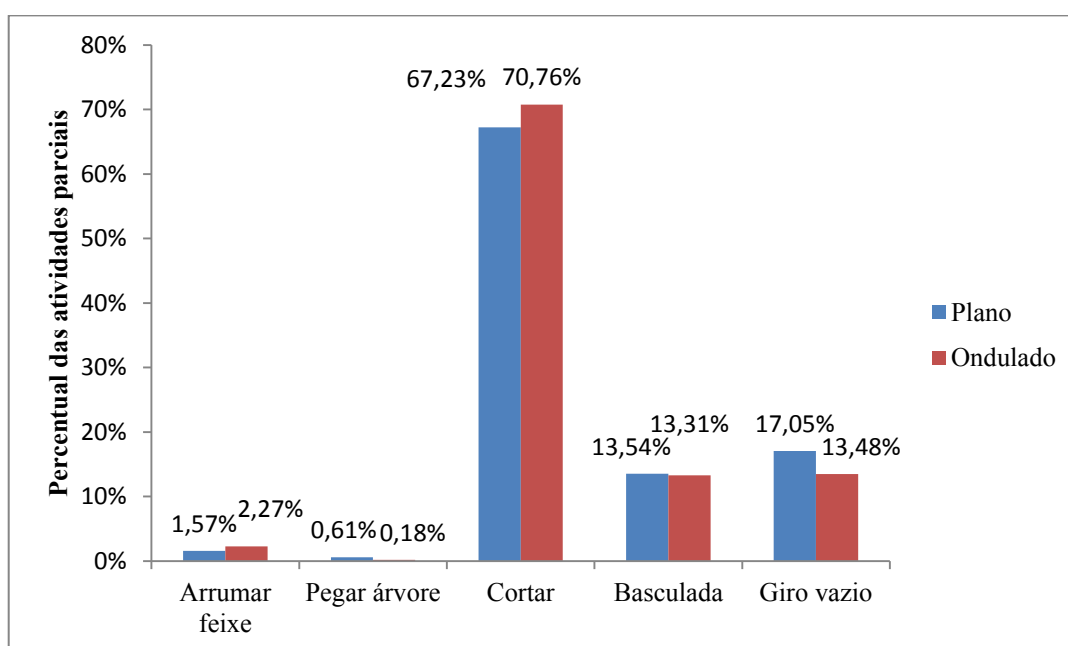


Figura 11. Percentual das atividades parciais do operador 2 na declividade plano e ondulado.

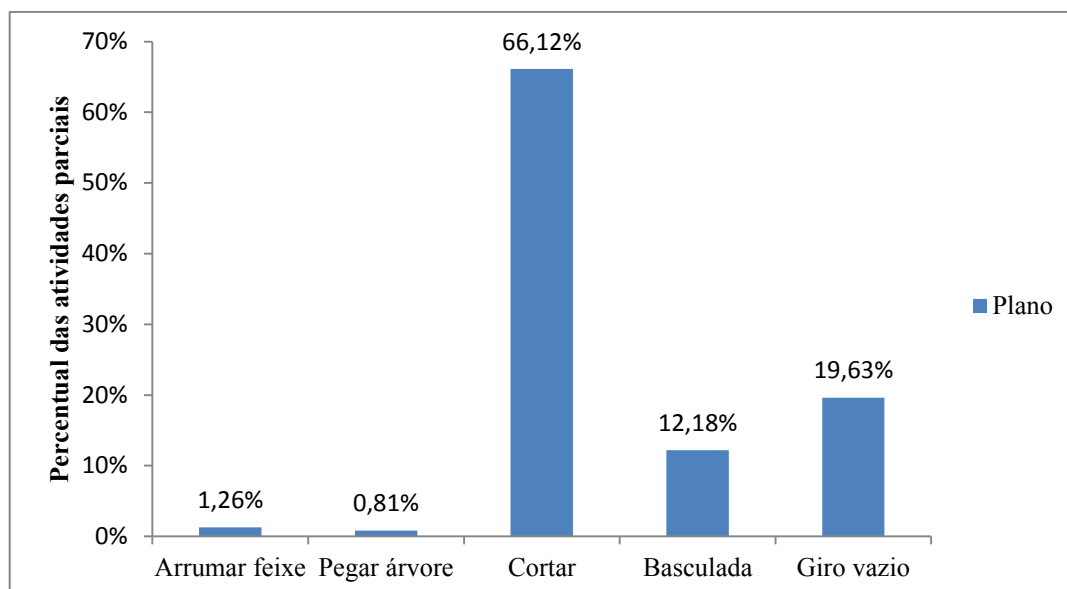


Figura 12. Percentual das atividades parciais do operador 3 na declividade plana.

5.1.3 Análise de custo do *Feller Buncher*

Na Tabela 12 são apresentados os valores dos custos fixos (R\$.h⁻¹) do *Feller Buncher*.

Tabela 12. Valores dos custos fixos médios (R\$.h⁻¹) do *Feller Buncher*.

Custos fixos (CF)	R\$.h ⁻¹
Depreciação	74,00
Juros	22,61
Abrigo	3,08
Taxas administrativas	4,11
Seguros	1,03
Total	104,83

O custo fixo total para o *Feller Buncher* foi de R\$104,83 h⁻¹.

Na Tabela 13 são apresentados os valores dos custos variáveis do *Feller Buncher*. O custo variável total foi de R\$444,02 h⁻¹.

Tabela 13. Valores dos custos variáveis médios(R\$.h⁻¹) do *Feller Buncher*

Custos variáveis (Cv)	R\$.h⁻¹
Mão de obra	35,16
Combustíveis	115,50
Lubrificantes	0,41
Reparos e Manutenção	172,95
Transporte de maquinário	120,00
Total	444,02

Através do somatório dos custos fixos e variáveis o custo operacional do *Feller Buncher* foi de R\$ 548,86 h⁻¹.

Na Tabela 14, são apresentados os valores do custo médio de produção para os operadores do *Feller Buncher* nas declividades ondulado e plano. Existe diferença no custo de colheita do mesmo operador em duas situações de declividade e diferença entre os operadores.

Tabela 14. Custo médio de produção (R\$.m⁻³) dos operadores do *Feller Buncher*.

Declividade	Custo de produção (R\$.m ⁻³) Operador 1	Custo de produção (R\$.m ⁻³) Operador 2	Custo de produção (R\$.m ⁻³) Operador 3
Ondulado	4,65	4,16	
Plano	3,99	3,47	4,21

5.2 Rendimento Skidder

Conforme a Figura 13 pode-se verificar o comportamento dos rendimentos dos operadores 1 e 2 na situação de declividade ondulado conforme as distâncias de extração e os rendimentos dos operadores nas diferentes classes de distância.

Na distância de 110 metros, o rendimento dos dois operadores são os mesmos, no entanto se diferem nas outras distâncias. Com o aumento da distância, diminui-se o rendimento de ambos os operadores.

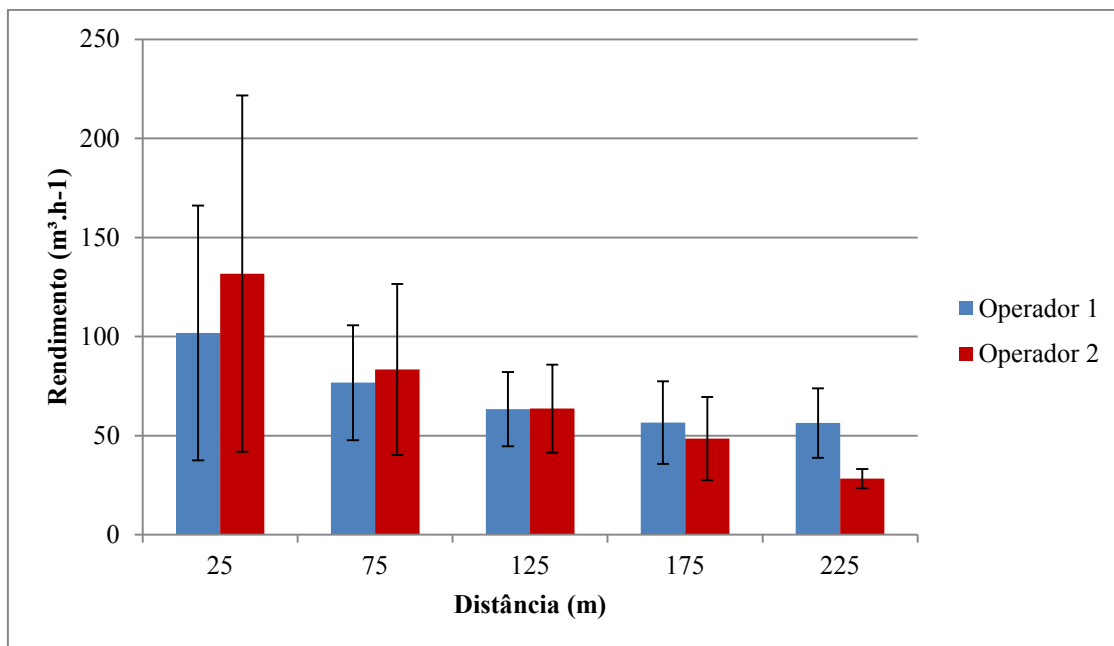


Figura 13. Rendimento médio ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$) e desvio padrão dos operadores do *Skidder* nas diferentes classes de distância na declividade ondulado.

Conforme a Figura 14, pode-se verificar o comportamento dos rendimentos dos operadores 1 e 2 na situação de declividade plano e os rendimentos dos operadores conforme as distâncias de extração.

Para a classe de distância de 0-50 metros os valores dos rendimentos são muito próximos. Com o aumento da distância, diminui-se o rendimento de ambos os operadores.

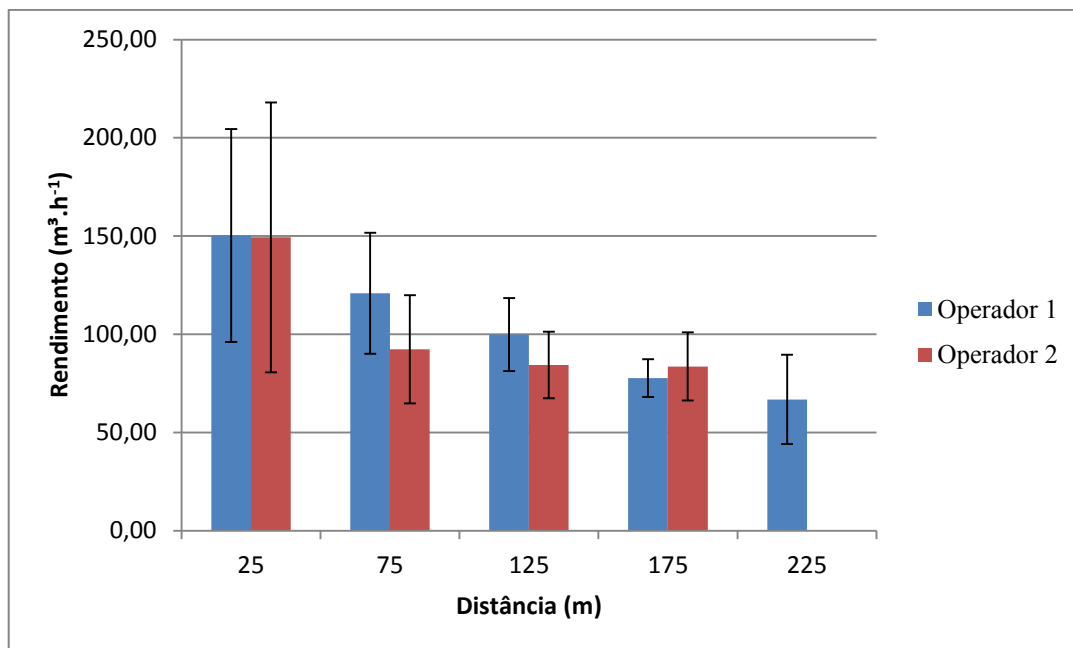


Figura 14. Rendimento médio ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$) e desvio padrão dos operadores do *Skidder* na declividade plano.

De acordo com a Figura 15, é demonstrado o rendimento médio dos 6 operadores do *Skidder* na situação de declividade plano em suas respectivas classes de distância.

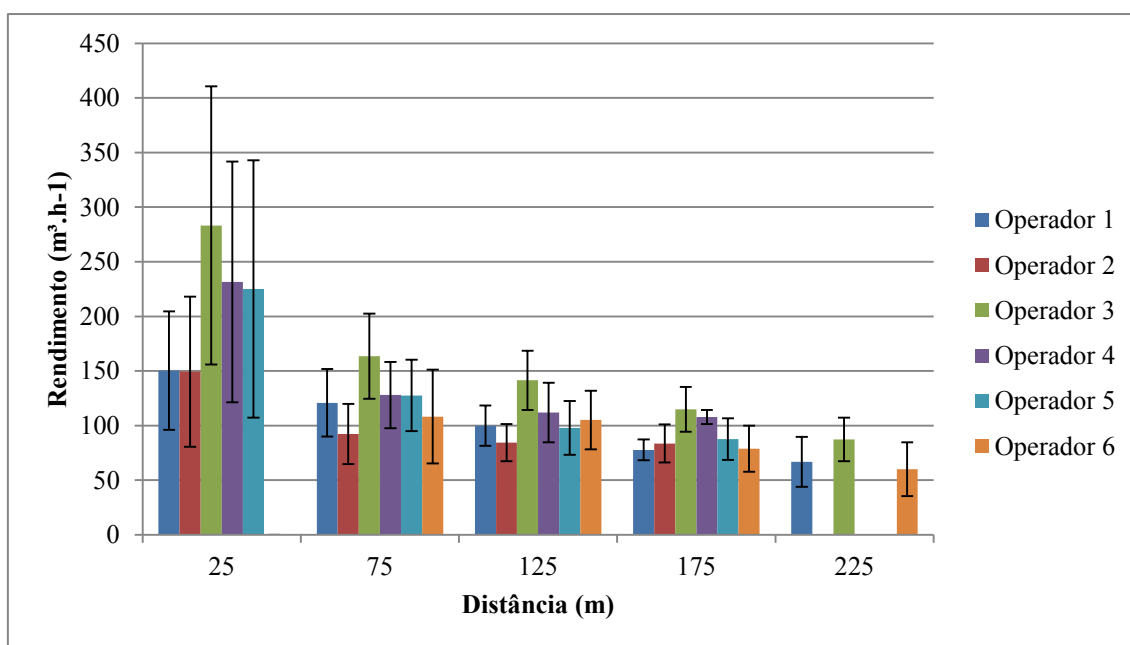


Figura 15. Rendimento médio ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$) e desvio padrão dos 6 operadores do *Skidder* na declividade plano.

De acordo com a Tabela 15, para a condição de declividade ondulado, o rendimento difere-se estatisticamente entre os dois operadores, que pode ser constatado na classe de distância de 25m e 225m. Já para a declividade plano pode ser observada para as distâncias de 75m e 125m. Este fato pode ser explicado pela variação no número médio de árvores por ciclo, tempo efetivo médio e habilidade do operador, uma vez que o tempo de experiência de ambos difere-se por apenas 5 meses.

Tabela 15. Rendimento médio ($m^3.h^{-1}$) seguido de (desvio padrão) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	101,83 Aa (64,22)	131,77 Ba (89,90)
	Plano	150,35 Ab (54,19)	149,38 Aa (68,67)
75	Ondulado	76,76 Aa (29,02)	83,43 Aa (43,18)
	Plano	120,89 Ab (30,80)	92,37 Ba (27,56)
125	Ondulado	63,38 Aa (18,67)	63,65 Aa (22,24)
	Plano	99,93 Ab (18,59)	84,37 Bb (16,99)
175	Ondulado	56,62 Aa (20,80)	48,47 Aa (21,00)
	Plano	77,79 Ab (9,62)	83,61 Ab (17,37)
225	Ondulado	56,39 Aa (17,50)	28,40 B (4,83)
	Plano	66,86 a (22,77)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguida da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

A eficiência operacional do operador 1 foi de 65,05% para a declividade plano e de 59,81% para a declividade ondulado. Para o operador 2, foi de 62,33% e 82,66%, respectivamente. Para o operador 3 foi de 56,02% , para o operador 4 foi de 87,03%, para o operador 5 foi de 65,69% e para o operador 6 foi de 80,24% ambos para a declividade plano. Essas diferenças na eficiência operacional estão relacionadas ao tempo de parada (quebra da máquina).

Quando se analisa o rendimento do mesmo operador nas duas situações de declividade, para o operador 1 existe diferença nos rendimentos nas classes de distância de 25, 75, 125 e 175 metros. Já para o operador 2 essa diferença apenas ocorreu nas classes de distância de 125 e 175 metros. Este fato pode ser explicado pela diferença

no número médio de árvores por ciclo e do tempo efetivo, uma vez que o maior rendimento foi constatado para a declividade plano para os dois operadores.

Segundo Fiedler et al. (2008) analisando um *Skidder* em um terreno com declividade plano encontrou um rendimento de $42,3 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ para uma distância média de 230 metros. Para Rocha et al. (2009) analisaram um *Skidder* em um terreno plano encontraram valores de 43,2; 41,5 e $42,3 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ para os períodos diurno, noturno e jornada completa de trabalho, respectivamente. Já para o presente trabalho para esta mesma classe de distância e para o terreno com declividade plano, o rendimento e (desvio padrão) variou de $60,12 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ e (24,55) a $87,38 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ e (19,89).

Segundo Fernandes et al. (2009) e Lopes et al. (2009) analisaram um *Skidder* de pneus em 3 distâncias de extração (100, 200 e 300 metros) em 3 produtividades ($100, 200 \text{ e } 300 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$), constataram que a menor distância e a maior produtividade foram que apresentaram melhor desempenho da máquina. O mesmo pode ser constatado em relação a menor distância no presente trabalho, uma vez que a menor classe de distância de extração para as duas declividades (plano e ondulado) apresentou um maior rendimento.

Quando se analisa o rendimento dos operadores em relação às classes de distância, conforme a Tabela 16 verifica-se que para todos os operadores e para as duas declividades existem diferenças no rendimento, conforme o aumento da distância diminui-se os rendimentos e que para a situação de declividade plano os operadores diferem-se entre si. Segundo Lopes (2007) analisando um *Skidder* de pneus em plantio de eucaliptos observaram que os maiores rendimentos estavam nas classes de distâncias menores e com o aumento da distância menor o rendimento.

Tabela 16. Rendimento médio ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$) seguido de (desvio padrão) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	101,83 Aa (64,22)	131,77 Ba (89,90)				
	75	76,76 Ab (29,02)	83,43 Ab (43,18)				
	125	63,38 Ac (18,67)	63,65 Ac (22,24)				
	175	56,62 Ad (20,80)	48,47 Ad (21,00)				
	225	56,39 Ae (17,50)	28,40 Be (4,83)				
Plano	25	150,35 Ca (54,19)	149,38 Ca (68,67)	283,26 Aa (127,26)	231,50 Ba (110,11)	225,12 Ba (117,77)	
	75	120,89 Bb (30,80)	92,37 Cb (27,56)	163,57Ab (38,92)	128,03 Bb (30,35)	127,54Bb (32,50)	108,26 BCa (42,97)
	125	99,93 BCc (18,59)	84,37 Dc (16,99)	141,49 Ac (27,11)	111,94 Bc (27,22)	97,83 Cc (24,54)	105,07 BCb (26,67)
	175	77,79 BCd (9,62)	83,61 BDCd (17,36)	114,75 Ad (20,50)	107,75 ADd (6,43)	87,60 BDd (18,96)	78,93 Cc (21,15)
	225	66,86 ABe (22,77)		87,38 Ae (19,89)			60,12 Bd (24,55)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

5.2.1 Tempo efetivo médio do Skidder

De acordo com as Figuras 16 e 17 representam o tempo efetivo médio dos operadores do *Skidder* (1 e 2) para a situação de declividade ondulado e plano para cada classe de distância. O tempo efetivo médio para ambos os operadores foi menor na situação de declividade plano em relação a declividade ondulado. Já a Figura 18 representa o tempo efetivo médio dos 6 operadores do *Skidder* para a declividade plano.

Para todas as situações o aumento da classe de distância, aumentou o tempo efetivo médio dos operadores.

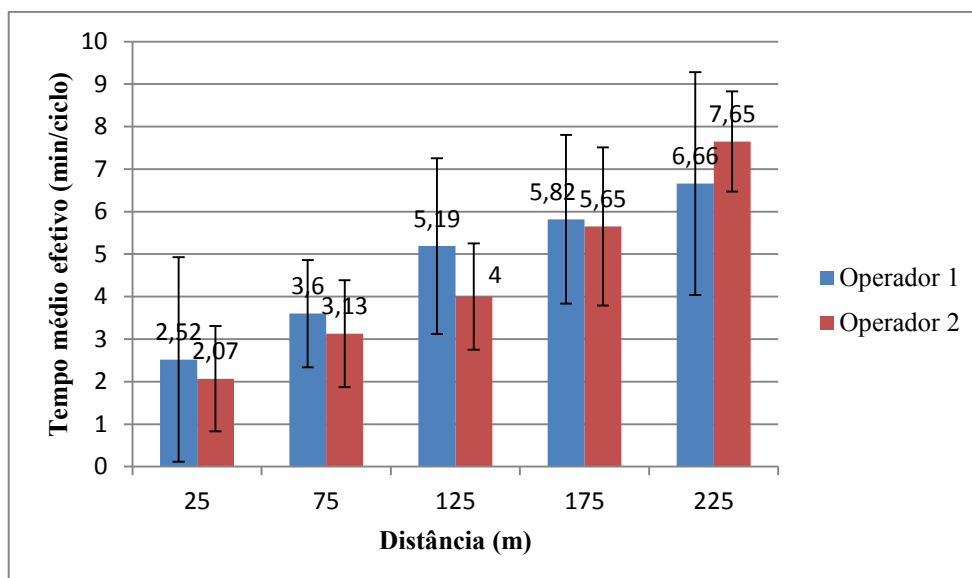


Figura 16. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) e desvio padrão dos operadores do *Skidder* na declividade ondulado.

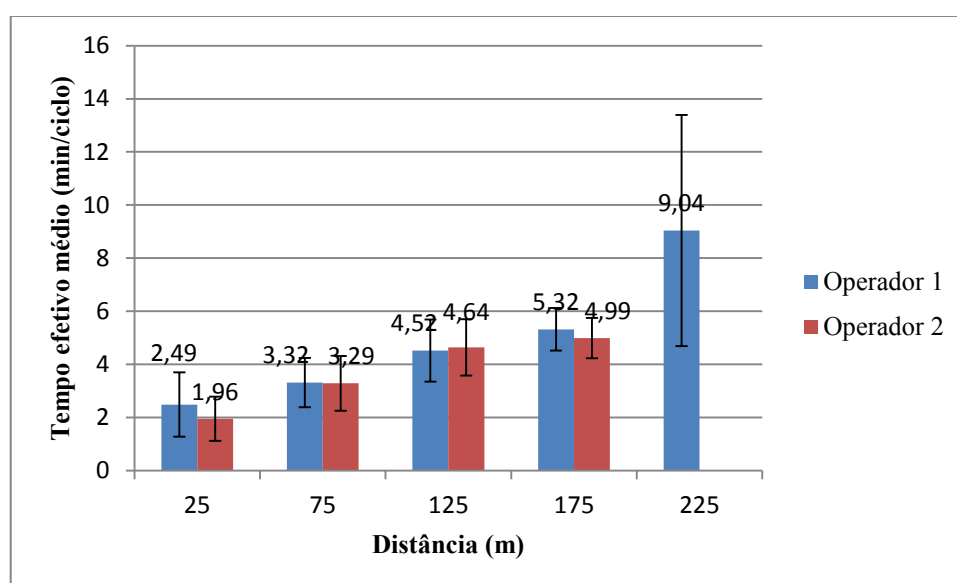


Figura 17. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) e desvio padrão dos operadores do *Skidder* na declividade plano.

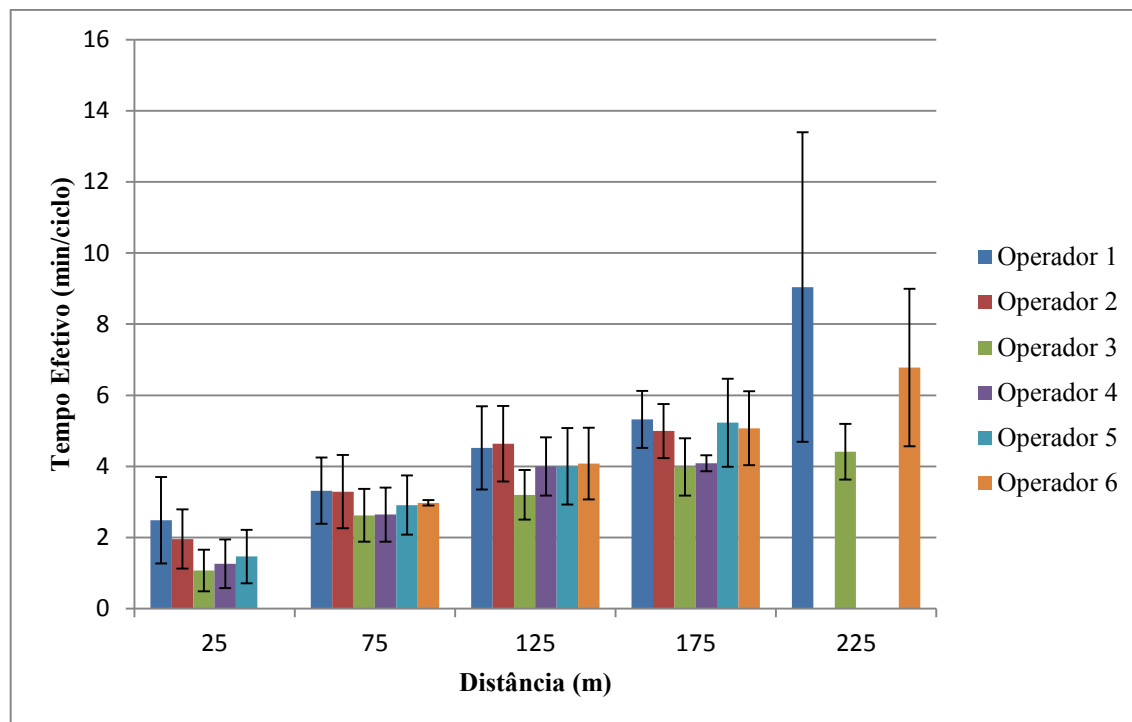


Figura 18. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) e desvio padrão dos 6 operadores do *Skidder* na declividade plano.

Como a Tabela 17 demonstra o tempo efetivo médio dos operadores e das declividades, pode-se constatar que existe uma diferença estatisticamente no tempo efetivo entre o operador 1 e 2 para a declividade ondulado nas classes de distância de 75 e 125 metros. Em algumas situações o tempo efetivo médio é estatisticamente diferente de um operador para outro.

Já para a declividade plano, essa diferença ocorreu apenas para a classe de distância de 25 metros. Embora tenha se observado essas diferenças no tempo efetivo médio, quando correlacionamos com o rendimento médio, esses estatisticamente não diferem-se entre si. Além disso, para o operador 2 apenas em uma classe de distância a declividade interferiu no tempo efetivo médio.

Tabela 17. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	2,52 Aa (2,40)	2,07 Aa (1,24)
	Plano	2,49 Aa (1,21)	1,96 Ba (0,83)
75	Ondulado	3,60 Aa (1,26)	3,13 Ba (1,26)
	Plano	3,32 Aa (0,93)	3,29 Aa (1,03)
125	Ondulado	5,19 Aa (2,07)	4,00 Ba (1,25)
	Plano	4,52 Aa (1,17)	4,64 Ab (1,06)
175	Ondulado	5,82 Aa (1,99)	5,65 Aa (1,86)
	Plano	5,32 Aa (0,80)	4,99 Aa (0,76)
225	Ondulado	6,66 Aa (2,62)	7,65 A (1,18)
	Plano	9,04 a (4,35)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Tabela 18. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	2,52 Aa (2,40)	2,07 Aa (1,24)				
	75	3,60 Ab (1,26)	3,13 Bb (1,26)				
	125	5,19 Ac (2,07)	4,00 Bc (1,25)				
	175	5,82 Ad (1,99)	5,65 Ad (1,86)				
	225	6,66 Ae (2,62)	7,65 Ae (1,18)				
Plano	25	2,49 Aa (1,21)	1,96 Ba (0,83)	1,08 Da (0,58)	1,26 CDa (0,69)	1,47 Ca (0,75)	
	75	3,32 Ab (0,93)	3,29 Ab (1,03)	2,62 Cb (0,74)	2,65 BCb (0,76)	2,91 Bb (0,83)	2,97 ABCa (0,08)
	125	4,52 ADc (1,17)	4,64 Ac (1,06)	3,20 Cc (0,70)	4,00 BDc (0,82)	4,00 Bc (1,07)	4,08 BDb (1,01)
	175	5,32 Ad (0,80)	4,99 ACd (0,76)	3,99 Bd (0,81)	4,09 BCD (0,23)	5,23 Ad (1,24)	5,07 ACc (1,04)
	225	9,04 Ae (4,35)		4,41 Be (0,79)			6,78 Ad (2,21)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 18, para todos os operadores e para as duas declividades ocorreram uma diferença no tempo efetivo médio conforme o aumento das classes de distância. Decorrente disso, ocorreu o aumento do tempo efetivo. Este fato pode ser explicado, pois com o aumento da distância, o tempo efetivo médio de cada ciclo também aumenta, principalmente para as atividades de viagem vazia e carregada. E para a declividade plano constatou-se que existe diferença no tempo efetivo médio entre os operadores e nas classes de distância de extração.

5.2.2 Tempo médio das atividades parciais do Skidder

Conforme a Tabela 19, para a atividade arrumar feixe, verificou-se uma diferença estatisticamente entre o operador 1 e 2 para a declividade ondulado na classe de distância de 75. Já para a declividade plano, ocorreu nas classes de distância de 75 e 125 metros. O fato pode ser explicado pela habilidade do operador em realizar essa atividade.

Quando o mesmo operador foi avaliado nas duas declividades, apenas para o operador 2 foi constatado uma diferença estatisticamente para essa operação na classe de distância de 25 metros. Isto ocorre devido a habilidade do operador, bem como a qualidade disposta dos feixes de madeira antes da realização dessa operação, e na qualidade da operação de descarregamento de arrumar o feixe.

Tabela 19. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	0,44 Aa (0,32)	0,61Aa (0,60)
	Plano	0,35Aa (0,21)	0,30 Ab (0,15)
75	Ondulado	0,36 Aa (0,27)	0,52 Ba (0,38)
	Plano	0,39 Aa (0,21)	0,96 Ba (1,42)
125	Ondulado	0,38 Aa (0,19)	0,39 Aa (0,27)
	Plano	0,29 Aa (0,14)	0,52 Ba (0,46)
175	Ondulado	0,45 Aa (0,37)	0,47 Aa (0,45)
	Plano	0,30 Aa (0,10)	0,26 Aa (0,09)
225	Ondulado	0,32Aa (0,17)	0,43 A (0,05)
	Plano	0,62 a (-)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 20, os operadores 1 e 2 na declividade ondulado, para a atividade arrumar feixe não difere-se entre si, ou seja, não tem influência da distância. Este fato também pode ser observado para o operador 1 na declividade plano, já para os outros operadores esse fato não foi constatado.

Para a situação de declividade plano constatou-se que essa atividade é diferente entre os operadores. O fato pode ser explicado pela habilidade de cada operador, pois esta atividade não é influenciada pela distância de extração.

Tabela 20. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	0,44 Aa (0,32)	0,61 Aa (0,60)				
	75	0,36 Aa (0,27)	0,52 Ba (0,38)				
	125	0,38 Aa (0,19)	0,39 Aa (0,27)				
	175	0,45 Aa (0,37)	0,47 Aa (0,45)				
	225	0,32 Aa (0,17)	0,43 Aa (0,05)				
Plano	25	0,35 BCa (0,21)	0,30 BCa (0,15)	0,27 Ca (0,17)	0,41 Ba (0,24)	0,62 Aa (0,49)	
	75	0,39 BCa (0,21)	0,96 Ab (1,42)	0,29 Bb (0,25)	0,58 ACb (0,43)	0,30Bb (0,13)	
	125	0,29 CDa (0,14)	0,52 Bc (0,46)	0,23 Cc (0,14)	0,95 Ac (0,50)	0,43 BDc (0,21)	
	175	0,30 Aa (0,10)	0,26 Ad (0,09)	0,76 Ad (0,91)		0,53 Ad (0,34)	0,13 Aa (-)
	225	0,62 Aa (-)					1,72 Bb (0,73)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 21, pode-se constatar que para a atividade carregar, quando comparado o operador 1 e 2 na declividade ondulado apenas para a classe de distância de 125 metros diferem-se entre si. O mesmo foi constatado na classe de distância de 75 metros para a declividade plano. Demonstrando que a realização desta atividade é diferente entre os operadores.

Quando o mesmo operador foi comparado na declividade ondulado e plano, o operador 1 difere-se na classe de distância de 125 metros e o operador 2 na classe de distância de 75 metros. O fato pode ser explicado pela habilidade do operador e o relevo influenciou nesta atividade em apenas algumas classes de distância.

Tabela 21. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (carregar) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	0,40 Aa (0,38)	0,41Aa (0,48)
	Plano	0,46 Aa (0,38)	0,33 Aa (0,30)
75	Ondulado	0,55 Aa (0,48)	0,47 Aa (0,39)
	Plano	0,50 Aa (0,25)	0,34 Bb (0,22)
125	Ondulado	0,92 Aa (0,90)	0,56 Ba (0,45)
	Plano	0,63 Ab (0,31)	0,71 Aa (0,39)
175	Ondulado	0,92 Aa (0,83)	0,68 Aa (0,51)
	Plano	0,65 Aa (0,22)	0,71Aa (0,38)
225	Ondulado	0,85Aa (0,92)	0,51 A (0,42)
	Plano	1,28 Aa (0,80)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 22, para a situação de declividade plano, a atividade carregar é diferente estatisticamente entre os operadores e em determinadas classes de distância de extração. Podendo ser explicado pela habilidade dos operadores em realizar esta atividade.

Embora os resultados demonstrem que esta atividade é influenciada pelo aumento da distância de extração para a maioria dos operadores nas duas declividades, no entanto, o fato pode ser melhor explicado pela habilidade do operador, pois a carga de feixes de madeira carregadas eram compostas por 2 feixes de madeira, sendo sempre necessário a formação desses feixes para posteriormente serem extraídos e de como os feixes de madeira estavam dispostos durante o ciclo e não pela distância.

Tabela 22. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (carregar) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	0,40 Aa (0,38)	0,41 Aa (0,48)				
	75	0,55 Ab (0,48)	0,47 Aa (0,39)				
	125	0,92 Ac (0,90)	0,56 Ba (0,45)				
	175	0,92 Ad (0,83)	0,68 Aa (0,51)				
	225	0,85 Ae (0,92)	0,51 Aa (0,42)				
Plano	25	0,46 Aa (0,38)	0,33 ADa (0,30)	0,18 Ca (0,15)	0,23 Ba (0,24)	0,28 BDa (0,21)	
	75	0,50 Bb (0,25)	0,34 Cb (0,22)	0,41 Bb (0,20)	0,46 Bb (0,24)	0,64 Ab (0,37)	0,54 ABCa (0,16)
	125	0,63 Ac (0,31)	0,71 Ac (0,39)	0,48 Bc (0,26)	0,78 Ac (0,32)	0,78 Ac (0,44)	0,74 Ab (0,24)
	175	0,65 Ad (0,22)	0,71 Ad (0,38)	0,45 Bd (0,38)	0,96 ACd (0,28)	0,95 Cd (0,52)	0,83 ACc (0,39)
	225	1,28 Ae (0,80)		0,43 Be (0,28)			1,31 Ad (0,64)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 23, para a atividade descarregar, quando comparado o operador 1 e 2 na declividade ondulado, diferem-se entre si na classe de distância de 175 metros. Já para a declividade plano, esta situação pode ser verificada para a classe de distância de 25 metros. Demonstrando que a atividade descarregar foi diferente de um operador para outro em determinadas classes de distancia e da declividade.

Quando o mesmo operador foi comparado na declividade ondulado e plano, o operador 1 difere-se na classe de distância de 175 metros e o operador 2 na classe de distância de 25 metros. Esta atividade foi influenciada pela declividade em algumas classes de distância e operador.

Tabela 23. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (descarregar) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	0,12 Aa (0,06)	0,11 Aa (0,06)
	Plano	0,11 Aa (0,03)	0,09 Bb (0,02)
75	Ondulado	0,10 Aa (0,02)	0,10 Aa (0,03)
	Plano	0,10Aa (0,02)	0,10 Aa (0,02)
125	Ondulado	0,10 Aa (0,02)	0,10 Aa (0,02)
	Plano	0,10 Aa (0,01)	0,10 Aa (0,02)
175	Ondulado	0,09 Aa (0,02)	0,10 Ba (0,02)
	Plano	0,11 Ab (0,01)	0,10 Aa (0,02)
225	Ondulado	0,13 Aa (0,11)	0,10 A (0,03)
	Plano	0,10 a (0,00)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 24, o operador 2 na declividade ondulado não se difere conforme o aumento da distância de extração, o mesmo fato pode ser observado para os operadores 1, 3, 4, 5 e 6 para a declividade plano. Já para o operador 1 na declividade ondulado e para o operador 2 na declividade plano, a atividade descarregar difere-se conforme o aumento da distância, mas o fato pode ser explicado não pela influência da distância, mas sim pela habilidade do operador.

Para a condição de declividade plano, constatou-se que a atividade descarregar difere-se entre os operadores e nas classes de distância de extração.

Tabela 24. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (descarregar) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	0,12 Aa (0,06)	0,11 Aa (0,06)				
	75	0,10 Ab (0,02)	0,10 Aa (0,03)				
	125	0,10 Ac (0,02)	0,10 Aa (0,02)				
	175	0,09 Ad (0,02)	0,10 Ba (0,02)				
	225	0,13 Ae (0,11)	0,10 Aa (0,03)				
Plano	25	0,11 Aa (0,03)	0,09 BCa (0,02)	0,09 Ba (0,03)	0,10 ACa (0,03)	0,09 ABa (0,04)	
	75	0,10 ACa (0,02)	0,10 Ab (0,02)	0,09 Ba (0,04)	0,11 Aa (0,03)	0,09 BCa (0,01)	0,10 ABa (0,01)
	125	0,10 ACa (0,01)	0,10 Ac (0,02)	0,09 Ba (0,02)	0,11 Aa (0,04)	0,09 Ba (0,01)	0,09 BCa (0,01)
	175	0,11 Aa (0,01)	0,10 Ad (0,02)	0,09 Ba (0,01)	0,09 Ba (0,01)	0,09 Ba (0,01)	0,09 Ba (0,01)
	225	0,10 Aa (0,00)		0,09 Aa (0,02)			0,09 Aa (0,01)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 25, para a atividade largar, quando comparado o operador 1 e 2 na declividade ondulado, apenas não se diferem entre si na classe de distância de 125 metros. Já para a declividade plano, o operador 1 e 2 diferem-se entre si na classe de distância de 25 e 125 metros. Demonstrando que a atividade largar foi diferente de um operador para outro em determinadas classes de distancia e da declividade

Quando o mesmo operador foi comparado na declividade ondulado e plano, o operador 1 difere-se na classe de distância de 75, 125 e 175 metros e o operador 2 na classe de distância de 25 e 175 metros. Esta atividade foi influenciada pela declividade em algumas classes de distância e operador.

Tabela 25. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (largar) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	0,14 Aa (0,08)	0,31 Ba (0,20)
	Plano	0,18 Aa (0,12)	0,10 Bb (0,04)
75	Ondulado	0,10 Aa (0,06)	0,17Ba (0,11)
	Plano	0,14 Ab (0,08)	0,13 Aa (0,09)
125	Ondulado	0,25 Aa (0,33)	0,17 Aa (0,11)
	Plano	0,16 Bb (0,09)	0,22 Aa (0,24)
175	Ondulado	0,35 Aa (0,27)	0,08 Ba (0,02)
	Plano	0,18 Ab (0,06)	0,18 Ab (0,09)
225	Ondulado	0,20 Aa (0,05)	0,09 B (0,05)
	Plano	0,30 a (0,31)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 26, apenas para o operador 1 e 4 na situação de declividade plano não se diferem conforme o aumento da distância. Para os outros operadores e situações de declividade, diferem-se com as distâncias. Este fato pode ser explicado também pela habilidade de cada operador, uma vez que esta atividade não é afetada pela distância de extração e de como os feixes de madeira estavam dispostos (não em relação a direção, mas sim a qualidade). A atividade largar difere-se entre os operadores para a declividade plano.

Tabela 26. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (largar) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	0,14 Aa (0,08)	0,31 Ba (0,20)				
	75	0,10 Ab (0,06)	0,17 Bb (0,11)				
	125	0,25 Ac (0,33)	0,17 Ac (0,11)				
	175	0,35 Ad (0,27)	0,08 Bd (0,02)				
	225	0,20 Ae (0,05)	0,09 Be (0,05)				
Plano	25	0,18 Aa (0,12)	0,10 Ba (0,04)	0,11 Ba (0,06)	0,12 ABa (0,10)	0,09 Ba (0,04)	
	75	0,14 Aa (0,08)	0,13 Ab (0,09)	0,14 Ab (0,08)	0,11 Aa (0,03)	0,12 Ab (0,07)	0,07 Aa (0,01)
	125	0,16 Ba (0,09)	0,22 Ac (0,24)	0,15 Bc (0,13)	0,13 Ba (0,07)	0,15 Bc (0,10)	0,15 Bb (0,07)
	175	0,18 ABa (0,06)	0,18 Ad (0,09)	0,12 Bd (0,06)	0,13 ABa (0,03)	0,16 Ad (0,12)	0,18 Ac (0,13)
	225	0,30 Aa (0,31)		0,11 Be (0,03)			0,25 Ad (0,25)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 27, para a atividade viagem carregada, quando comparado o operador 1 e 2 na declividade ondulado, estatisticamente diferem-se entre si na classe de distância de 25, 75 e 125 metros. Já para a declividade plano, o operador 1 e 2 não diferem-se entre si. Demonstrando que para a realização da atividade viagem carregada foi diferente entre o operador 1 e 2 apenas para a declividade ondulado.

Quando o mesmo operador foi comparado na declividade ondulado e plano, o operador 1 difere-se na classe de distância de 75 e 125 metros e o operador 2 na classe de distância de 75 e 175 metros. Esta atividade foi influenciada pela declividade em algumas classes de distância e operador.

Tabela 27. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem carregada) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	0,95 Aa (1,77)	0,64 Ba (0,55)
	Plano	0,82 Aa (0,40)	0,70 Aa (0,41)
75	Ondulado	1,56 Aa (1,01)	1,06 Ba (0,61)
	Plano	1,18 Ab (0,42)	1,34 Ab (0,43)
125	Ondulado	2,17 Aa (0,90)	1,75 Ba (0,55)
	Plano	1,79 Ab (0,45)	1,91 Aa (0,57)
175	Ondulado	2,50 Aa (0,93)	2,86 Aa (0,98)
	Plano	2,28 Aa (0,34)	1,97 Ab (0,41)
225	Ondulado	3,07 Aa (1,62)	4,03 A (0,92)
	Plano	3,72 a (1,07)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 28, todos os operadores nas duas declividades diferem-se entre si, ou seja, a atividade viagem carregada é influenciada conforme as classes de distância. O tempo médio desta atividade aumenta com o aumento da classe de distância. A atividade viagem carregada difere-se entre os operadores para a declividade plano e nas classes de distância de extração.

Tabela 28. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem carregada) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	0,95 Aa (1,77)	0,64 Ba (0,55)				
	75	1,56 Ab (1,01)	1,06 Bb (0,61)				
	125	2,17 Ac (0,90)	1,75 Bc (0,55)				
	175	2,50 Ad (0,93)	2,86 Ad (0,98)				
	225	3,07 Ae (1,62)	4,03 Ae (0,92)				
Plano	25	0,82 Aa (0,40)	0,70 Aa (0,41)	0,35 Ca (0,21)	0,30 Ca (0,17)	0,43 Ba (0,30)	
	75	1,18 ABb (0,42)	1,34 Ab (0,43)	1,07 Bb (0,43)	0,88 Cb (0,20)	1,05 Bb (0,34)	1,18 ABCa (0,24)
	125	1,79 Ac (0,45)	1,91 Ac (0,57)	1,35 Cc (0,39)	1,36 Cc (0,22)	1,57 Bc (0,43)	1,69 ABb (0,41)
	175	2,28 Ad (0,34)	1,97 ABd (0,41)	1,88 Bd (0,60)	1,66 BCd (0,04)	2,13 Ad (0,50)	2,13 ACc (0,53)
	225	3,72 Ae (1,07)		2,03 Be (0,44)			3,11 Ad (1,27)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 29, para a atividade viagem vazia, quando comparado o operador 1 e 2 na declividade ondulado, estatisticamente diferem-se entre si na classe de distância de 75, 125 e 225 metros. Já para a declividade plano o operador 1 e 2 não diferem-se entre si. Demonstrando que a atividade viagem vazia difere-se entre o operador 1 e 2 apenas para a declividade ondulado.

Quando o mesmo operador foi comparado na declividade ondulado e plano, o operador 1 difere-se na classe de distância de 75 e 225 metros e o operador 2 na classe de distância de 125 e 175 metros. Esta atividade foi influenciada pela declividade em algumas classes de distância e operador.

Tabela 29. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem vazia) dos operadores do *Skidder* segundo distância (metros) e declividade.

Distância (m)	Declividade	Operador	
		1	2
25	Ondulado	0,76 Aa (0,54)	0,70 Aa (0,49)
	Plano	0,79 Aa (0,46)	0,76 Aa (0,40)
75	Ondulado	1,04 Aa (0,34)	1,21 Ba (0,67)
	Plano	1,21 Ab (0,36)	1,33 Aa (0,38)
125	Ondulado	1,61 Aa (0,70)	1,36 Ba (0,56)
	Plano	1,72 Aa (0,55)	1,67 Ab (0,65)
175	Ondulado	1,92 Aa (0,59)	1,63 Aa (0,77)
	Plano	2,05 Aa (0,33)	2,04 Ab (0,52)
225	Ondulado	2,24 Aa (0,58)	2,71 B (0,53)
	Plano	3,32 b (1,73)	

Médias segundo distância e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo distância e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre declividades não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 30, todos os operadores nas duas declividades diferem-se entre si, ou seja, a atividade viagem vazia é influenciada conforme as classes de distância. O tempo médio desta atividade aumenta com o aumento da classe de distância. A atividade viagem vazia difere-se entre os operadores para a declividade plano e nas classes de distância de extração.

Tabela 30. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (viagem vazia) dos operadores do *Skidder* segundo declividade e distância (metros).

Declividade	Distância (m)	Operador					
		1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	0,76 Aa (0,54)	0,70 Aa (0,49)				
	75	1,04 Ab (0,34)	1,21 Bb (0,67)				
	125	1,61 Ac (0,70)	1,36 Bc (0,56)				
	175	1,92 Ad (0,59)	1,63 Ad (0,77)				
	225	2,24 Ae (0,58)	2,71 Be (0,53)				
Plano	25	0,79 Aa (0,46)	0,76 Aa (0,40)	0,34 Ca (0,22)	0,46 Ba (0,29)	0,43 Ba (0,26)	
	75	1,21 Ab (0,36)	1,33 Ab (0,38)	0,83 Cb (0,28)	0,93 BCb (0,31)	0,94 Bb (0,35)	1,12 ABCa (0,43)
	125	1,72 Ac (0,55)	1,67 ADc (0,65)	1,11 Cc (0,28)	1,12 Cc (0,16)	1,40 Bc (0,54)	1,43 BDb (0,68)
	175	2,05 Ad (0,33)	2,04 ACd (0,52)	1,40 Bd (0,23)	1,26 Bd (0,21)	1,84 ADd (0,42)	1,88 Ac (0,65)
	225	3,32 Ae (1,73)		1,59 Be (0,42)			1,95 Cd (0,24)

Médias segundo declividade e distância seguidas da mesma letra maiúscula na linha entre operadores e médias segundo declividade e operador seguidas da mesma letra minúscula na coluna entre distâncias não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com as Figuras 19, 20, 21, 22, 23 e 24, são apresentadas as porcentagens das atividades parciais dos operadores do *Skidder* na declividade ondulado e plano. As atividades parciais viagem carregada e viagem vazia foram as que representaram a maior porcentagem entre as atividades parciais que compõem o ciclo operacional.

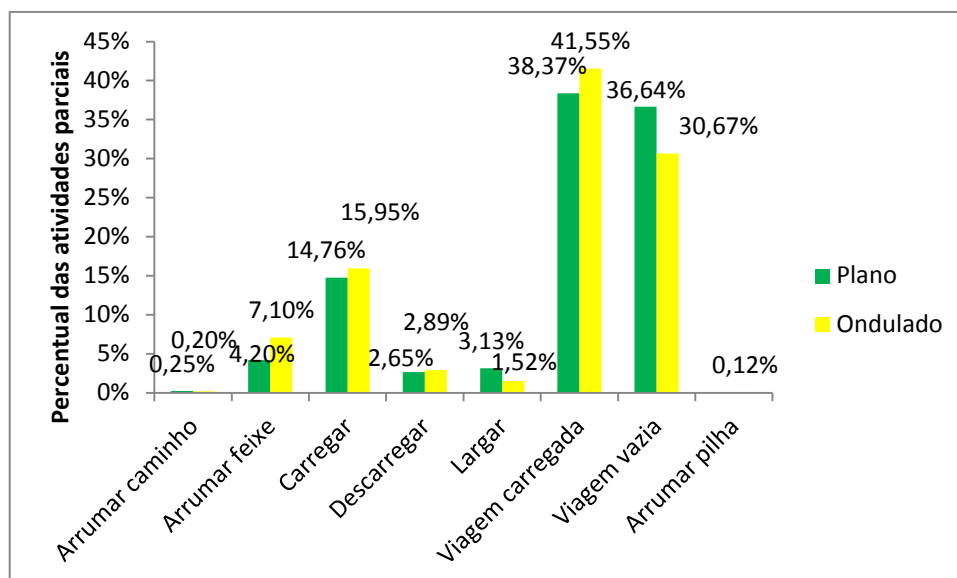


Figura 19. Percentual das atividades parciais do operador 1 na declividade plano e ondulado.

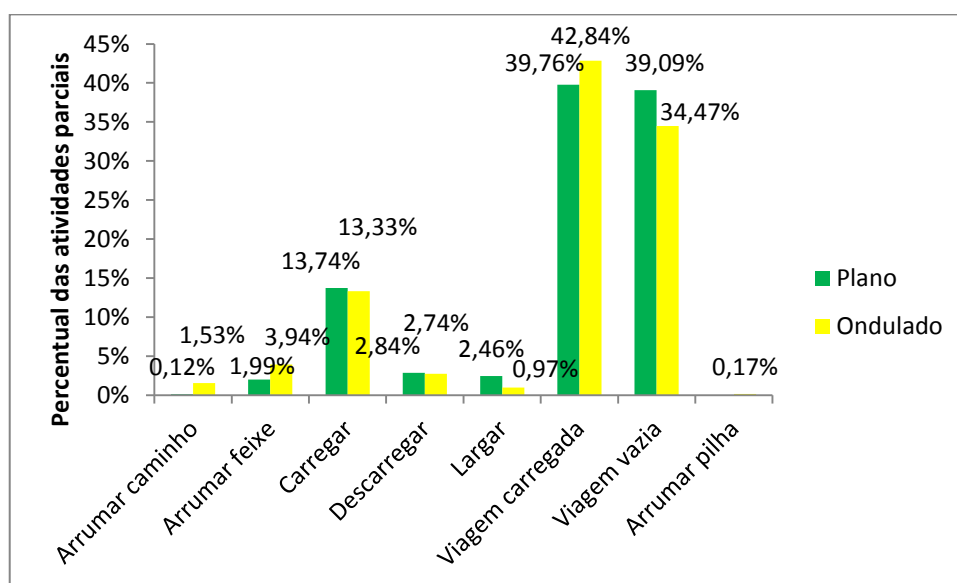


Figura 20. Percentual das atividades parciais do operador 2 na declividade plano e ondulado.

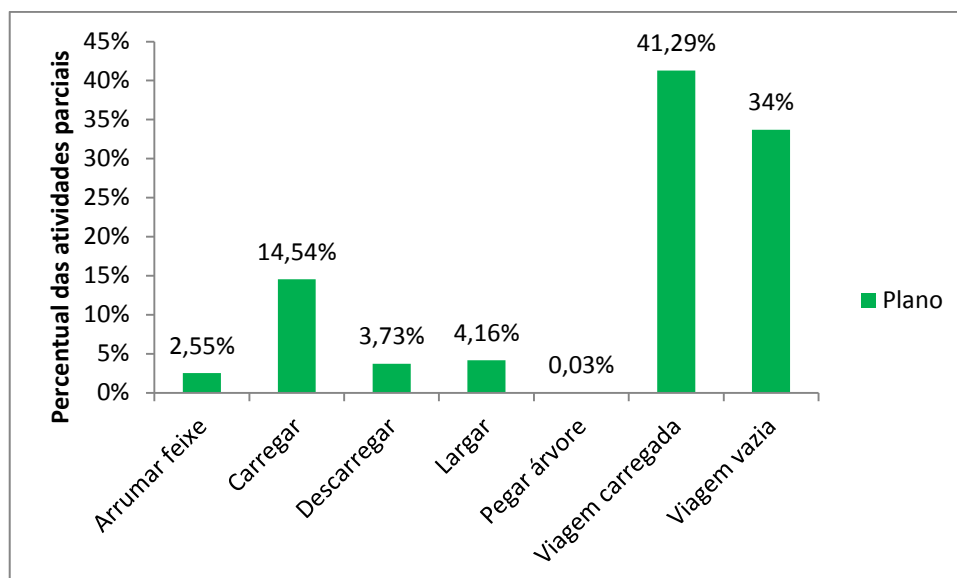


Figura 21. Percentual das atividades parciais do operador 3 na declividade plano.

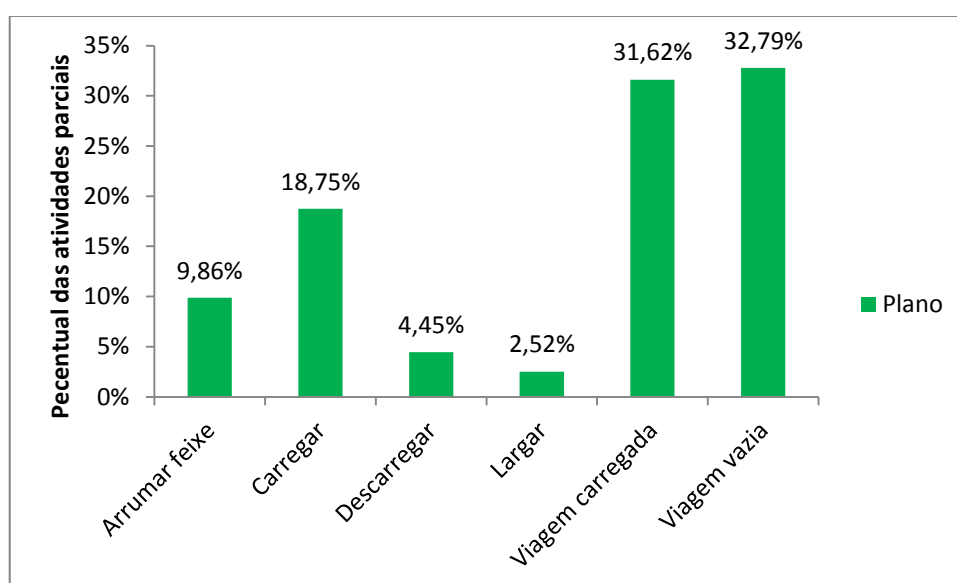


Figura 22. Percentual das atividades parciais do operador 4 na declividade plano.

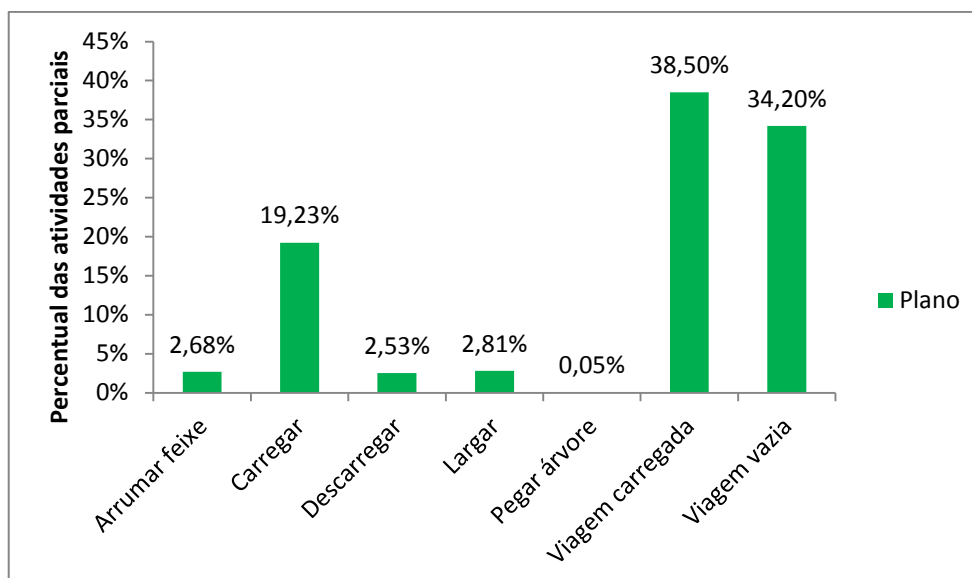


Figura 23. Percentual das atividades parciais do operador 5 na declividade plano.

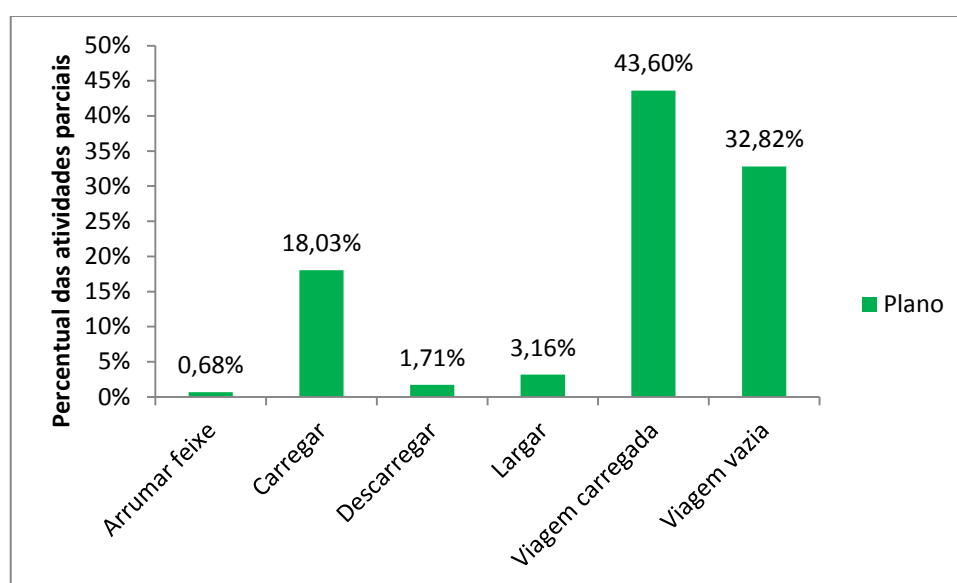


Figura 24. Percentual das atividades parciais do operador 6 na declividade plano.

Segundo Minette et al.,(2008), verificou que para o *Skidder* a atividade de arraste e deslocamento vazio foram as operações que mais consumiram tempo.

O mesmo autor constatou que a atividade de descarregamento tem grande influência no ciclo total. Diferente do que foi constatado no presente trabalho, uma

vez que a operação de descarregamento foi a que menos consumiu tempo dentre as atividades que ocorrem em todo o ciclo.

O tempo de carregamento pode ser afetado durante a operação da formação dos feixes, que posteriormente foram extraídos e possivelmente pela habilidade do operador, já para o descarregamento pode ser afetado pela altura das pilhas os quais são dispostas na margem do talhão.

Em ambos os tratamentos, o tempo para o carregamento foi maior que o tempo de descarregamento. O fato pode ser explicado, pois a operação de carregamento sempre foi realizada formando dois feixes de madeira para posteriormente serem extraídos, esta operação sempre consumiu maior tempo em relação a operação de descarregamento. Uma vez que a operação de carregamento é mais complexa.

Segundo Lopes et al. (2009), ao realizar um estudo de um *Skidder* operando em diferentes produtividades e distância de extração, constatou que o tempo de carregamento é influenciado pela disposição das madeiras do feixe, ou seja, quanto mais compactado os feixes, menor será a dificuldade de realizar o carregamento.

Os mesmos constataram que o descarregamento é afetado pelo espaço físico na margem do talhão onde serão descarregados e pela habilidade do operador.

De acordo com Lopes et al. (2009), verificou que a operação de deslocamento sem carga para a distância de 300m foi significativa, sendo influenciado pelas condições da trilha, pela declividade do terreno e pela presença de obstáculos como tocos e subosque.

O tempo de arraste foi afetado pelos mesmos fatores da operação de deslocamento sem carga, aumento do volume médio por árvore, como consequência o aumento do volume dos feixes, maior o tempo do ciclo, menor a velocidade.

Santos et al. (2013) analisaram a produtividade e os custos de extração com um *Clambunk Skidder*, verificaram que os maiores tempos médios foram constatados para as atividades de viagem carregada e carregamento.

Segundo Freitas (2005) e Fiedler et al. (2008) em seu trabalho com o *skidder*, constataram que as atividades de viagem carregada e viagem vazia foram os que mais consumiram tempo de trabalho do ciclo operacional. Para Fernandes et al. (2009), as atividades viagem vazia e carregamento consumiram o maior tempo e o descarregamento o menor tempo.

Já para o presente trabalho, os maiores tempos foram constatados para as atividades de viagem vazia e viagem carregada, seguida de carregamento e arrumar feixe. No trabalho realizado por Lopes et al. (2009), as atividades que mais consumiram o tempo operacional foram manobra e carga, viagem carregada e viagem vazia.

5.2.3 Análise de custo do Skidder

De acordo com a Tabela 31 são apresentados os valores dos custos fixos do *Skidder*. O custo fixo total foi de R\$ 52,70 h⁻¹.

Tabela 31. Valores dos custos fixos médios (R\$.h⁻¹) do *Skidder*

Custos fixos (CF)	R\$.h⁻¹
Depreciação	37,20
Juros	11,37
Abrigo	1,55
Taxas administrativas	2,07
Seguros	0,52
Total	52,70

Os valores dos custos variáveis do *Skidder* são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32. Valores dos custos variáveis médios (R\$.h⁻¹) do *Skidder*

Custos variáveis (Cv)	R\$.h⁻¹
Mão de obra	35,16
Combustíveis	60,50
Lubrificantes	0,41
Reparos e Manutenção	108,32
Transporte de maquinário	120,00
Total	324,40

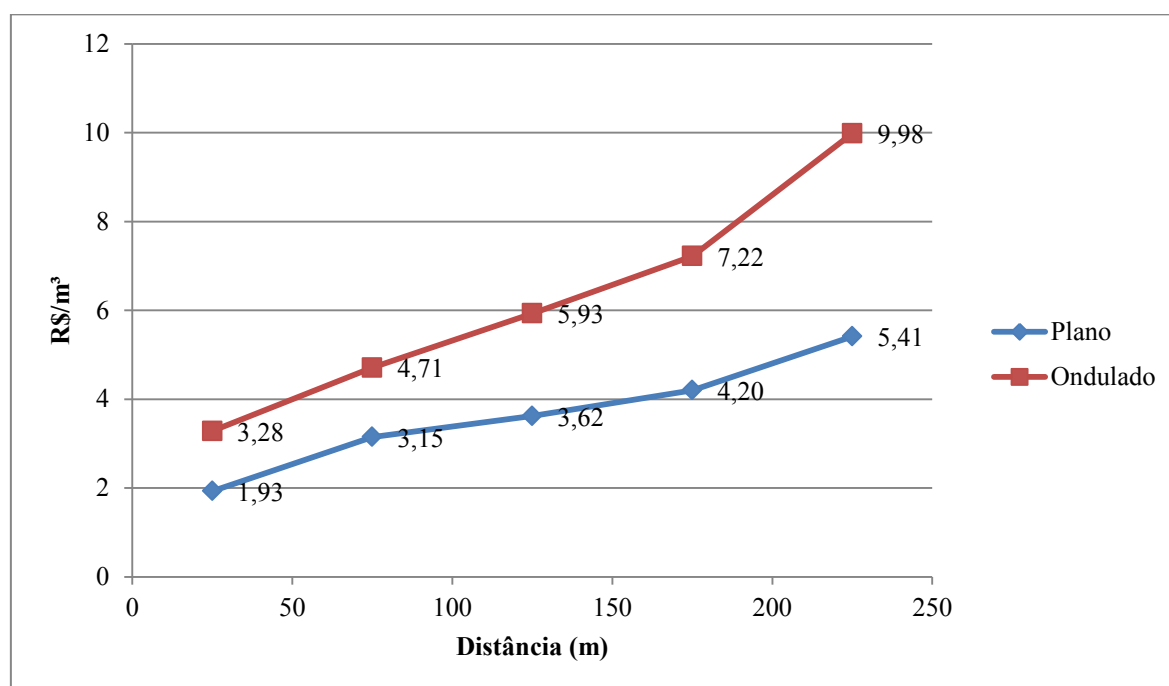
O custo total variável foi de R\$324,40 h⁻¹ e o custo operacional para o *Skidder* foi de R\$377,10h⁻¹.

Na Tabela 33 são apresentados os valores do custo médio de produção para os operadores do *Skidder* nas declividades ondulado e plano. Existe diferença no custo de colheita do mesmo operador em duas situações de declividade, diferença entre os operadores e com o aumento da distância, os custos se elevam.

Tabela 33. Custo médio de produção (R\$.m⁻³) dos operadores do *Skidder*

Custo médio de produção (R\$.m ⁻³)		Operador					
Declividade	Distância	1	2	3	4	5	6
Ondulado	25	3,70	2,86				
	75	4,91	4,52				
	125	5,95	5,92				
	175	6,66	7,78				
	225	6,69	13,27				
Plano	25	2,51	2,52	1,33	1,63	1,67	
	75	3,12	4,08	2,30	2,94	2,96	3,48
	125	3,77	4,47	2,66	3,37	3,85	3,59
	175	4,85	4,51	3,29	3,50	4,30	4,78
	225	5,64		4,31			6,27

De acordo com a Figura 25, são apresentados os valores dos custos médios de produção do *Skidder* para a declividade plano e ondulado. Pode-se constatar que para a declividade ondulado os custos são maiores em relação a declividade plano. O aumento da classe de distância de extração, aumentou os custos para ambas as situações.

Figura 25. Custo médio de produção (R\$/m³) do *Skidder*.

5.3 Rendimento Garra traçadora

Conforme a Figura 26, pode-se constatar os rendimentos dos 3 operadores nas declividade ondulado e plano.

A eficiência operacional do operador 1 foi de 70,12% para a declividade plano e de 63,93% para a declividade ondulado. Para o operador 2 foi de 78,42% e de 92,24% respectivamente e para o operador 3 foi de 73,16% para a declividade ondulado. As diferenças na eficiência operacional podem ser atribuídas às paradas das máquinas para manutenção.

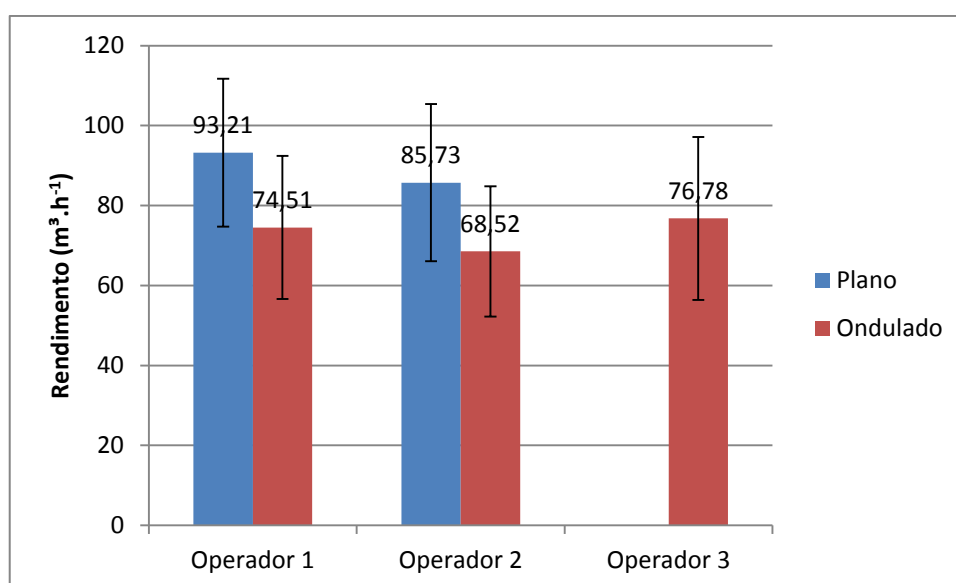


Figura 26. Rendimento médio (m³.h⁻¹) e desvio padrão dos operadores da Garra traçadora nas duas declividades.

De acordo com a Tabela 34, existe diferença no rendimento entre os operadores para ambas as declividades, os operadores 1 e 3 são diferentes do operador 2 na declividade ondulado e para a declividade plano existe diferença entre o operador 1 e 2. O volume individual das árvores pode estar relacionado com as diferenças nos rendimentos dos operadores. E para o mesmo operador existe diferença de rendimento quando se comparam as duas declividades, ou seja, a declividade interferiu no rendimento dos operadores.

Tabela 34. Rendimento médio ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) seguido de (desvio padrão) dos operadores da Garra traçadora.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	74,51 Aa (17,91)	68,52 Ba (16,31)	76,78 A (20,38)
Plano	93,21 Ab (18,48)	85,73 Bb (19,66)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

O rendimento médio e desvio padrão para o operador 1 foi de $93,21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (18,48) para a declividade plano e de $74,51 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (17,91) para a declividade ondulado. Para o operador 2 foi de $85,73 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (19,66) para a declividade plano e de $68,52 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (16,31) para a declividade ondulado e para o operador 3 foi de $76,78 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e (20,38) para a declividade ondulado. Já Fiedler et al. (2008) encontrou um valor de $84,00 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ para o rendimento da Garra traçadora em uma situação de terreno com declividade plano, valores próximos ao do operador 2 do presente trabalho.

Segundo Fernandes et al. (2009), analisando um sistema de colheita, para a Garra traçadora submetida a diferentes produtividades do talhão encontrou um valor de $50,05$ a $76,57 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ em um terreno plano a suave ondulado.

Lopes et al. (2008) avaliando uma Garra traçadora em uma floresta de eucalyptus, em um terreno plano a suave ondulado constataram um rendimento de $50,05$; $65,16$ e $76,57 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ para diferentes produtividade dos talhões.

5.3.1 Tempo efetivo da Garra traçadora

Tabela 35. Tempo efetivo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) dos operadores da Garra Traçadora.

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	3,00 Aa (0,77)	3,29 Ba (1,12)	2,93 A (0,84)
Plano	2,74 Ab (0,73)	3,10 Ba (1,07)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 35, pode-se constatar que existe diferença entre os operadores. Para a declividade ondulado, os operadores 1 e 3 diferem-se do operador 2 e para a declividade plano o operador 1 difere-se do operador 2. Verificou-se que há diferença no tempo despendido entre os três operadores, devido ao tempo de experiência entre eles. Sendo que o operador 2 tem 7 meses de experiência em relação aos outros dois operadores (tempo de trabalho acima de 1 ano). Desta forma, o tempo efetivo para o operador 2 acabou sendo maior.

Apenas para o operador 1, existe diferença do tempo efetivo para as duas declividades. A declividade interferiu no tempo efetivo, sendo maior para a situação ondulado.

Através do tempo efetivo pode-se constatar que o menor tempo efetivo (tempo médio por ciclo), está relacionado com um maior rendimento.

5.3.2 Tempo médio das atividades parciais da Garra Traçadora

As Tabelas 36, 37, 38, 39, 40, 41 e 42 representam os tempos médios de cada atividade parcial para cada operador, os quais compõem o ciclo operacional da Garra traçadora.

Tabela 36. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar feixe).

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,35 Aa (0,09)	0,61 Aa (0,36)	0,20 A (-)
Plano	0,31 Aa (0,19)	0,64 Ba (0,33)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 36, apenas para a declividade plano o operador 1 difere-se do operador 2 para a realização da atividade arrumar feixe. Podendo ser explicado pelo tempo de experiência dos operadores. A declividade não interferiu na atividade arrumar feixe para os operadores.

Conforme apresentado na Tabela 37, para a realização da atividade arrumar pilha, diferem-se para os operadores nas duas declividades. Novamente a declividade não interferiu nesta atividade.

Tabela 37. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar pilha).

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,79 Aa (0,45)	1,59 Ba (1,06)	0,99 C (0,35)
Plano	0,73 Aa (0,41)	1,65 Ba (0,78)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Na Tabela 38, foi visto que na atividade (arrumar travesseiro), o operador 1 teve um menor tempo despendido em relação ao operador 2.

Apenas para o operador 1 a declividade interferiu no tempo médio da atividade arrumar travesseiro.

Tabela 38. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (arrumar travesseiro).

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,58 Aa (0,39)	0,76 Aa (0,34)	0,66 A (0,35)
Plano	0,38Ab (0,18)	0,69 Ba (0,47)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme apresentado na Tabela 39 a seguir, o operador 2 difere-se dos operadores 1 e 3 na declividade ondulado para a realização da atividade carregar na pilha. Quando comparado o mesmo operador em ambas as declividades, apenas o operador 1 tem diferença no tempo médio da atividade parcial.

Tabela 39. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (carregar na pilha).

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	1,21 Aa (0,24)	1,09 Ba (0,27)	1,26 A (0,37)
Plano	1,07 Ab (0,22)	1,09 Aa (0,31)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com a Tabela 40, quando comparado o mesmo operador em ambas as declividades, apenas o operador 2 tem diferença no tempo médio da atividade parcial. A atividade pegar árvore não difere-se entre os operadores.

Tabela 40. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (pegar árvore).

Declividade	Operador	
	1	2
Ondulado		1,08 a (-)
Plano	0,26 A (0,17)	0,33 Ab (0,05)

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme a Tabela 41, os operadores diferem-se entre si tanto na declividade ondulado como na declividade plano. Quando comparado o mesmo operador em ambas as declividades apenas o operador 2 tem diferença no tempo médio da atividade parcial, ou seja, a declividade interfere nesta atividade apenas para o operador 2.

Tabela 41. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (pegar feixe).

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,42 Aa (0,18)	0,69 Ba (0,31)	0,57 C (0,23)
Plano	0,43 Aa (0,18)	0,82 Bb (0,36)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

De acordo com Tabela 42, apenas para a declividade plano constatou que existe diferença no tempo para a realização desta atividade entre os operadores. A declividade interferiu na realização da atividade traçamento para ambos os operadores.

Tabela 42. Tempo médio (minutos/ciclo) seguido de (desvio padrão) da atividade parcial (traçamento).

Declividade	Operador		
	1	2	3
Ondulado	0,59 Aa (0,21)	0,58 Aa (0,15)	0,60 A (0,17)
Plano	0,68 Ab (0,25)	0,63 Bb (0,19)	

Médias de acordo com os operadores e declividade seguidas da mesma letra maiúscula na linha ou mesma letra minúscula na coluna não tem diferença estatística pelo LS Means ($P < 0,05$).

Conforme os resultados obtidos, no tempo médio de cada atividade, o tempo de realização destas foi em média menor para a declividade plano. O tempo de experiência do operador pode estar relacionado com as diferenças nos tempos médios para a realização de cada atividade.

Segundo Freitas (2005), Minette (2008), Lopes et al (2008), Fernandes et al (2009) verificaram que para a Garra traçadora o corte das toras (traçamento) e o deslocamento vazio foram as operações que mais consumiram tempo. Já para Fiedler et al. (2008), o tempo de pegada e tempo de traçamento foram as atividades que mais consumiram tempo.

Já para o presente trabalho as atividades que mais consumiram tempo foram: carregando na pilha, traçamento e pegando feixe. Algumas atividades que ocorrem com uma menor frequência como arrumando feixe, pilha e travesseiro consomem tempos próximos as atividades anteriores.

De acordo com as Figuras 27, 28 e 29, são demonstradas o percentual das atividades parciais dos três operadores. As atividades carregar na pilha e traçar são as atividades que ocorrem com a maior frequência para os operadores 1 e 3, já para o operador 2 as atividades que ocorrem com maior frequência são: carregar na pilha e pegar feixe.

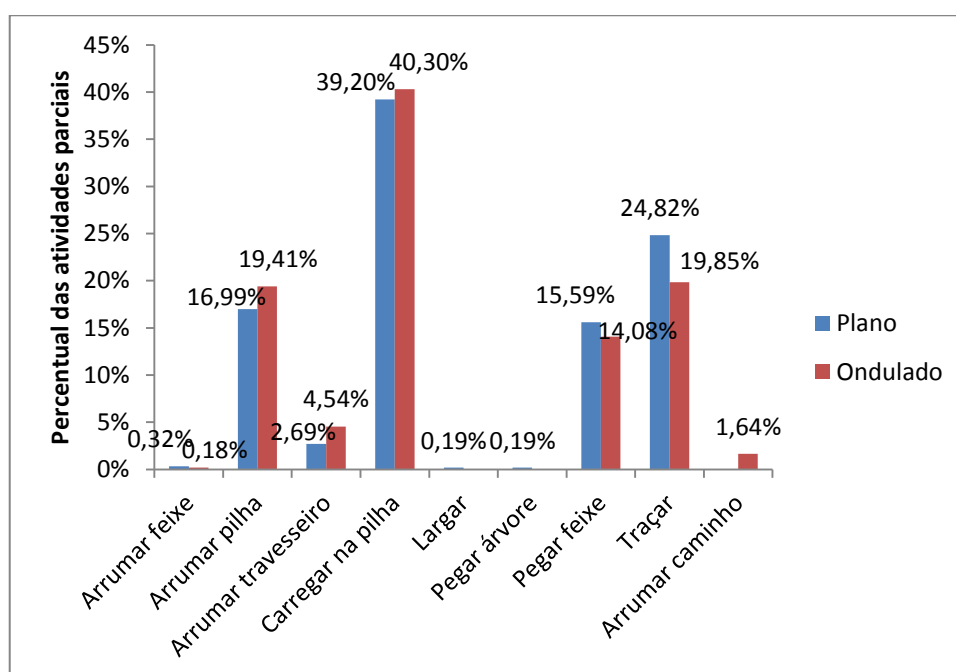


Figura 27. Percentual das atividades parciais do operador 1 da garra traçadora na declividade plano e ondulado.

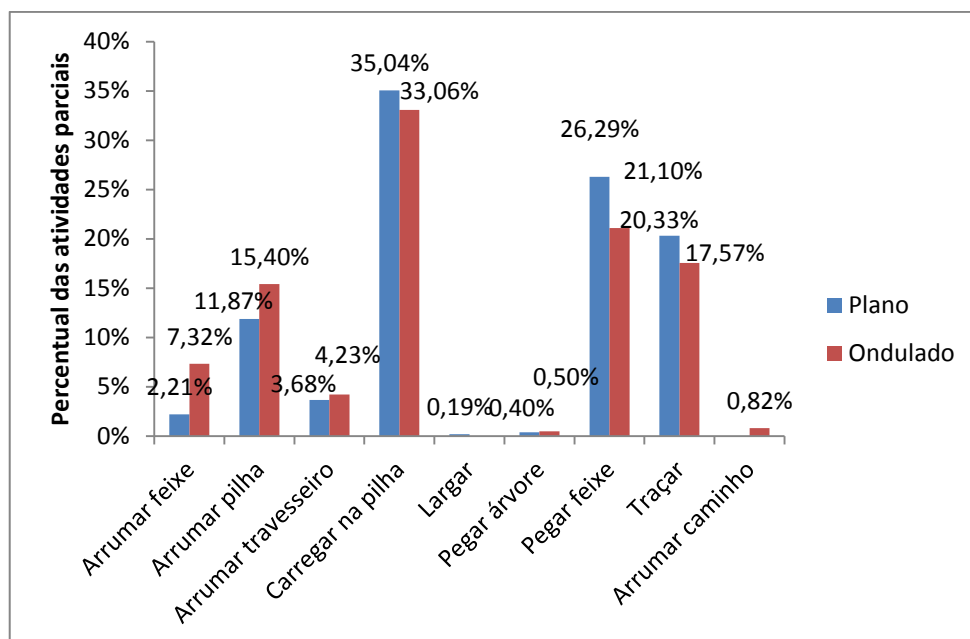


Figura 28. Percentual das atividades parciais do operador 2 da garra traçadora na declividade plano e ondulado.

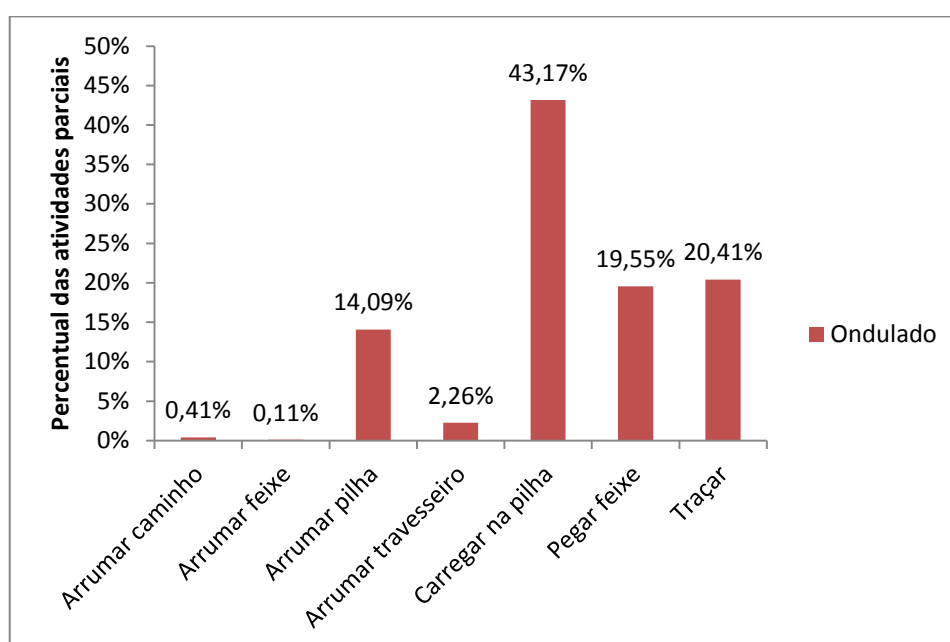


Figura 29. Percentual das atividades parciais do operador 3 da garra traçadora na declividade ondulado.

5.3.3 Análise de custo da Garra traçadora

De acordo com a Tabela 43 são apresentados os valores dos custos fixos da Garra traçadora. O custo fixo total foi de R\$ 36,34 h⁻¹.

Tabela 43. Valores dos custos fixos médios (R\$.h⁻¹) da Garra traçadora

Custos fixos (CF)	R\$.h⁻¹
Depreciação	25,65
Juros	7,84
Abrigo	1,07
Taxas administrativas	1,43
Seguros	0,36
Total	36,34

Os valores dos custos variáveis são apresentados na Tabela 44. O custo variável foi de R\$281,92 h⁻¹.

Tabela 44. Valores dos custos variáveis médios (R\$.h⁻¹) da Garra traçadora

Custos variáveis (Cv)	R\$.h⁻¹
Mão de obra	35,16
Combustíveis	55,00
Lubrificantes	0,41
Reparos e Manutenção	71,34
Transporte de maquinário	120,00
Total	281,92

O custo operacional da Garra traçadora foi de R\$318,26 h⁻¹.

Na Tabela 45 são apresentados os valores do custo médio de produção para os operadores da Garra traçadora nas declividades ondulado e plano. Existe diferença no custo de colheita do mesmo operador em duas situações de declividade e diferença entre os operadores.

Tabela 45. Custo médio de produção (R\$.m⁻³) dos operadores da Garra traçadora

Declividade	Custo de produção (R\$.m ⁻³) Operador 1	Custo de produção (R\$.m ⁻³) Operador 2	Custo de produção (R\$.m ⁻³) Operador 3
Ondulado	4,27	4,65	4,14
Plano	3,41	3,71	

6. CONCLUSÃO

Para as condições de estudo do presente trabalho pode-se concluir:

O rendimento médio do *Feller Buncher* foi de 124,9m³/h para a declividade ondulado e de 142,0m³/h para a declividade plano. Para o *Skidder* o rendimento médio foi de 63,5 e 106,8m³/h respectivamente, para a classe de distância de 125m. Para a Garra traçadora os valores foram 73,27 e 90,47m³/h respectivamente.

Em relação à eficiência operacional a parada da máquina por conta de problemas mecânicos foi a principal causa.

Existe diferença do rendimento entre os operadores.

A declividade interferiu no rendimento dos operadores.

Para o *Skidder*, o aumento da distância de extração diminuiu o rendimento e aumentou os custos de produção.

Em relação ao custo operacional, o *Feller Buncher* foi o que apresentou o maior custo seguido do *Skidder* e Garra Traçadora.

O custo médio do sistema foi de R\$14,79/m³ para a declividade ondulado e de R\$11,07/m³ para a declividade plano.

7. RECOMENDAÇÕES

No presente trabalho utilizou-se a metodologia da ASABE, no entanto, alguns fatores utilizados não são os mais adequados para a área florestal. Pois esses fatores são para máquinas agrícolas.

Necessita-se de estudos, para se adequar esses fatores de ajustes para a área florestal.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEBAYO, A.B.; HAN, S.H.; JOHNSON, L. Productivity and cost of cut-to-length and whole-tree harvesting in a mixed-conifer stand. **Forest Products Journal**, v.57, n.6, p.59-68, 2007.

AKAY, A.E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. **Journal of Applied Sciences**, v.4, n.1, p.100-105, 2004.

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

ANAYA, H.; CRISTHIANSEN, P. **Aprovechamiento forestal, análisis de apeo y transporte**. San José. IICA, 1986, 248 p.

ANDRADE, S.C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. 1998. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

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

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

BARNES, R.M. **Projeto e medida do trabalho**. São Paulo. Edgard Blucher, 1977. 635p.

BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “Harvesters” na colheita de madeira**. Piracicaba, 2001. 50 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de harvester na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, 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.

CANTO, J.L. et al. Colheita e transporte florestal em propriedade rurais fomentadas no Espírito Santo. **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.981-988, 2006.

CONWAY, S. **Logging practices. principles of timber harvesting systems**. São Francisco. Miller Freeman Publication, 1976. 416 p.

_____. **Logging practices of timber harvesting systems**. São Francisco. Miller Freeman, 1977. 435 p.

CORRÊA, C.M.C. **Perdas de solo e qualidade da água proveniente de estradas de uso florestal no Planalto Catarinense**. 156p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

_____.; MALINOVSKI, J.R.; ROLOFF, G. Bases para o planejamento de rede viária em reflorestamento no Sul do Brasil. **Floresta**. Curitiba, v.36, n.2, p.277-286, 2006.

DIGGLE, P.J. et al. **Analysis of Longitudinal Data**. 2nd ed. Oxford. Oxford University Press. 2002.

EDWARDS, W. Estimating farm machinery costs. In: EDWARDS, W. **Proceedings of the international conference on crop harvesting and processing**. Louisville, 2002. p.3-29.

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.

FERNANDES, H.C. et al. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.37, n. 83, p. 225-232, set., 2009.

FIEDLER, N.C.; ROCHA, E.B.; LOPES, E.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, 2008.

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

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

GONÇALVES, B. S. **O Compromisso das Empresas com o Meio Ambiente-Agenda Ambiental das Empresas e a Sustentabilidade da Economia Florestal**. São Paulo. Instituto Ethos, 2005. 48p.

GOYCHUK, D. et al. The effect of timber harvesting guidelines on felling and skidding productivity in Northern Minnesota. **Forest Science**, v.57, n.5, p.393-407, 2011.

IBÁ Indústria Brasileira de árvores. Disponível em <http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf>. Acesso em. 20 de dez. de 2014.

JACOVINE, L.A.G.; MACHADO, C.C.; SILVA, M.L.; SOUZA, A.P. **Evolução dos custos da madeira destinada a produção de celulose**. In. SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 1997, Vitória. Anais. Vitória. SIF, 1997. p. 261-268.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriadas as operações florestais em países em desenvolvimento**. Parte 2. Transporte de madeiras e construção de estradas. Helsinki. Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo, 1994. 202 f. (Programa de treinamento florestal, n. 19).

KELLOGG, L.D.; BETTINGER, P. Thinning productivity and cost for mechanized cut-to-length system in the Northwest Pacific coast region of the USA. **Journal of Forest Engineering** v.5, n.2, p.43-52, 1994.

LACERDA, J.F.S.B.; MAZON, A. **Uso de simulador de realidade virtual no treinamento de operadores na colheita e transporte florestal**. In. SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 12. Curitiba.2002. p.133-146.

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

LeDOUX, C.B. **Mechanized systems for harvesting eastern hardwoods**. Newtown Square. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2010. 13p.

LEITE, E.S. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas**. 2012. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

_____. et al. Desempenho do harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, vol.38, n.1, Viçosa jan./fev.2014.

LEITE, A.M.P.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C. Terceirização. In. MACHADO, C.C. (Coord). **Colheita Florestal**. 2 ed. Viçosa. UFV, 2008. cap.15, p.436-457.

LIMA, J.S.S.; LEITE, A.M.P. Mecanização. In. MACHADO, C.C.(Ed). **Colheita florestal**. 2 ed. Viçosa. UFV, 2014. Cap.2, p.46-73.

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

_____. et al. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.36, n.79, p.215-222, set.,2008.

_____. Avaliação técnica e econômica de um skidder operando em diferentes produtividades e distâncias de extração. **Ciênc.agrotec.**, Lavras, v.33, n.6, p.1621-1626, nov./dez., 2009.

MACDONAGH, P.M. **Avaliação técnico-econômica da extração de Pinus spp. Utilizando tratores com garra no sul do Brasil**. 1994. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

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

_____. **Exploração florestal**. 4ed. Viçosa, MG. UFV, Impr. Univ., 1984. 60p.

_____. **Exploração Florestal**, 6ed. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1989. 34 p.

_____. O setor florestal brasileiro In. MACHADO, C.C(ed), **Colheita florestal**. Viçosa.UFV,2002, Imprensa Universitária, 468p.

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

MACHADO, C.C. et al. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In. MACHADO, C.C. (Ed). **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa. UFV, 2014. cap. 1, p.15-45.

MALINOVSKI, J.R.; PERDONCINI, W.C. **Estradas Florestais**. Irati. Colégio Técnico, 1990. 110p.

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

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

MALINOVSKI, R.A et al. Análise das variáveis de influencia na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v.36, n.2, p.166-182, 2006.

MALINOVSKI, J.R. et al. Sistemas. In. MACHADO, C.C (Ed). **Colheita Florestal 2** ed.Viçosa. UFV, 2008, Cap. 6 p.161-184.

_____; CASTRO, G.P. Sistemas. In. MACHADO, C.C (Ed). **Colheita Florestal 3** ed.Viçosa. UFV, 2014, Cap. 6 p.178-205.

MCCARY, J. **Steady pace**. Timber Harvesting, Montgomery, AL. March.12-4, 1991.

MENDONÇA FILHO, W.F. **Abate de árvores totalmente mecanizado**. In. SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTO, 1987, Curitiba. FUPEF, 1987. p.361-385.

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

MINETTE, L.J. **Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (Forwarders) na extração de madeira de eucalipto**. Viçosa-MG. UFV, 1988. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

_____.; et al. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Rev. bras.eng.agric.ambient.** Campina Grande, v.12, n.6, nov./dec., 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Brasil com Florestas**. Oportunidades para o desenvolvimento de uma economia florestal e a reestruturação necessária do setor. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília, 2012.

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

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.

MOREIRA, F.L.A.G. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. 2000. 161f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

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

NASCIMENTO, A.C. et al. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com Feller Buncher. **Revista Cerne**, v.17, n.1, p. 9-15, jan./mar., 2011.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R.W Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society Series**. v.135, n.3, p.370–384, 1972.

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

NURMINEN, T.; KORPUNEN, H.; UUSITALO, J. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. **Silva Fennica** v.40, n.2, p.335-363, 2006.

OLIVEIRA, D.; LOPES, E.S.; FIEDLER, N.C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder em extração de toras de pinus. **Scientia forestalis**. Piracicaba, v.37, n.84, p.525-533, 2009.

OLIVEIRA JUNIOR, E.D.; SEIXAS, F.; BATISTA, J.L.F. Produtividade de Feller-Buncher em povoamento de eucalipto em relevo acidentado. **Floresta**. Curitiba, v.39, n.4, p.905-912, 2009.

PACCOLA, J.E. **Desafios da manutenção mecânica frente as inovações tecnológicas**. In. Simpósio Brasileiro sobre Colheita e transporte Florestal, 6., 2003, Belo Horizonte. UFV; SIF, 2003. p.267-279.

PACKALÉN, A. Swedish study on harvester simulator training. costs cut, quality maintained. **International Forestry Magazine- Timberjack News**, n.3, p.20-21, 2001.

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. Curitiba. FUPEF do Paraná, 2002. p. 78-109.

PIACENTINI, L. et al. Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas-maqcontrol. **Eng.Agric**. Jaboticabal, v.32, n.3. p.609-623, 2012.

PULKKI, R.E. **Glossary of forest harvesting terminology**. Disponível em. <flash.lakeheadu.ca/~repulkki/REP_terminology.pdf> Acesso em 30 de abril de 2013.

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

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. 113f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, 2013.

ROCHA, E.B. et al. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**. Lavras, v.15, n.3, p.372-381, jul./set., 2009.

SALMERON, A. A mecanização da exploração florestal. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, v.88, 1980.

SANT'ANNA, C.M.Corte. In. MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 2014. p.74-105.

SANTOS, P.H.A. et al. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com Clambunk Skidder. **Revista Árvore**. Viçosa, v.37, n.3, p.511-518, 2013.

SAS. **Statistical analysis system for Windows**. Release 9.2. Cary, 2012.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido a mecanização florestal. **Circular técnica IPEF**, n.163, p.1-10, 1996.

_____. Olho na terra. **Revista Cultivar Máquinas**. Pelotas, v.2, n.7, p.15-17, 2002.

_____.; CASTRO, G.P. Extração. In.MACHADO, C.C (ed), **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa, MG. UFV, 2014. cap.4, p.106-161.

SILVA, R.S.; FENNER P.T.; CATANEO A. **Desempenho de máquinas florestais de colheita. derrubador-processador Slingshot sobre as esteiras**. In. Simpósio Brasileiro sobre colheita e transporte florestal. Belo Horizonte. UFV; SIF, 2003.p.267-279.

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, 2008.

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

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. 2008. 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Energia na Agricultura) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2008.

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

_____.; 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, 2010.

_____. Produtividade e custos do Feller-Buncher e Processador Florestal em povoamentos de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.3, p.621-630, jul.-set.,2014.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. **EMBRAPA**. 3 Edição. 2013.

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

SOUZA, A. et al. Perspectivas na Área de Colheita e Transporte Florestal. **Revista Madeira**. Curitiba, n. 51, p. 52-62, 2000.

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

STAMPFER, K.; LOSCHEK, J. Harvester operations increase productivity of cable extraction systems. **Österreichische Forstzeitung**, v.110, n.2, p.4-6, 1999.

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

_____.; et al. Análise técnica e econômica do arraste com Skidder no sistema de colheita de árvores inteiras de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.1, p.101-109, 1996.

_____. **A contribuição do setor florestal para o desenvolvimento sócio-econômico. uma aplicação de modelos de equilíbrio multissetoriais**. Viçosa, MG. UFV, 2000. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

WESTER, F.; ELIASSON, L. Productivity in unal felling and thinning for acombined harvester-forwarder (Harwarder). **International Journal of Forest Engineering**, v.14, n.2, p.45-50, 2003.

Anexo 1- Ficha de Campo

Operador. _____ Área. _____ Talhão. _____ Parc. _____

Espaçamento. _____ Declividade. _____ ☐ Manhã ☐ Tarde

Coord. Geográfica. Cond. Meteorológica.

Tratamento.	Cronometrista.
--------------------	-----------------------

Informações Adicionais.

Legenda.

Horário Inicial	Horário Final
-----------------	---------------

[illegible]

Apêndice 1

Valores iniciais das máquinas novas (V_i), custo por litro do óleo diesel (OD), consumo médio de óleo diesel (CmD), horas acumulada de uso (H_u), utilizadas nas estimativas dos custos.

Máquinas	V_i (R\$)	OD	CmD	H_u
Feller Buncher	1850000	2,75	42	13331
Skidder	930000	2,75	22	17163
Garra Traçadora	641304	2,75	20	16291

Os fatores de reparos e da manutenção (FR^1 e FR^2) foram considerados pela metodologia da ASABE.

Máquinas	FR^1	FR^2
Feller Buncher	0,003	2,0
Skidder	0,003	2,0
Garra Traçadora	0,003	2,0