

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM**

LUIZ CARLOS ARAÚJO

**INFLUÊNCIA DE CORREDORES ECOLÓGICOS NA
PRODUTIVIDADE DE MÁQUINAS DE COLHEITA
FLORESTAL**

DIAMANTINA - MG

2014

LUIZ CARLOS ARAÚJO

**INFLUÊNCIA DE CORREDORES ECOLÓGICOS NA
PRODUTIVIDADE DE MÁQUINAS DE COLHEITA
FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, área de concentração em Manejo Florestal e Silvicultura, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite

DIAMANTINA - MG

2014

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

A663i	<p>Araújo, Luiz Carlos Influência de corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal / Luiz Carlos Araújo. – Diamantina: UFVJM, 2014. 65 p. : il.</p> <p>Orientador: Ângelo Márcio Pinto Leite</p> <p>Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p>1. Rendimento operacional. 2. Colheita mecanizada. 3. Sistemas de árvores inteiras. I. Título II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;">CDD 631.5</p>
-------	---

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LUIZ CARLOS ARAÚJO

**INFLUÊNCIA DE CORREDORES ECOLÓGICOS NA
PRODUTIVIDADE DE MÁQUINAS DE COLHEITA
FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, área de concentração em Manejo Florestal e Silvicultura, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA EM: 20/03/2014.

Prof. Dr. Luís Carlos de Freitas – UESB

Prof. Dr. Márcio Takeshi Sugawara – IFMG

Prof. Dr. Márcio Leles Romarco de Oliveira – UFVJM

Prof. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite
Presidente

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem Ele esta vitória não seria possível. A Ele, em quem eu encontrei força e coragem, mesmo quando nada parecia dar certo.

Aos meus pais pela compreensão, confiança e, acima de tudo, amor incondicional. Pelos admiráveis exemplos e constantes incentivos, por serem sempre presentes e eternos torcedores pelo meu sucesso, esta vitória é de vocês.

À minha esposa Cíntia pela paciência, força e principalmente por seu amor incondicional. Obrigado por estar ao meu lado.

Aos meus familiares, em especial meus irmão Danielle, Luana, Thaís e Thiago, pelos incentivos e companheirismo.

Ao Professor Ângelo Márcio P. Leite, pela orientação, pela paciência e amizade, pelas sugestões e pelo apoio.

Aos professores Márcio Takeshi Sugawara, Luís Carlos de Freitas e Márcio Leles Romarco de Oliveira pelas contribuições na realização deste trabalho, pelas sugestões e pela atenção.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal, pelo oferecimento do curso.

À CAPES e UFVJM pelo suporte financeiro através da bolsa de estudo.

À empresa cedente dos dados, pela confiança depositada, pela disposição em ajudar e por todo apoio concedido, em especial aos Eng. Florestais Ricardo Baier e Frederico Reis, e toda equipe de campo da Colheita Florestal, por todo o suporte que me foi prestado.

Ao Thiago e Laís pelo auxílio na execução desta pesquisa.

Aos Amigos que sempre estiveram presentes durante todo esse processo de aprendizado, em especial ao Jhones, Harrison e Rogger, pela amizade durante todos esses anos de convivência.

Enfim, a todos que contribuíram e possibilitaram o desenvolvimento desta dissertação.

MUITO OBRIGADO!

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar. É melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo o nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, que em conformidade viver.”

Martin Luther King

RESUMO

ARAÚJO, Luiz Carlos. **Influência de corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal**. 2014. 65 p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, MG. 2014.

Objetivou-se com esta pesquisa analisar a influência de corredores ecológicos na produtividade de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras (*Full tree*) em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, visando a melhoria do sistema e a otimização da produção. O estudo foi conduzido em uma empresa florestal localizada no centro do estado de Minas Gerais. As máquinas utilizadas no sistema avaliado foram o *Feller buncher*, o *Skidder* e a Garra traçadora. A análise técnica das máquinas foi realizada por intermédio de um estudo de tempos e movimentos pelo método de tempo contínuo, em que as operações inerentes a cada uma delas foram divididas em etapas / fases do ciclo de trabalho, para a determinação da disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade efetiva. A relação funcional entre a variável de estudo e os fatores influentes foi estimada por meio de análise de regressão. Em média, os resultados indicaram que o *Skidder* apresentou a melhor disponibilidade mecânica (91,1%) e a maior eficiência operacional (90,4%). Por sua vez, o *Feller buncher* apresentou a menor disponibilidade mecânica (77,9%) e eficiência operacional (82,5%), devido ao maior número de interrupções ocorridas durante o ciclo de trabalho desta máquina. Entre as máquinas avaliadas o *Skidder* foi a que apresentou a maior produtividade do sistema (103,57 m³ por hora efetiva) seguido do *Feller Buncher* (102,43) e Garra traçadora (61,94). A presença de corredores ecológicos nos talhões afetou a produtividade em metros cúbicos por hora efetiva do *Skidder* e da Garra traçadora, devido ao aumento da distância média de extração e da altura média das pilhas de madeira. As operações de corte e derrubada com o *Feller buncher* não foram afetadas por esta variável. A análise de regressão mostrou que a produtividade do *Feller buncher* foi influenciada pelo volume de madeira por árvore, do *Skidder*, pela distância média de extração e pelo volume do feixe de árvores e, da Garra traçadora, pelo volume da madeira e altura média da pilha. As perdas de rendimento devido a influência das variáveis anteriormente mencionadas foram de: até 22% para o *Feller buncher*, 30% para o *Skidder* e 45% para a Garra traçadora. Constatou-se que a construção de carregadores entre os corredores ecológicos e a área de plantio é uma alternativa viável economicamente, pois, os ganhos financeiros decorrentes do aumento de produtividade na extração e processamento da madeira superaram os custos de construção destes.

Palavras-chave: rendimento operacional; colheita mecanizada; sistemas de árvores inteiras.

ABSTRACT

ARAÚJO, Luiz Carlos. **Influence of ecological corridors in productivity of forest harvesting machines**. 2014. 65 p. (Dissertation – M.Sc. in Forest Science) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, MG. 2014.

The objective of this research was to analyze the impact of the presence of ecological corridors in the productivity of a system of harvesting of whole trees (full tree) in *Eucalyptus grandis*, for improving the system and production optimization. The study was conducted in a forestry company located in the center of the state of Minas Gerais. The machines used in the system of full trees are the tree Feller buncher, Skidder and the Claw chartplotter. Technical analysis of the machines was performed by means of a time and motion study by the method of continuous time, in which the transactions under each were divided into stages / phases of the work cycle, for determining the mechanical availability, efficiency operational and effective productivity. Technical analysis of the machines was performed by through a time and motion study by the method of continuous time, in which the transactions under each of them were divided into stages / phases of the work cycle, for determining the mechanical availability, efficiency operational and effective productivity. The functional relationship between the dependent and independent variables was estimated by means of regression analysis. On average, the results indicated that the skidder showed the best mechanical availability (91.1%) and greater operational efficiency (90.4%). In turn, the Feller buncher has present the worse mechanical availability (77.9%) and lowest operational efficiency (82.5%), due to the greater number of interruptions occurring during the work cycle of the machine. Among the evaluated machines, the Skidder was the one with the higher productivity of the system (103.57 m³ per hour effective) followed by Feller Buncher (102.43) and Claw tracer (61.94). The presence of ecological corridors in stands affected productivity in cubic meters per hour effective of the Skidder and Grapple tracer due to increased average distance extraction and average height of stacks of wood. The cutting and felling with Feller buncher were not affected by this variable. Regression analysis showed that the productivity of the Feller buncher was influenced by the volume of wood per tree, of the Skidder, the average distance extraction and the volume of the beam of trees and of the Claw chartplotter, the volume of wood and average stack height . Yield losses due to the influence of the aforementioned variables were: up to 22% for the Feller buncher, skidder for 30% and 45% for the Claw chartplotter. It was verified that the construction of firebreaks between ecological corridors and planting area is an economically viable alternative, because the financial gains from the increased productivity of the extraction and processing of wood outweighed the costs of building these.

Keywords: operating income; mechanized harvesting; systems of entire trees.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Caracterização do Problema e Justificativa	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. Colheita Florestal.....	14
3.2. Sistemas de Colheita Florestal.....	15
3.3. Corte Florestal.....	16
3.4. Extração Florestal.....	17
3.5. Processamento ou Traçamento Florestal.....	18
3.6. Variáveis de Influência na Produtividade.....	19
3.7. Estudo de Tempo e Movimentos.....	20
3.8. Corredores Ecológicos.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Caracterização do Local de Estudo.....	22
4.2. Caracterização do Sistema e Método de Colheita.....	23
4.3. Caracterização das Máquinas Avaliadas.....	26
4.4. Análise Técnica.....	28
4.4.1. Primeira Etapa.....	28
4.4.2. Segunda Etapa.....	30
4.5. Caracterização das Situações de Trabalho Avaliadas.....	31
4.6. Descrição dos Elementos Parciais do Ciclo Operacional.....	33
4.7. Número de Amostras.....	35

4.8. Métodos de Amostragem.....	35
4.9. Análise Estatística.....	36
4.10. Análise da Vantagem Financeira da Construção de Carreadores.....	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1. Análise Técnica.....	37
5.1.1. <i>Feller Buncher</i>	37
5.1.2. <i>Skidder</i>	40
5.1.3. Garra Traçadora.....	43
5.2. Análise da Influência de Corredores Ecológicos na Produtividade das Máquinas Avaliadas.....	46
5.2.1. <i>Feller Buncher</i>	46
5.2.2. <i>Skidder</i>	48
5.2.3. Garra Traçadora.....	49
5.3. Simulação de Perdas de Produtividade.....	50
5.3.1. <i>Feller Buncher</i>	50
5.3.2. <i>Skidder</i>	51
5.3.3. Garra Traçadora.....	52
5.4. Análise da Vantagem Financeira da Construção de Carreadores.....	53
6. CONCLUSÕES.....	58
7. RECOMENDAÇÕES.....	59
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

Antes da década de 60, o setor florestal era pouco expressivo para economia brasileira, começando a ganhar forças a partir desta época, devido a incentivos fiscais e créditos concedidos ao setor pelos governos, além do apoio e financiamento do então Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico (BNDE), atual Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Estes estímulos para reflorestamentos tinham a intenção de criar uma base florestal no país e diminuir a exploração dos recursos florestais naturais.

A partir das décadas subsequentes houve um crescimento de vários segmentos ligados ao setor florestal impulsionado pelos incentivos e investimentos privados, entre os quais os quais destacam-se importantes indústrias nas áreas de siderurgia, de papel e celulose, de movelaria, de construção civil e de outros setores (SOBRINHO, 1995).

Concomitante a esse crescimento e, com o conseqüente aumento da demanda pelos produtos de origem florestal, o setor passou por várias mudanças e investimentos, principalmente nas áreas produtivas de silvicultura e colheita florestal, impulsionado pela mecanização de suas atividades.

Diante deste cenário a adoção e modernização de máquinas e equipamentos adaptados à realidade florestal foram imprescindíveis, tendo iniciado todo o processo com a adaptação de equipamentos dos setores agrícolas e de mineração.

A mecanização da colheita florestal resultou em vários benefícios, tais como, aumento da produtividade, potencial de redução dos custos e possibilidade de melhorias nas condições de trabalho (MOREIRA, 2000).

Segundo Harry *et al.* (1991), o custo operacional de uma máquina é o somatório de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação. O seu conhecimento é uma etapa de fundamental importância para o planejamento e o controle da produção, sendo a variação deste influenciada principalmente pela eficiência operacional da máquina e, pelas condições de trabalho a que esta submetida.

Assim, segundo Silva *et al.*, (2003), para se conhecerem as reais capacidades produtivas e as possíveis variáveis que interferem no rendimento das máquinas de colheita florestal, com vistas ao desenvolvimento de técnicas que melhorem o desempenho operacional do sistema de colheita, maximizando a produtividade e reduzindo os custos é fundamental que pesquisas nesta área sejam desenvolvidas. Entretanto, muitas dessas variáveis são de difícil mensuração e, portanto, sua intensidade deve ser cuidadosamente estimada.

Apesar da busca contínua pela redução de custos da colheita florestal existe uma preocupação das empresas quanto à maneira de realizar suas atividades, buscando novas alternativas que causem o mínimo possível de impactos ambientais negativos, devido às exigências da legislação brasileira e dos órgãos certificadores nacionais e internacionais, somados ao aumento da consciência ambiental adquirida ao longo dos últimos anos (OLIVEIRA DE PAULA, 2011).

O setor florestal vem se adaptando à nova realidade com o advento do paradigma da sustentabilidade econômica, social e ambiental. Neste contexto, a adoção de manejos diferenciados, como o modelo de faixas de vegetação nativa intercalando as áreas de reflorestamento vem sendo empregado pela maioria das empresas florestais, com intuito de se adequar a essa nova realidade.

As faixas de vegetação nativa ou plantada, interligadas entre si e às áreas de reserva e preservação permanente dão ao projeto florestal a forma de uma malha, permitindo maior fluxo gênico entre as áreas de proteção. A adoção desta alternativa traz importantes benefícios para o equilíbrio ambiental e contribui para a preservação e conservação dos recursos naturais.

Porém, os corredores ecológicos podem gerar efeitos negativos no desempenho operacional das máquinas de colheita florestal, pois se tornam um obstáculo para a movimentação destas no talhão, além de limitar os locais de empilhamento da madeira, causando alterações significativas no planejamento da atividade.

As influências dos corredores ecológicos sobre a produtividade de máquinas de colheita florestal são pouco conhecidas e estudadas ainda na atualidade. Dessa forma, para otimizar o sistema de colheita florestal e diminuir os custos de produção das máquinas é que se propôs a realização deste estudo, visando conhecer as reais capacidades produtivas e as possíveis interferências dos “corredores ecológicos” no desempenho da atividade, com vistas à proposição de melhorias em todo o processo produtivo.

1.1. Caracterização do Problema e Justificativa

A maioria dos talhões que compõem os plantios florestais pertencentes à empresa é intercalada por faixas de vegetação nativa ou plantada (corredores ecológicos) de 25 metros de largura, ou ainda, por ilhas ecológicas (Figura 1), deixadas com o objetivo de preservar e conservar recursos naturais. Do ponto de vista ecológico isto é uma iniciativa muito interessante, trazendo benefícios importantes para o equilíbrio ambiental.

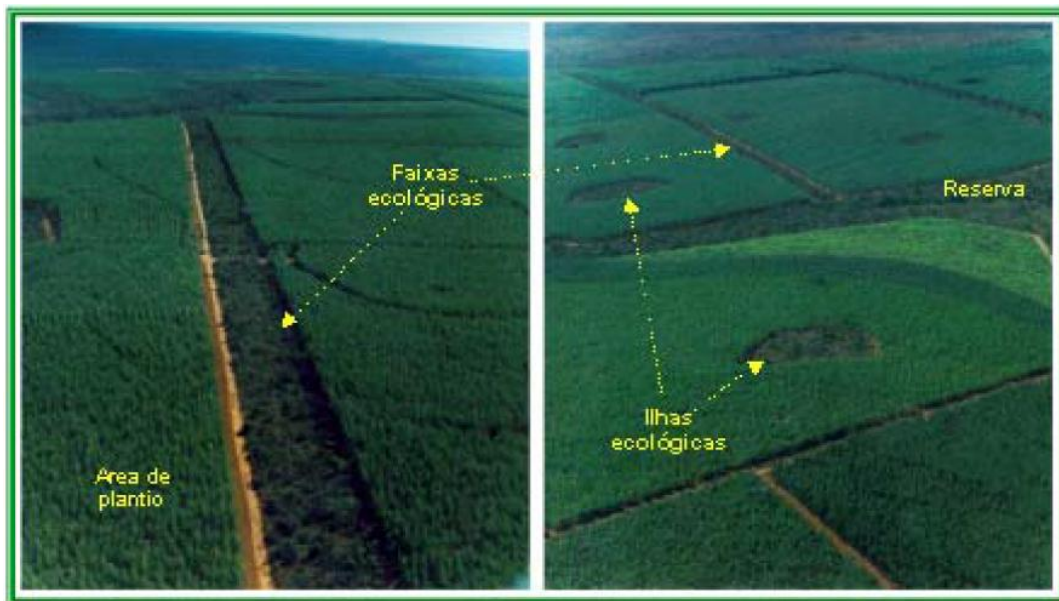


Figura 1: Vista aérea de projetos florestais compostos por ilhas e corredores ecológicos.

Fonte: Bertola (2013)

Em contrapartida, a presença de corredores nos talhões impacta diretamente a eficiência operacional das máquinas de colheita florestal. A maior influência acontece principalmente na atividade de extração e processamento da madeira, pois, nos locais onde os corredores estão localizados, não é permitido empilhar a madeira extraída pelo *Skidder*. Desta forma, o operador necessita percorrer uma maior distância para depositar os feixes em locais livres da interferência de corredores, acarretando diminuição do rendimento operacional do *Skidder*.

A restrição dos locais de empilhamento dos fustes ocasiona acúmulo de matéria prima em espaços insuficientes para acomodar todo o volume de madeira contido no talhão. Assim, é necessário durante a operação de processamento, que o operador dedique parte do tempo de trabalho na remontagem da pilha, ou seja, depositar os toretes traçados sobre a pilha já processada, com intuito de liberar espaço para os próximos feixes a serem traçados. O tempo

despendido na realização desta atividade acarreta perdas de eficiência operacional da Garra traçadora.

Uma alternativa para contornar tal situação seria a construção de “carreadores temporários” entre a floresta e os corredores ecológicos. Nestes locais seria possível empilhar os fustes extraídos pelo *Skidder*, além de estocar a madeira processada pela Garra traçadora até o momento do transporte, proporcionando aumento de produtividade das máquinas envolvidas nessas etapas. Porém, esta intervenção gera custos para a empresa e, neste sentido, para uma decisão adequada é necessário verificar se os ganhos de produtividade na colheita mecanizada propiciados pela confecção dos carreadores nos locais de interferência dos corredores ecológicos superam os custos de construção dos mesmos.

Uma questão relevante a considerar seria a perda de área útil de plantio decorrente da construção dos carreadores, mas por sua vez, esta situação pode ser contornada com a construção dos mesmos apenas na época da colheita. Assim, após o término desta atividade, a área ocupada pelo carreador ficaria disponível para o plantio novamente, juntamente com restante do talhão.

Cabe ressaltar que a adoção desta alternativa além de garantir aumento de rendimento das máquinas de colheita florestal, asseguraria a manutenção e conservação dos corredores ecológicos sem oferecer prejuízos para o meio ambiente, garantindo a manutenção de suas funções ecológicas.

Diante de tudo isso que este estudo pretende responder aos seguintes questionamentos. A influência dos corredores ecológicos sobre a produtividade das máquinas de colheita florestal mecanizada é relevante? Os ganhos de produtividade das máquinas gerados pela construção dos carreadores superam os custos de construção dos mesmos?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar e determinar a influência de corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal, em um sistema de árvores inteiras “*Full tree*”.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar e classificar em grupos de relevância as máquinas e etapas da colheita florestal que são mais afetadas pela presença de corredores ecológicos no interior do talhão;
- Quantificar a influência dos corredores ecológicos no rendimento operacional das máquinas de corte, extração e processamento da madeira;
- Determinar a relação funcional entre as variáveis dependentes e independentes;
- Calcular a produtividade, disponibilidade mecânica e eficiência operacional das máquinas de colheita florestal utilizadas;
- Propor mudanças / melhorias nos processos operacionais da atividade de colheita florestal (redução de perdas / tempos improdutivo), visando o aumento de produtividade e redução de custos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. 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, 2002).

A colheita é, portanto, a ligação entre os recursos florestais e as indústrias madeireiras ou outros usuários de madeira (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

É uma atividade complexa, dada à ocorrência de vários fenômenos climáticos, biológicos e relacionados ao sistema homem-máquina, que podem afetar a produtividade das máquinas e, conseqüentemente, os custos e a produção (BURLA, 2012).

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

No processo de inovação tecnológica aplicada a colheita de madeira destacam-se os avanços ocorridos na indústria de máquinas e equipamentos, que passou a disponibilizar

modelos cada vez mais produtivos, confiáveis, automatizados e ambientalmente adequados (LOPES, 2010).

A mecanização da colheita de madeira, embora não seja a única forma de controle da evolução dos custos, proporciona reduções drásticas em prazos relativamente curtos e alcança um lugar de elevada importância nos esforços de aumentar a produtividade e humanização do trabalho florestal (WADOUSKI, 1997).

A redução dos custos da colheita é, de acordo com Rezende *et al.* (1997), vital para qualquer empresa e, uma análise detalhada e por partes dos custos dos diferentes métodos de colheita tem papel importante para o entendimento destes, além de facilitar os estudos com o objetivo de reduzi-los. Segundo Jacovine *et al.* (2001), faz-se necessário e urgente buscar técnicas que tornem a colheita e o beneficiamento da madeira mais racional, visando maior aproveitamento do material lenhoso.

3.2. Sistemas de Colheita Florestal

Machado (2008) define sistemas de colheita florestal como um conjunto de atividades integradas entre si que permitem o fluxo constante de madeira, evitando-se os pontos de estrangulamento, levando os equipamentos a sua máxima utilização.

Os primeiros sistemas de colheita no Brasil eram os manuais, usados em sua maioria na exploração de florestas nativas, sem preocupação com a racionalização e produtividade das atividades (MOREIRA, 2000).

Segundo Machado (2002), os sistemas de colheita podem variar de acordo com diversos fatores, dentre eles topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final da madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis.

De acordo com a classificação da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 1992), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto ao comprimento das toras, a forma como são extraídas e ao local de processamento.

Neste contexto, os sistemas de colheita são divididos em: de toras curtas, de toras longas, de árvores inteiras, de árvores completas e de cavaqueamento.

Entre os sistemas de colheita de madeira relatados anteriormente, o de árvores inteiras destaca-se como um dos mais utilizados pelas empresas florestais de Minas Gerais, cujo produto final é o carvão vegetal. A utilização desse sistema implica na remoção da árvore de uma forma inteira, mas sem as raízes, como operação posterior ao corte da árvore. As demais atividades, como processamento da madeira são realizadas nas laterais do talhão. Machado (2008)

cita que neste sistema a árvore é cortada, derrubada e levada até as laterais das estradas onde será processada. A utilização do *Feller buncher + Skidder* é considerada a combinação representativa do sistema de árvores inteiras (SEIXAS, 2002).

Para Machado e Castro (1985), as vantagens do sistema de árvores inteiras são: eliminação dos resíduos da colheita, diminuindo o risco de incêndios, utilização da biomassa como fonte energética, concentração de várias operações em um único ponto, o que permite maior controle das operações e, conseqüentemente, maior rendimento operacional.

Este sistema requer elevado índice de mecanização e um maior número de máquinas se comparado a outros modelos. Geralmente é aplicado para a colheita de árvores de grande porte, assim necessita de máquinas equipamentos especialmente dimensionados para esse tipo de trabalho (SALMERON, 1980).

Nos últimos anos, dada a grande quantidade de máquinas e equipamentos de corte e extração disponíveis no mercado, as empresas podem formar vários sistemas de colheita a serem empregados, cabendo a cada empresa optar por aquele que seja mais adequado às suas peculiaridades (JACOVINE *et al.*, 2001).

3.3. Corte Florestal

O corte é a primeira etapa da colheita florestal, constituindo uma atividade de grande importância, pois influencia na realização das etapas subsequentes. Compreende as operações de corte, derrubada e empilhamento (SANT'ANNA, 2002).

Greudlich *et al.* (1996), definem a operação de corte como sendo a primeira fase de preparação da árvore para o mercado. Esta atividade pode ser realizada de forma manual, semimecanizada ou mecanizada.

O corte mecanizado tem como vantagens: alto rendimento individual; maior conforto e segurança do operador. Suas principais desvantagens são: limitação do diâmetro de corte (máximo), elevado investimento inicial, exigência de boa estrutura de manutenção e limitação de atuação a terrenos planos e levemente ondulados (SANT'ANNA, 2002).

Os principais fatores que podem interferir no corte são: o diâmetro das árvores, a densidade do povoamento, a declividade do terreno, o tipo de equipamento utilizado, a situação do sub-bosque e a capacidade de treinamento do operador (CANTO, 2006).

No planejamento do corte, deve-se considerar a minimização dos custos, a otimização dos rendimentos operacionais e a redução dos impactos ambientais. O direcionamento da

derrubada de árvores é uma das principais etapas, sendo as faixas de derrubada planejadas de acordo com as rotas de extração.

Entre as máquinas mais utilizadas no corte florestal se destacam os *Feller buncher*, que são tratores florestais derrubadores e enleiradores da madeira (MOREIRA *et al.*, 2004). O *Feller buncher* ou trator florestal cortador – acumulador consiste de um trator de pneus ou esteira com cabeçote que realiza o corte e o empilhamento de árvores (SANT’ANNA, 2002).

Para Machado (2008) o *Feller buncher* é a máquina que desempenha a atividade de corte, acúmulo de árvores (o número de árvores acumuladas varia de acordo com o porte de cabeçote de corte e de acordo com o diâmetro das árvores) e, posteriormente, as tomba formando feixes de árvores.

O cabeçote de corte do *Feller buncher* é a principal ferramenta do equipamento, pois é este que realizará todas as atividades. Seus componentes básicos são: uma ferramenta de corte e braços acumuladores, todos acionados por sistemas hidráulicos. Os implementos utilizados no corte podem ser de três tipos: sabre, tesoura de dupla ação ou disco de corte dentado (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

3.4. Extração Florestal

A extração florestal é a etapa da colheita florestal responsável pela movimentação da madeira desde o local de corte até a margem da estrada, carreador, pátio intermediário ou zona de processamento. Normalmente constitui a etapa mais complexa e onerosa da colheita florestal, principalmente em se tratando de áreas declivosas (LOPES, 2001).

Para Simões & Fenner (2010), a extração florestal ocorre após a derrubada ou processamento e consiste na movimentação da madeira desde o interior dos talhões até as margens das estradas florestais ou pátios.

Salmeron (1980) conceitua a extração ou transporte primário, também denominado remoção, baldeio ou arraste, dependendo do equipamento utilizado para desempenhar esta função, consistindo-se do transporte à curta distância, no que se refere à retirada das árvores ou toras da floresta e a disposição das mesmas na estrada transitável por caminhões.

Esta etapa consiste no arraste das madeiras amontoadas na etapa anterior até a margem da estrada. O modo de transporte ocorre com o arraste do feixe de madeiras pelo *Skidder* que de acordo com MACHADO (1984) é um trator arrastador projetado com finalidades exclusivas para as operações de exploração florestal.

Para Malinovski *et al.* (2006), o *Skidder* é um trator de pneus com tração nas quatro rodas e possui um chassi articulado, é utilizado para a operação de extração, com estrutura para o acoplamento de garras e guinchos, podendo, eventualmente, efetuar a operação de desgalhamento por meio de grades desgalhadoras.

Alguns fatores podem influenciar o processo de extração da madeira, tais como a densidade do talhão; a topografia do terreno; o tipo de solo (MACHADO, 2008); o volume por árvore; o volume por feixe e a distância média de extração (SEIXAS, 2002; ZAGONEL, 2005). Fatores estes, que condicionam a seleção dos equipamentos mais adequados para cada situação de trabalho.

3.5. Processamento / Traçamento da Madeira

O processamento ou traçamento da madeira é a etapa da colheita florestal onde as árvores são seccionadas em toretes de tamanhos pré-estabelecidos e empilhados na margem da estrada ou carreador, ficando preparados para o carregamento e posterior transporte até o local de consumo.

O traçamento dos toretes, nas dimensões estabelecidas, pode ser realizado de maneira semi-mecanizada ou mecanizada. A produtividade do traçamento se dá em função do diâmetro das árvores, do comprimento dos toretes, tipo de ferramenta empregada, disposição das árvores na queda, treinamento dos operadores e topografia (SALMERON, 1980).

As máquinas que realizam o traçamento da madeira são conhecidas como processadores ou traçadores mecânicos. No Brasil os processadores mais comuns são a Garra traçadora e o *Slasher*.

Os processadores são variações de um carregador florestal, sendo que a Garra traçadora e o *Slasher* realizam o traçamento (corte) da madeira no tamanho desejado, antes de seu carregamento nos veículos de transporte.

Na Garra traçadora existe um conjunto de corte (sabre e corrente) montado em sua garra. De acordo com Machado (2008), o uso deste equipamento tem se intensificado em substituição ao traçamento com motosserra. Ainda de acordo com o mesmo autor esta máquina trabalha próximo às margens das estradas, agrupando os feixes de árvores e realizando o traçamento e formação de pilhas de toras, para posteriormente serem carregadas.

3.6. Variáveis de Influência na Produtividade

De acordo com Bramucci e Seixas (2002), o uso de sistemas mecanizados de colheita florestal é afetado por diversas variáveis que interferem na capacidade operacional dos equipamentos e, conseqüentemente, no custo final.

A produtividade das operações de colheita florestal é uma das principais variáveis de viabilidade de retirada de madeira dos reflorestamentos sendo, normalmente, inversamente proporcional ao custo por metro cúbico produzido e, diretamente influenciada pelas variáveis do terreno, do povoamento e do planejamento (MALINOVSKI *et al.*, 2006).

O rendimento operacional de uma máquina de colheita de madeira irá depender de diversos fatores dos quais se destacam: extensão da área de trabalho; aspectos climáticos; capacidade de suporte do terreno; relevo; características das árvores; características da floresta e do sistema de colheita; e capacitação do operador (SEIXAS, 1998; MALINOVSKI *et al.*, 2002).

A complexidade da colheita florestal se deve à dificuldade de se controlar simultaneamente um grande número de variáveis oriundas dos fatores técnicos, econômicos, ambientais e ergonômico (OLIVEIRA DE PAULA, 2011).

Kantola e Harstela (1994) afirmam que os principais elementos que influenciam na produtividade dos equipamentos utilizados e que definem as características do sistema de colheita de madeira para cada empresa são: clima, tipo de solo e relevo, espécie das árvores e suas dimensões, infraestrutura local, estado de desenvolvimento, tradição e prevalectimento de sistemas e estrutura industrial.

A determinação e quantificação dessas variáveis de influência são fatores determinantes para o planejamento florestal e o sucesso das operações, contribuindo sobremaneira com a otimização e a viabilidade econômica das atividades de colheita.

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

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

No Brasil existem ainda poucos dados a respeito da real influência dessas variáveis e da produtividade das máquinas em determinadas condições de trabalho.

3.7. Estudo de Tempo e Movimentos (ETM)

Segundo Barnes (1977), o ETM é o estudo sistemático dos processos de trabalho procurando alcançar objetivos como desenvolver o método mais adequado, usualmente aquele de menor custo. Além de, padronizar sistemas e métodos; medir o tempo total e os tempos parciais necessários para realizar determinada atividade; registrar o resultado do trabalho obtido durante estes tempos (rendimentos); compreender os fatores que exercem influência sobre a atividade desenvolvida e; orientar o treinamento do trabalhador em relação ao método mais adequado.

Para Mialhe (1974), o ETM é o método mais importante de pesquisa em operações florestais, pois o tempo consumido em cada ciclo de trabalho está associado ao método. Portanto, constitui uma importante técnica utilizada na racionalização da atividade de colheita e transporte florestal (Souza, 1978).

Seixas *et al.* (2004) consideraram o ETM uma técnica muito importante no desenvolvimento de sistemas de colheita de madeira, pois o tempo consumido para cada um dos elementos do ciclo de trabalho permite a organização do trabalho, com os objetivos de otimizar o sistema operacional com o mínimo de tempos improdutivo. Permitindo deduzir a produtividade e o custo por unidade produzida em relação a certos fatores relevantes; e, em combinações com medidas ergonômicas, estabelecer o esforço humano requerido para cada uma das atividades.

O ETM também pode ser usado para o planejamento e organização do trabalho. Neste caso, o objetivo do estudo pode ser a configuração adequada do local de trabalho e dos meios de produção, a definição da técnica e/ou método para efetuar as operações, a organização da sequência de execução do trabalho e para controlar a produtividade e fixar a remuneração do trabalho. No planejamento econômico da empresa, o estudo de tempos pode ser usado para a otimização e racionalização das operações, bem como para o micro e macro planejamento operacional (FENNER, 2002).

Estudos de tempos e movimentos são necessários por vários motivos, principalmente quando se relaciona às suas inúmeras formas de aplicações, bem como para treinamentos de funcionários e para detecção de tempos improdutivo nas operações florestais (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

3.8. Corredores Ecológicos

A expansão do uso e ocupação antrópica do espaço terrestre leva a uma severa fragmentação dos habitats naturais. A atividade florestal intensiva, com fins produtivos, qualquer que seja a sua modalidade, sempre exigirá modificações nos ecossistemas naturais, provocando impactos de variada magnitude.

No Brasil, em geral, os reflorestamentos são efetuados com plantios de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., que são essências exóticas de rápido crescimento, o que implica em impactos ambientais de maior amplitude (DURAFLORE, 1990).

Atualmente, devido ao conhecimento técnico acumulado, as empresas do setor florestal desenvolvem plantações sob a forma de mosaicos, intercalando faixas de florestas nativas com as plantações (conhecidas por “corredores ecológicos” ou, ainda, por “corredores biológicos”).

Essas plantações em mosaico permitem a interligação entre o *habitat* natural e a floresta plantada e constituem um corredor entre fragmentos de floresta natural, permitindo a passagem de animais e ampliando, assim, o *habitat* disponível à fauna local (VITAL, 2007).

Segundo Almeida (1979), os reflorestamentos com monoculturas podem abrigar uma fauna variada, se técnicas objetivas forem aplicadas, reservando-se faixas de vegetação nativa (corredor biológico) e plantando-se árvores frutíferas, arbustos e gramíneas, que possam suprir a fauna silvestre com alimento abundante durante todo o ano.

Davidson (1985), afirma que alguns tipos de eucaliptos, em regiões de baixa umidade e relativa escassez de nutrientes, podem ter efeitos negativos sobre a vegetação local e até mesmo sobre plantas mais jovens da mesma espécie, oriundos da competição por água e nutrientes. De acordo com o autor, uma das formas de reduzir esse impacto sobre a diversidade da flora consiste em plantar as florestas em forma de mosaicos, contendo compartimentos de 50 a 100 hectares (ha), separados por corredores de florestas nativas (denominados corredores biológicos).

Segundo Seoane *et al.* (2010) corredores ecológicos podem facilitar o deslocamento de organismos entre fragmentos de *habitats* e têm sido cada vez mais adotados como uma ferramenta para manter e restaurar a biodiversidade.

O modelo de conservação, estabelecido através de estudos científicos realizados por universidades e instituições de pesquisa, estabelece corredores de no mínimo 25 metros de largura, a cada 500 metros de plantios de florestas, o que representa cerca de 5% de utilização da área útil, destinados a fornecer serviços ambientais (BERTOLA, 2013).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização do Local de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de setembro e outubro de 2013 em plantios clonais de *Eucalyptus* sp., pertencentes a uma empresa florestal localizada na região central de Minas Gerais. Avaliou-se a atividade de colheita florestal nos municípios de Paraopeba e Felixlândia (Figura 2), situados geograficamente nas coordenadas Latitude Sul 19° 17' 00" e 44° 30' 00" de Longitude Oeste e Latitude Sul 18° 46' 00" e 45° 06' 00" de Longitude Oeste, respectivamente. A Tabela 1 mostra a caracterização edafoclimática dos municípios avaliados.

Tabela 1. Características edafoclimáticas dos municípios avaliados.

Características	Paraopeba - MG	Felixlândia - MG
Clima	Subtropical úmido	Tropical úmido
Vegetação	Cerrado sentido restrito	Cerrado sentido restrito
Relevo	Suave e levemente ondulado	Plano a levemente ondulado
Solo	Latossolos de textura variando de argilosa a muito argilosa	Latossolos de textura argilosa
Precipitação média anual	1236 mm	1118,9 mm
Temperatura média anual	22°C	22,6°C
UR média anual	65%	60%
Déficit hídrico	93 mm	199 mm
Altitude média	748 m	731 m

Fonte: Golfari *et al* (1978) & Mara (1992).

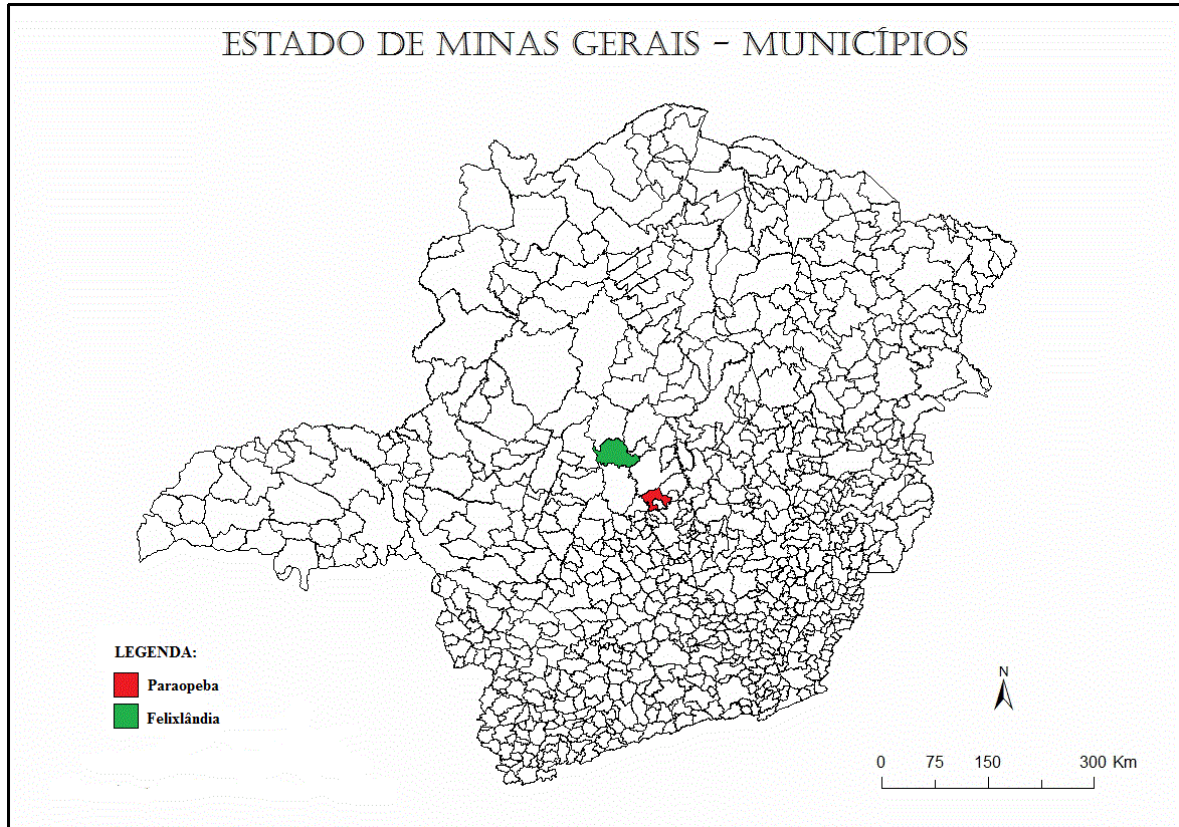


Figura 2: Localização dos municípios de Paraopeba e Felixlândia no Estado de Minas Gerais.

Fonte: IBGE

4.2. Caracterização do Sistema e Método de Colheita

O sistema mecanizado de colheita avaliado foi o de árvores inteiras, envolvendo o corte e derrubada das árvores no interior do talhão, extração dos feixes até a margem da estrada e, posterior desgalhamento e processamento destes à margem do carreador. As máquinas que compõem o sistema são: trator derrubador-amontoador *Feller buncher*, trator arrastador *Skidder* e escavadora hidráulica equipada com um cabeçote traçador, Garra traçadora.

O *Feller buncher* realiza as operações de corte, acúmulo, derrubada das árvores e o amontoamento em feixes, trabalhando em eitos de quatro linhas de plantio. A derrubada das árvores é direcionada para o lado oposto das árvores em pé, sendo os feixes de árvores depositados ao chão formando ângulo de aproximadamente 45° desde o início do eito de corte até meados do talhão. A partir deste momento os feixes são dispostos a 135° em relação ao alinhamento de plantio, até a finalização do eito. Este é um procedimento padrão da empresa, com intuito de facilitar a operação subsequente de arraste da madeira, na qual esta é direcionada para os vários lados do talhão, onde é possível armazenar os feixes (Figura 3).

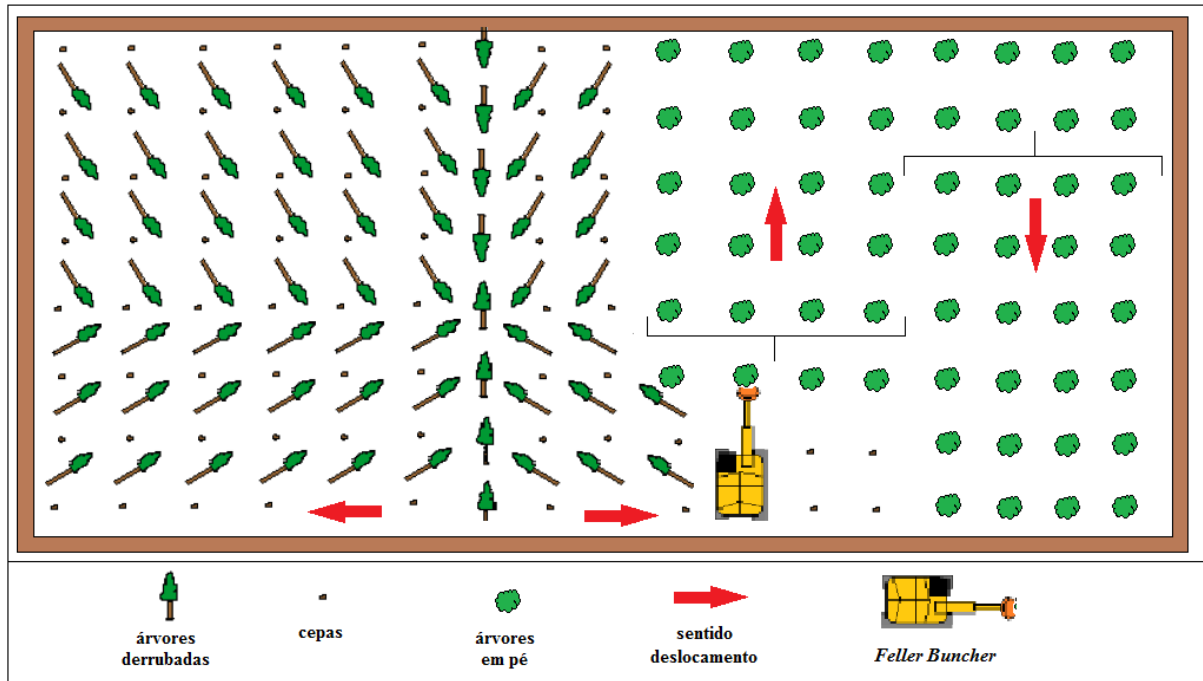


Figura 3: Esquema ilustrativo da atividade de derrubada de árvores com o *Feller buncher*.

Fonte: Próprio autor

O arraste dos feixes é feito com o *Skidder*, sendo extraídos para a margem do talhão e sempre que possível, distribuídos uniformemente ao longo de todo o perímetro útil deste (Figura 4). Em cada ciclo o *Skidder* é capaz de arrastar entre dois e quatro feixes de árvores, de acordo com o volume de madeira contido nos mesmos e com a capacidade de carga útil da garra de carregamento. Após o carregamento, os feixes extraídos são empilhados na borda do talhão formando uma angulação de 90° em relação ao carreador. Entre os feixes arrastados e o carreador é deixado um espaço de aproximadamente 6 m, para a movimentação da Garra traçadora e empilhamento dos toretes processados. Após finalizar o posicionamento dos feixes na margem do talhão é feito o desgalhamento das árvores empilhadas, por meio do deslocamento do *Skidder* sobre a copa destas, que arrasta um feixe de madeira para aumentar o peso / impacto sobre os galhos.

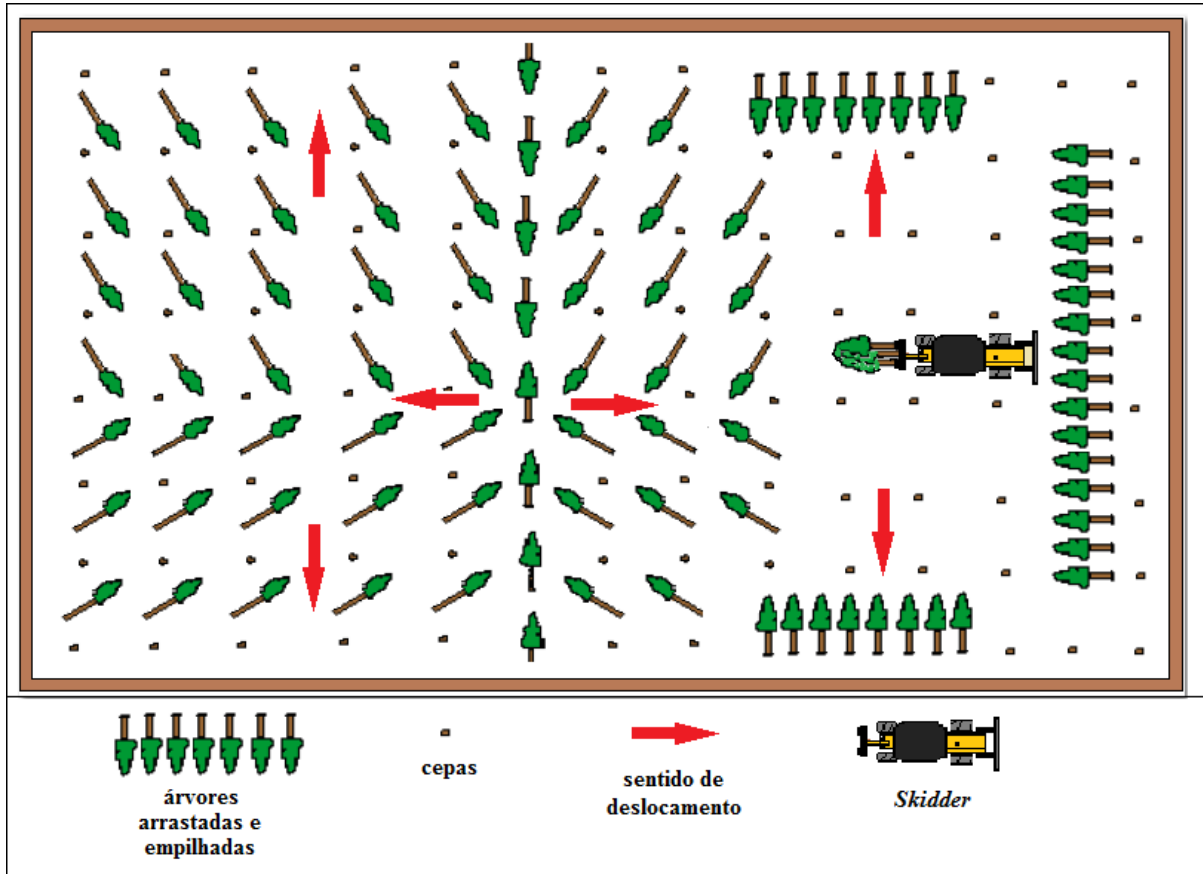


Figura 4: Esquema ilustrativo da atividade de arraste com o *Skidder*.

Fonte: Próprio autor

A última etapa consiste no traçamento dos fustes em toras de 5 m de comprimento com a Garra traçadora, que se desloca em uma faixa de 6 m entre os feixes arrastados pelo *Skidder* e o carreador, sendo os toretes seccionados e depositados em pilhas na margem da estrada. O deslocamento da Garra é realizado em sentido anti-horário (Figura 5).

O processamento consiste na fixação de um feixe de fustes que são suspensos e movimentados até o ponto em que são formadas as pilhas, com as toras sendo cortadas com comprimento de 5 metros.

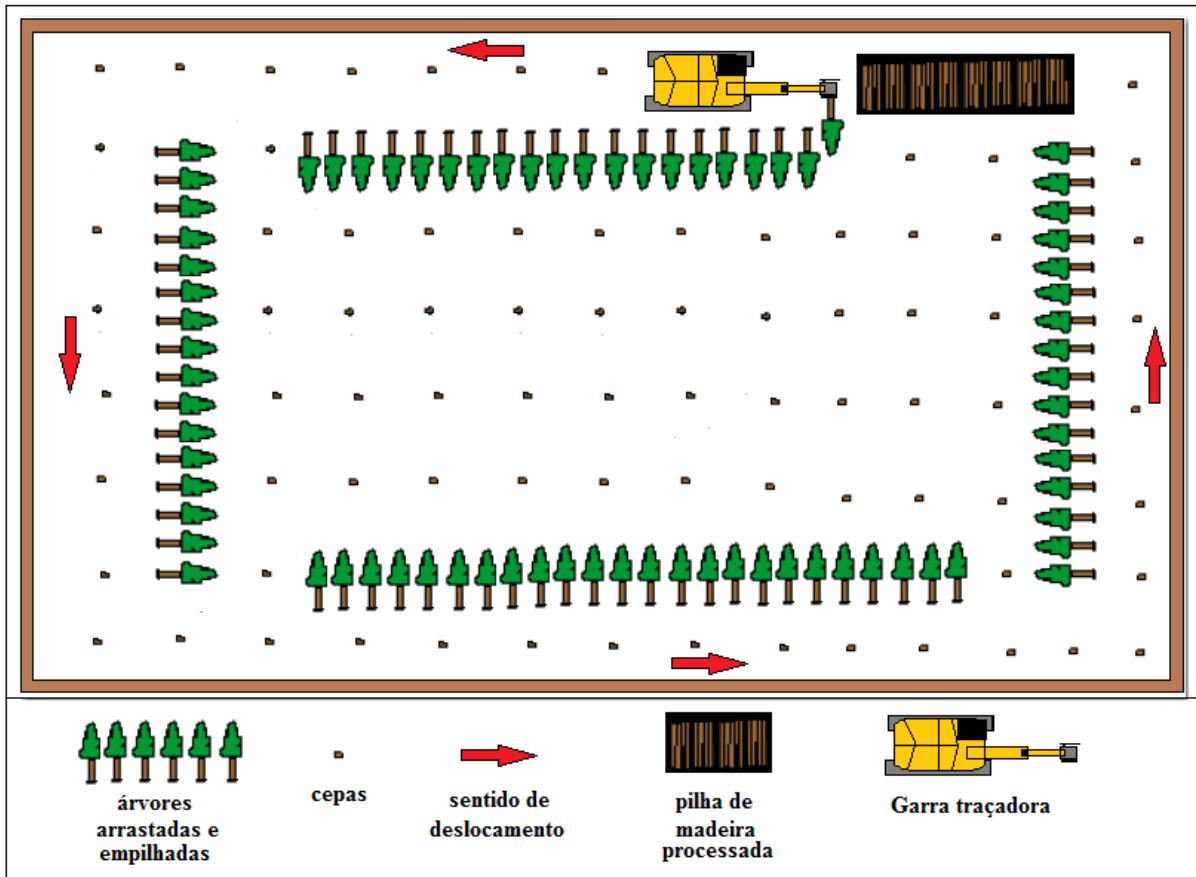


Figura 5: Esquema ilustrativo da atividade de processamento dos fustes com a Garra traçadora.
Fonte: Próprio autor

4.3. Caracterização das Máquinas Avaliadas

O *Feller buncher* é da marca Caterpillar modelo 541, rodados de esteira, com motor de 6 cilindros Caterpillar C9 ACERT™, com uma potência nominal máxima de 303 HP, alcance máximo do braço com cabeçote de 8,6 metros e peso operacional de 30.191 kg. Esta máquina é equipada com um cabeçote *Feller buncher* CAT HF – 201, composto de um disco de corte de 572 mm de diâmetro que gira a 1250 rpm, impulsionado por um motor hidráulico de 160cc e, com capacidade de acumulação de 5m² de área útil (Figura 6).



Figura 6: Imagem de um modelo similar ao *Feller buncher* utilizado na colheita florestal da empresa.
(Fonte: CAT Brasil – 2014)

O *Skidder* é da marca Caterpillar modelo 525 C, articulado, composto de um motor Caterpillar C7 com ACERT™ de 6 cilindros com potencia nominal de 182 HP, transmissão de cinco marchas a frente e três a ré. Sistema de rodados de pneus e freio a tambor no compartimento de transmissão, sendo a capacidade de carga da garra estimada para madeira de desbaste de 1,34 m³ e, para madeira empilhada 1,16 m³. Seu peso de operação estimado é de 17.711 kg (Figura 7).



Figura 7: Imagem do *Skidder* utilizado na colheita florestal da empresa.

A Garra traçadora corresponde a uma escavadora de acionamento hidráulico de esteiras, marca Carterpillar, modelo 320D FM, configuração florestal, composta de um motor Caterpillar C6.6 com ACERT™ de 6 cilindros com potencia de 157 HP e, peso operacional aproximado de 20.660 kg. A garra de traçamento adaptada a máquina base é da marca J de Souza modelo TJP , com área útil de 0,58 m², motor movido por pistões de 60 cc, composta por um sabre de acionamento hidráulico de 45 polegadas, com passo da corrente de ¾ de polegada e fluxo de óleo de 210 l/min (Figura 8).



Figura 8: Imagem da Garra traçadora utilizada na colheita florestal da empresa

4.4. Análise Técnica

Esta análise foi desenvolvida em duas etapas com objetivo de aplicar o Estudo de Tempos e Movimentos para determinar a eficiência operacional, a disponibilidade mecânica e a produtividade específica e, ainda para determinar a influência dos corredores ecológicos na produtividade das máquinas de colheita florestal avaliadas no estudo.

4.4.1. Primeira Etapa

Correspondeu ao acompanhamento, no campo, das atividades operacionais de colheita da empresa (corte, extração e processamento da madeira), por meio de um estudo de tempos e movimentos (medição dos tempos efetivos e de interrupções do ciclo operacional de trabalho

das máquinas), visando obter informações importantes sobre as mesmas, com o intuito de fornecer subsídios para a avaliação do sistema de colheita florestal da empresa.

O Estudo de Tempos e Movimentos (ETM) realizado baseou-se na metodologia descrita por Barnes (1986), cujos objetivos foram medir o tempo total e os tempos parciais necessários para realizar as tarefas / atividades das máquinas, registrar o resultado do trabalho obtido com base nos tempos mensurados (rendimento) e, também, para compreender os fatores que exercem influência sobre as atividades desenvolvidas.

Na realização do ETM utilizou-se o método de tempo contínuo, com a medição dos tempos sem detenção dos dois cronômetros centesimais. Estes são da marca AX progressivo e regressivo com memória para 100 voltas e precisão de 0,01 s. Formulários específicos, conforme o ciclo operacional de cada máquina, foram empregados na coleta de dados.

Todas as atividades inerentes ao ciclo de trabalho foram relacionadas e descritas, identificando tempos produtivos e não produtivos (interrupções mecânicas, não mecânicas entre outras), para a determinação da disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade efetiva de cada máquina avaliada.

a) Disponibilidade Mecânica

Foi obtida por meio da relação entre o tempo de trabalho total destinado para a realização das atividades (tempo em que a máquina se encontrou apta para o desempenho de suas funções) e o período em que a mesma interrompeu o trabalho (por encontrar-se em manutenção). A seguinte expressão foi utilizada (BIRRO *et al.*, 2002):

$$DM = \frac{HT - HM}{HT} \times 100$$

Em que: DM = disponibilidade mecânica; HT = horas totais de trabalho; HM = horas em manutenção (abastecimento, realização de reparos e manutenção da máquina).

b) Eficiência Operacional

Foi obtida da relação entre o tempo de trabalho efetivo em que a máquina encontrou-se em atividade, e o período em que a máquina interrompeu o trabalho por qualquer motivo (paradas eventuais). Utilizou-se a seguinte expressão apresentada por Birro (2002):

$$EOp = \frac{Tef}{Tef + Hi} \times 100$$

Em que: EOp = eficiência operacional (%); Tef = tempo de trabalho efetivo, em horas; Hi = tempo de interrupções operacionais, em horas.

c) Produtividade Efetiva

Foi determinada por intermédio do ETM realizado para as máquinas avaliadas nas diferentes regionais da empresa, sendo obtida em metros cúbicos por hora efetiva de trabalho.

Assim, esta foi determinada com base no volume da madeira com casca (derrubada, extraída ou processada) em metros cúbicos e, no tempo efetivo necessário para efetuar cada operação.

Obteve-se o volume de madeira por intermédio da multiplicação do número de árvores derrubadas pelo volume médio destas em cada talhão. O volume médio das árvores foi determinado preliminarmente por cubagem, conforme dados fornecidos pela equipe de inventário da empresa.

O cálculo do rendimento operacional médio das operações mecanizadas de colheita florestal foi determinado mediante a seguinte equação (BIRRO *et al.*, 2002):

$$Pef (m^3/hf) = \frac{\sum Vol}{\sum Tef}$$

Em que: Pef = produtividade efetiva ($m^3.h^{-1}$); Vol = volume, em metros cúbicos de madeira com casca derrubada, processada ou arrastada (m^3); Tef = tempo efetivo de trabalho em horas.

4.4.2. Segunda Etapa

Consistiu no acompanhamento, em campo, de atividades operacionais de colheita florestal para levantamento de dados que permitissem estimar modelos representativos da influência de variáveis, relacionados com a presença de corredores ecológicos no interior dos talhões, na produtividade das máquinas avaliadas.

4.5. Caracterização das situações de trabalho avaliadas

Em duas situações de trabalho do *Feller Buncher* aplicou-se o estudo de tempo e movimentos para fins de comparação, podendo os dados referentes ao estudo das áreas avaliadas serem observados no Quadro 1. Os projetos PF1 e PF2 foram originados a partir do número de corredores ecológicos presentes nos talhões, em que, PF1 se refere à operação do *Feller Buncher* em um talhão com presença de corredores ecológicos e PF0 indica operação com a máquina em um talhão sem a presença de corredores ecológicos.

Quadro 1: Dados técnicos referentes às duas situações de trabalho avaliadas para o *Feller buncher*.

Dados	Projetos	
	PF1	PF0
Talhão	A1	A2
Área (ha)	23,78	24,59
Manejo	Alto Fuste	Alto Fuste
Espécie	<i>E. grandis</i>	<i>E. grandis</i>
Espaçamento (m)	3,00 x 3,00	3,00 x 3,00
Idade (anos)	11,7	10,8
Nº árvores por ha	921	1.088
DAP médio (cm)	19,5	16,1
Altura média (m)	32,1	24,9
Incremento médio anual (m³/ha/ano)	38,02	25,35
Volume com casca (m³/ha)	444,89	273,81
Volume médio por árvore (m³)	0,483	0,241
Nº de corredores ecológicos	1	0
Nº de saídas do talhão	3	4

PF1: Operação com o *Feller Buncher* no talhão A (com presença de corredores ecológicos); PF0: Operação com o *Feller Buncher* no talhão B (sem presença de corredores ecológicos).

Assim como, para o *Feller buncher*, duas situações de trabalho foram avaliadas para o *Skidder*, denominadas de projetos PS1 e PS0. Em que, PS1 se refere à operação do *Skidder* em um talhão com presença de corredores ecológicos e PS0 indica operação com a máquina em um talhão sem a presença de corredores ecológicos. Os dados provenientes das duas situações podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2: Dados técnicos referentes às duas situações avaliadas para o *Skidder*.

Dados	Projetos	
	PS1	PS0
Talhão	B1	B2
Área (ha)	25,05	35,75
Manejo	Alto Fuste	Alto Fuste
Espécie	<i>E. grandis</i>	<i>E. grandis</i>
Espaçamento (m)	3,00 x 3,00 m	3,00 x 2,80 m
Idade (anos)	11,5	10,1
Nº árvores por hectare	1042	920
DAP médio (cm)	18,60	14,70
Altura média das árvores (m)	28,80	21,10
Incremento médio anual (m ³ /ha/ano)	34,95	30,20
Volume com casca (m ³ /ha)	401,36	162,83
Volume médio por árvore (m ³)	0,37	0,18
Nº de corredores ecológicos	1	0
Nº de saídas do talhão	3	4
Distância média de extração por feixe (m)	118,56	86,58

PS1: Operação com o *Skidder* no talhão C (com presença de corredores ecológicos); PS0: Operação com o *Skidder* no talhão D (sem presença de corredor ecológico); DAP: diâmetro a 1,30 m do solo.

A principal diferença entre as duas situações apresentadas é a distância média de extração. Essa variável está diretamente ligada à presença de corredores ecológicos, pois quanto maior o número de corredores presentes no interior dos talhões, menor será o número de saídas de madeira do mesmo e, conseqüentemente, maior será a distância média percorrida por feixe pelo *Skidder*, afetando significativamente sua produtividade.

Para a Garra traçadora também foram analisadas duas situações de trabalho com objetivo de avaliar e determinar as principais diferenças entre elas. As mesmas foram designadas como projetos PG2 e PG1. Em que, PG2 se refere à operação da Garra traçadora em um talhão com presença de dois corredores ecológicos e PG1 indica operação com a mesma Garra em um talhão com a presença de um corredor ecológico. Os dados técnicos que representam cada uma das situações são mostrados no Quadro 3.

Quadro 3: Dados técnicos referentes às duas situações avaliadas para a Garra traçadora.

Dados	Projetos	
	PG2	PG1
Talhão	C1	C2
Área (ha)	6,05	18,93
Manejo	Alto Fuste	Alto Fuste
Espécie	<i>E. grandis</i>	<i>E. grandis</i>
Espaçamento (m)	3,00 x 3,00 m	3,00 x 3,00 m
Idade (anos)	11,41	8,75
Nº árvores por ha	1036	1080
DAP Médio (cm)	20	17,75
Altura média das árvores (m)	32,6	30,79
Incremento médio anual (m ³ /ha/ano)	45,89	46,34
Volume com casca (m ³ /ha)	523,47	405,55
Volume médio por árvore (m ³)	0,51	0,38
Nº de corredores ecológicos	2	1
Nº de saídas do talhão	2,5	3
Altura média de pilha (m)	2,23	1,42

PG2: Operação com a Garra traçadora no talhão E (com presença de dois corredores ecológicos); PG1: Operação com a Garra traçadora no talhão F (com presença de um corredor ecológico).

As principais diferenças apresentadas se referem ao diâmetro médio das árvores e principalmente a altura média das pilhas confeccionadas pela garra. Uma vez esta variável ser influenciada pela presença de corredores no interior do talhão, causando efeitos significativos na produtividade da Garra traçadora.

4.6. Descrição dos Elementos Parciais do Ciclo Operacional

As atividades efetivas englobaram todos os movimentos planejados que ocorreram repetitivamente durante o decurso do trabalho e que resultaram em produção ou, então, foram necessárias para a realização do trabalho.

a) *Feller Buncher*

Cortar/acumular: tempo despendido para realizar as operações de corte e acúmulo das árvores no cabeçote;

Manobrar/tombar: tempo despendido na atividade de girar a máquina sobre o conjunto de rodados, posicionar o feixe na direção desejada e depositá-lo no solo;

Interrupções operacionais: tempo gasto com paradas ocorridas repetidamente ou casualmente durante o decurso do trabalho, interrompendo a continuidade do ciclo operacional;

Interrupções mecânicas: tempo despendido para abastecimento, realização de reparos ou manutenção da máquina.

b) Skidder

Deslocamento vazio: deslocamento realizado da margem do talhão para o interior do mesmo, com o objetivo de proceder a fixação dos feixes;

Manobra de carregamento: tempo despendido para acumular feixes de madeira localizados no interior do talhão;

Deslocamento carregado: tempo gasto no deslocamento entre o final do carregamento e o início do descarregamento;

Manobra de descarregamento: tempo consumido para realizar o descarregamento dos feixes às margens do talhão;

Arrumar pilha: tempo despendido para organizar os feixes mal posicionados na pilha e alinhar a mesma;

Interrupções operacionais: tempo gasto com paradas ocorridas repetidamente ou casualmente durante o decurso do trabalho, interrompendo a continuidade do ciclo operacional.

Interrupções mecânicas: tempo despendido para o abastecimento, realização de reparos ou manutenção da máquina.

c) Garra Traçadora

Agrupar feixe: tempo gasto para que o operador acumule as árvores na garra e as organize no local estabelecido para processamento e empilhamento;

Bitolar feixe: tempo despendido para arrumar e medir os feixes na bitola estabelecida para processamento (5 m), conforme gabarito fixado na garra;

Traçar feixe: tempo consumido para seccionar o feixe acumulado na garra, em toretes;

Arrumar pilha: tempo gasto para depositar os toretes traçados sobre a pilha de madeira processada (verificado apenas em pilhas altas);

Interrupções operacionais: tempo gasto com paradas ocorridas repetidamente ou casualmente durante o decurso do trabalho, interrompendo a continuidade do ciclo operacional.

Interrupções mecânicas: tempo despendido para o abastecimento, realização de reparos ou manutenção da máquina.

4.7. Número de Amostras

Para o Estudo de Tempos e Movimentos (ETM) o número de ciclos operacionais coletados para cada máquina foi estabelecido com base na metodologia proposta por Barnes (1986).

Inicialmente, realizou-se um estudo piloto com a coleta 10 ciclos operacionais e, a partir desta amostra buscou-se estabelecer o número mínimo de medições, para um erro de amostragem fixado em 5%, a 95% de probabilidade, por meio da seguinte equação:

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

Em que,

n = número mínimo de ciclos;

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

CV = coeficiente de variação (%); e

E = erro admissível (%).

4.8. Métodos de Amostragem

Para o estudo da influência dos corredores ecológicos na produtividade das máquinas de colheita florestal mecanizada utilizou-se o método de amostragem seletiva, considerando diferentes situações de trabalho. Os talhões selecionados foram divididos em eitos de trabalho, sendo eles: eitos iniciais; eitos intermediários e eitos finais. Para garantir representatividade dos dados as amostras foram coletadas dentro de cada um dos eitos de trabalho mencionados anteriormente.

As amostras foram definidas em intervalos de uma hora, ou seja, após cada hora cronometrada de trabalho efetivo, era feito a medição da produção e, subsequentemente, cálculo da produtividade. É importante salientar que, no momento em que o operador interrompia a operação em paradas não operacionais, o cronômetro era retido, sendo este procedimento padronizado em todas as coletas de dados, a fim de evitar desvios dos dados.

Com base na variável de estudo e, juntamente com a equipe de engenheiros da empresa, foram selecionados através da análise dos mapas dos projetos, talhões com as características desejadas (florestas com baixa e alta influência de corredores ecológicos).

Procurou-se coletar as amostras em talhões de forma que, dentro de cada um deles, as condições de sub-bosque, terreno, declividade e padrão da floresta fossem as mais homogêneas possíveis, com maior parte da variabilidade causada pela variável de interesse (corredores ecológicos). Os operadores e máquinas avaliadas (indicados pela equipe técnica da empresa) foram mantidos os mesmos durante todo o período de coleta de dados para evitar discrepâncias de valores.

4.9. Análise Estatística

Foi realizada por meio de análise de regressão, utilizando-se os *softwares* *STATISTICA* 10 e o *Curve Expert Professional* 2.0.3, de modo a verificar a relação entre as variáveis dependentes (produtividade) e as variáveis independentes (volume médio por árvore para o *Feller buncher*, distância média de extração para o *Skidder* e, altura média de pilha e volume médio por árvore para a Garra traçadora). Os modelos 01, 02 e 03 foram ajustados para o *Feller Buncher*, *Skidder* e Garra Traçadora, nesta ordem.

$$y = a + bx \quad (\text{modelo 01})$$

$$y = a / (1 + be^{-cx}) \quad (\text{modelo 02})$$

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (\text{modelo 03})$$

Na análise estatística das equações, foram utilizadas como critérios de seleção as equações com maior coeficiente de determinação (R^2), seguidas pelo menor número de

variáveis independentes associadas e significância dos parâmetros. As variáveis testadas que não apresentaram influência estatística significativa foram descartadas do modelo.

4.10. Análise da Vantagem Financeira da Construção de Carreadores

Esta análise foi feita com objetivo de verificar a viabilidade da construção de carreadores entre o plantio e os corredores ecológicos, o que gera um custo extra para a empresa, mas por sua vez, um aumento no rendimento operacional das máquinas de colheita florestal, particularmente do *Skidder* e Garra traçadora. Com o aumento da área útil de depósito da madeira (maior perímetro do talhão) e a possibilidade de maior número de saídas das máquinas do talhão, a distância média de extração percorrida pelo *Skidder* e a altura média das pilhas de madeira processada pela Garra traçadora serão menores. Assim, esta análise serviu de base para indicar ou não a implementação desta intervenção por parte da empresa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise Técnica

Esta análise compreendeu além da avaliação dos tempos e movimentos das operações de colheita florestal da empresa, a determinação da influência dos corredores ecológicos na produtividade das máquinas avaliadas.

5.1.1. *Feller Buncher*

No estudo dessa máquina coletou-se 261 ciclos operacionais para o projeto PF1 e 70 para o PF0, uma vez o estudo piloto ter apontado a necessidade da coleta de no mínimo 156 e 51 ciclos, respectivamente. A distribuição percentual dos elementos do ciclo operacional do *Feller buncher* é mostrada na Figura 9. O tempo total gasto na coleta de dados no projeto PF1 foi de 7,54 horas, tendo sido derrubadas um total de 2.917 árvores, com média de 4,23 árvores por ciclo. Por sua vez no projeto PF0, a coleta correspondeu a 1,05 horas, com derrubada de 538 árvores e, média de 7,68 árvores por ciclo operacional.

Em cada ciclo de trabalho as atividades parciais de Cortar/Acumular (C/A), Manobrar/Tombar (M/T), Interrupções operacionais (Int-op) e Interrupções mecânicas (Int-

mec) foram consideradas mais relevantes, uma vez que, estas despenderam maior tempo médio e se repetiram em cada ciclo.

A Figura 9 apresenta a distribuição percentual dos tempos médios gastos na realização das atividades parciais do ciclo operacional do *Feller buncher*. O tempo compreendido entre as atividades de cortar e acumular, assim como, manobrar e tombar foi cronometrado simultaneamente, uma vez que, o operador realizava estas operações concomitantemente.

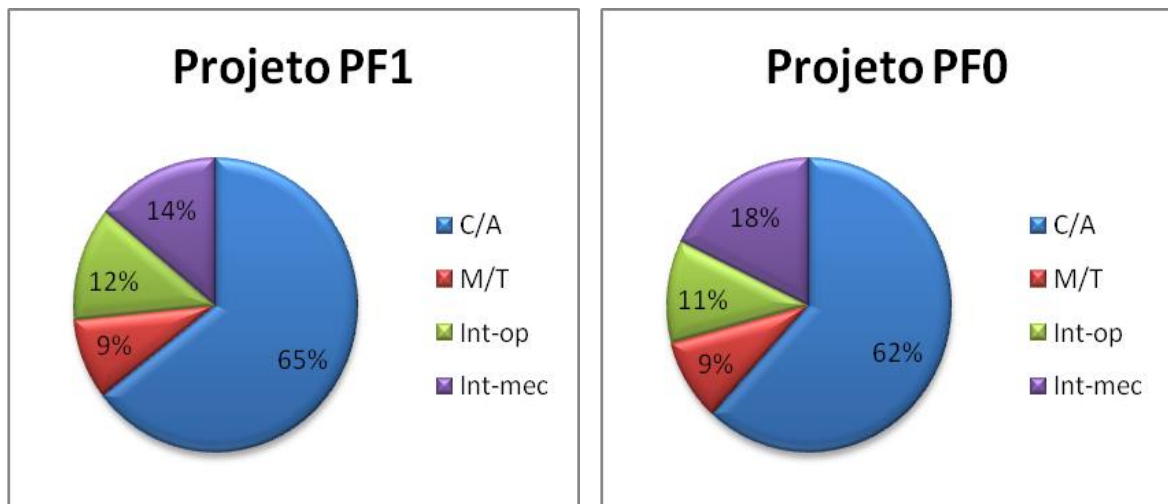


Figura 9: Distribuição percentual dos tempos médios gastos na realização das atividades parciais do ciclo operacional do *Feller buncher*.

Os elementos parciais que consumiram o maior tempo do ciclo operacional foram as atividades de cortar/acumular, com percentual de 65 % no projeto PF1 e 62% no projeto PF0, respectivamente. Simões (2008) em seu estudo encontrou valores semelhantes, correspondendo a um percentual de 64,87% para executar a atividade parcial “cortar” com o *Feller buncher*. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de operador ter que realizar esta operação várias vezes em um mesmo ciclo operacional, ou seja, cortar e acumular as árvores até atingir a capacidade máxima de carga do cabeçote.

As interrupções operacionais e mecânicas representaram respectivamente, 12 e 14% no projeto PF1 e 11 e 18% no projeto PF0, do tempo total de cada ciclo operacional.

As interrupções mecânicas corresponderam principalmente a manutenções preventivas diárias, mas, no projeto PF0, houve necessidade de parada da máquina para solda do cabeçote. A atividade efetiva de manobrar/tombar foi a que demandou menor tempo de execução, em ambas as situações avaliadas.

A Figura 10 exhibe os tempos gastos pelo *Feller buncher* para realizar cada operação, expressos em segundos. O tempo efetivo (sem considerar as interrupções operacionais e

mecânicas), em média, gasto para realizar o ciclo operacional do *Feller buncher* foi de 42,62 segundos no projeto PF1 e 53,44 segundos no PF0.

Comparando as duas situações observa-se que, a atividade de Cortar/Acumular no projeto PF0 demandou maior tempo de execução quando comparado ao primeiro, uma vez que, o número médio de árvores acumuladas por ciclo neste sistema foi maior que no PF1, devido nesta condição, os diâmetros das árvores serem menores.

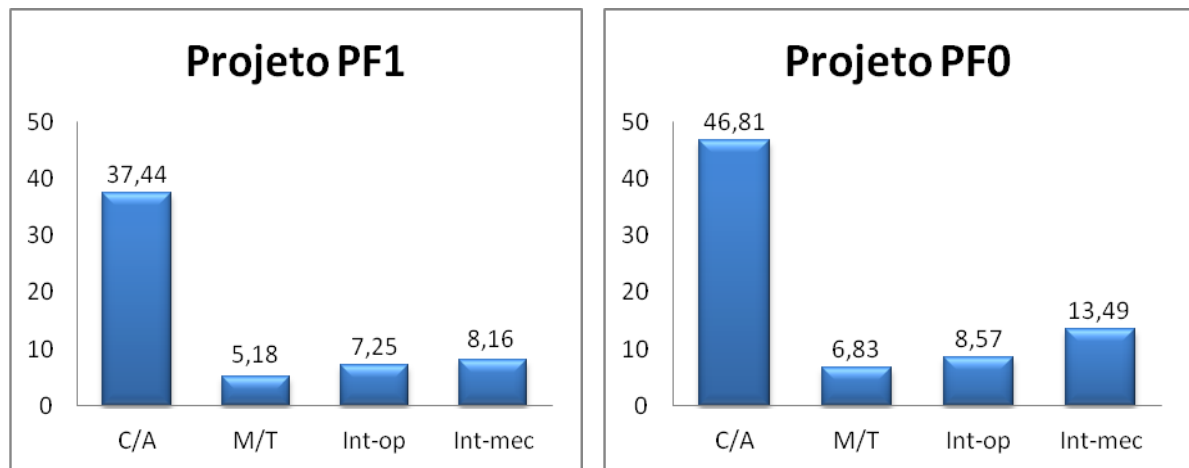


Figura 10: Distribuição dos tempos do ciclo operacional do *Feller buncher*, expressos em segundos.

A atividade manobrar e tombar correspondente ao segundo caso foi maior que no primeiro, fato esse explicado pelo maior cuidado que o operador tomou ao bascular o cabeçote para manter os feixes bem organizados, uma vez que este estava carregado com um maior número de fustes. Salienta-se que, quanto menor o volume médio por árvore, maior será a quantidade de fustes necessários para completar a capacidade do cabeçote *Feller*, exigindo maior atenção e habilidade do operador ao depositar o feixe de madeira no solo.

O *Feller buncher* estudado apresentou no projeto PF1 uma eficiência operacional de 82,6% e uma disponibilidade mecânica de 80,9%, valores superiores aos encontrados no projeto PF0, cujo percentual correspondeu a 82,4% de eficiência operacional e 74,9% de disponibilidade mecânica. Entretanto, apesar da disponibilidade mecânica no projeto PF0 ter ficado abaixo das metas preconizadas pela empresa (80%), os resultados podem ser considerados satisfatórios, em ambas as situações.

No projeto PF1 foram derrubadas, em média, 4,23 árvores por ciclo de trabalho, sendo a produtividade média por hora trabalhada de 115,83 m³/hora. No projeto PF0 colheu-se em média 7,54 árvores em cada ciclo, resultando em uma produtividade de 89,02 m³/hora. Explica-se este resultado aparentemente controverso pelo maior diâmetro médio das árvores

(0,48 cm no projeto PF1), contra 0,24 cm do projeto PF0. Portanto, o diâmetro é uma variável que influencia significativamente a produtividade desta máquina.

Levando-se em consideração a amplitude total dos dados coletados verificou-se que para as duas situações analisadas, o rendimento operacional efetivo médio foi de 102,43 (m³/hora) e de 445,08 (árv./hora). Ressalta-se que os valores encontrados se mostraram inferiores aos obtidos por Moreira et al. (2004), que variaram entre 500 e 542 árvores por hora efetiva de trabalho. Neste trabalho, no entanto, foram avaliadas árvores de maior diâmetro do que as mensuradas por Moreira et al. (2004). Sabe-se que quanto menor o volume por árvore, maior é a quantidade de fustes cortados por hora efetiva de trabalho, porém menor será o rendimento operacional.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bertin (2010), com o *Feller buncher* apresentando rendimento operacional efetivo de 107,29 (m³/hora) e de 475,08 (árv./hora).

5.1.2. Skidder

Coletou-se 42 ciclos operacionais para o projeto PS0 e 132 para o PS1, enquanto que o estudo piloto apontou a necessidade da coleta de no mínimo 28 e 66 ciclos, respectivamente.

A Figura 11 mostra a constituição média percentual dos elementos do ciclo operacional do *Skidder* avaliado. No ciclo de trabalho desse equipamento considerou-se relevante avaliar os seguintes elementos: Manobra de carregamento (Mca), Deslocamento carregado (Dc), Manobra de descarregamento (Mde), Deslocamento vazio (Dv), Arrumar pilha (Ap), Interrupções operacionais (Int-op) e Interrupções mecânicas (Int-mec).

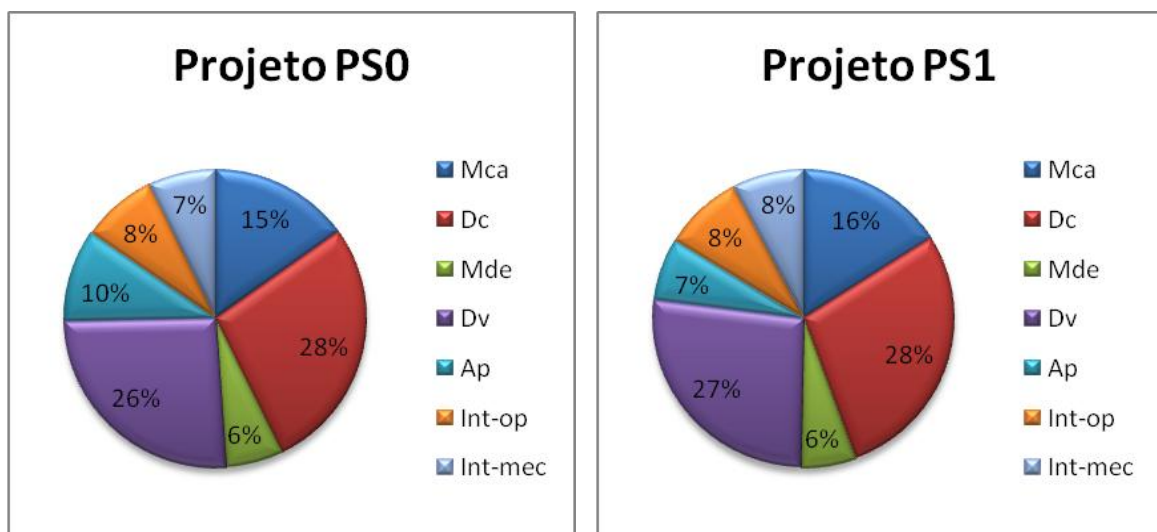


Figura 11: Distribuição percentual dos tempos médios gastos na realização das atividades parciais do ciclo operacional do *Skidder*.

O deslocamento carregado despendeu maior tempo médio, representando um percentual de 28% em ambas as situações analisadas. Resultado, esperado, pois a máquina passa a maior parte do tempo se deslocando no interior do talhão e, a partir do momento em que os feixes são recolhidos, a velocidade da mesma é reduzida devido ao peso das árvores acumuladas na garra de carregamento e resistência dos galhos pelo contato com o solo, aumentando assim o tempo necessário para realizar esta atividade.

Ao analisar as duas situações, percebe-se que a manobra de carregamento foi a terceira etapa com maior tempo de execução, apresentando percentuais de 15 e 16%, nos projetos PS0 e PS1, nesta ordem. Uma provável explicação para este resultado é a necessidade de o operador ter que parar a máquina, manobrar e utilizar os comandos da garra para recolher os feixes. E, ainda, pelo fato de ser uma atividade que se repete em um mesmo ciclo operacional.

Em uma análise geral, observa-se que o deslocamento carregado juntamente com o deslocamento vazio representam 54 e 55% do tempo total do ciclo operacional do *Skidder*, nas situações PS0 e PS1, respectivamente. Elementos estes, que variam em função da distância média de extração (variável relacionada com a presença de corredores no talhão), que por sua vez influencia a produtividade da máquina.

Fernandes *et al.* (2009), encontraram resultados semelhantes em seus estudos, onde os tempos de deslocamento sem carga e com carga, foram o que mais afetaram os tempos do ciclo operacional do *Skidder*.

A manobra de descarregamento foi a parcial que despendeu menor tempo de trabalho no ciclo operacional, devido ao baixo esforço exigido do operador ao ter que apenas acionar o comando de abertura da garra para descarregamento dos feixes. Esta operação apresentou percentuais de 6% em ambas as situações analisadas. O tempo percentual consumido na arrumação de pilha foi de 10 e 6%, nos projetos PS0 e PS1, respectivamente. Valores condizentes com a realidade, tendo em vista que esta operação ocorre esporadicamente durante a execução dos ciclos de trabalho.

Os percentuais dos tempos gastos nas interrupções operacionais e mecânicas foram bem parecidos nas situações avaliadas, flutuando entre 7 e 8%. Estes resultados corroboram com informações obtidas de funcionários da empresa, que apontaram o *Skidder* como o equipamento da colheita florestal com menor índice de paradas mecânicas. Observou-se durante o estudo que as interrupções mecânicas ocorreram apenas em decorrência de manutenções preventivas diárias.

A Figura 12 mostra o tempo médio, expresso em segundos, das atividades parciais do ciclo operacional do *Skidder*. No projeto PS0 o operador despendeu, em média, 134,99

segundos para realizar o ciclo operacional efetivo do *Skidder*, enquanto que no projeto PS1 esse tempo foi de 147,22 segundos.

Analisando os dados apresentados, percebe-se a divergência dos tempos gastos nos deslocamentos carregado e vazio. A diferença de tempo do projeto PS0 para o PS1, ao somarmos estes dois ciclos é de 11,6 segundos em cada ciclo operacional, ocasionada pela menor distância média de extração percorrida no projeto PS0 (86,58 m) onde não existe faixa ecológica, em relação ao PS1 (118,56 m) que apresentou uma faixa na margem do talhão.

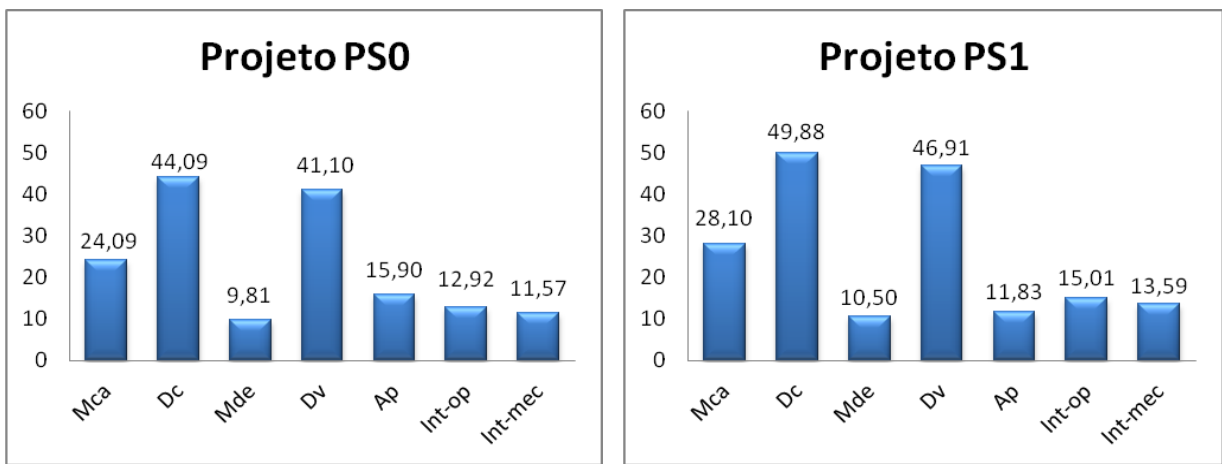


Figura 12: Distribuição dos tempos do ciclo operacional do *Skidder*, expressos em segundos.

Uma diferença pode ser observada no tempo consumido para efetuar a parcial Manobra de carregamento, que foi superior, em média, 4 segundos no projeto PS1 em detrimento ao PS0. Esse desvio se deve ao maior peso das árvores que formam os feixes no projeto PS1, exigindo maior potência da máquina ao recolher os mesmos deixando-a mais lenta.

Os tempos gastos nas interrupções operacionais e mecânicas foram maiores no projeto PS1 comparado ao PS0. A única parcial em que o tempo consumido foi maior na primeira situação em relação à segunda foi a arrumação de pilha que apresentou em média 4 segundos a mais em seu valor. Esta diferença pode estar relacionada com o porte das árvores em cada projeto, pois, espera-se que, quanto menor o diâmetro, maior será desorganização das mesmas na pilha, exigindo maior tempo de arrumação.

O resultado de eficiência operacional do *Skidder* foi de 90,5 e 89,9% e, da disponibilidade mecânica de 91,4 e 90,8%, nos projetos PS0 e PS1, respectivamente. Esta máquina, dentre as demais, apresentou o melhor rendimento em relação ao tempo efetivo de trabalho, devido ao baixo percentual de interrupções. Valores de disponibilidade mecânica semelhantes foram encontrados por Rocha *et al.* (2009) que obteve em seu trabalho

percentuais variando entre 86,6 e 90,9%. Com relação à eficiência operacional os percentuais encontrados neste trabalho ficaram acima dos obtidos por Rocha *et al.* (2009), provavelmente por causa do baixo tempo despendido nas interrupções operacionais.

A produtividade média por hora efetiva de trabalho foi de 113,41m³ para uma distância média de arraste de 86,58 metros no projeto PS0, e de 91,63 metros cúbicos de madeira no projeto PS1, percorrendo em média 118,56 metros.

Fiedler *et al.* (2008) verificaram em povoamento de *Eucalyptus grandis* que o *Skidder* apresentou rendimento operacional efetivo de 42,30 m³/hora. Essa divergência entre os resultados deve-se a diferença de distância média de extração, que é uma variável diretamente proporcional ao rendimento. No estudo realizado por Fiedler *et al.* (2008) a DME era de 230 metros, enquanto que, as distâncias de extração em ambas as situações analisadas neste estudo, em média, foram inferior, conforme citado anteriormente.

5.1.3. Garra Traçadora

O estudo piloto indicou um número mínimo de 22 e 34 ciclos a serem amostrados, porém para garantir maior representatividade dos dados, coletou-se 43 e 66 ciclos operacionais para os projetos PG2 e PG1, respectivamente.

A Figura 13 apresenta os percentuais dos tempos gastos nas atividades parciais que compõem o ciclo operacional da Garra traçadora. Os elementos operacionais analisados para esta máquina foram os seguintes: Agrupar feixe, Bitolar feixe, Traçar, Arrumar pilha, Interrupções operacionais (Int-op) e Interrupções mecânicas (Int-mec).

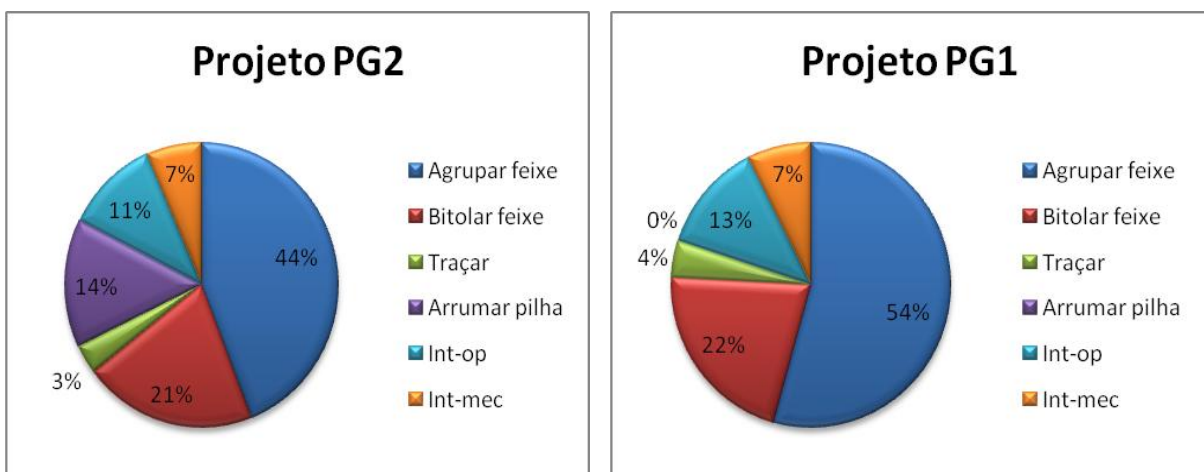


Figura 13: Distribuição percentual dos tempos médios gastos na realização das atividades parciais do ciclo operacional da Garra traçadora.

Verificou-se que a atividade parcial que despendeu maior tempo foi a “Agrupar feixe” que representou 44 e 54% do tempo total do ciclo operacional, nos projetos PG2 e PG1, nesta ordem. Estes percentuais se devem ao maior tempo gasto pelo operador para apanhar o feixe de madeira e posicioná-lo no local adequado de forma a garantir qualidade na confecção da pilha processada. Estes resultados corroboram com os obtidos por Fiedler *et al.* (2008) em que o elemento parcial do ciclo operacional da Garra traçadora que consumiu o maior tempo foi o tempo de recolhimento dos feixes de árvores.

O segundo elemento do ciclo operacional que demandou maior tempo de execução foi a parcial “Bitolar feixe” apresentando percentuais de 21% no projeto PG2 e 22% no PG1. Resultados coerentes com os esperados, visto que esta etapa exige precisão e habilidade do operador ao ter que medir, de acordo com o gabarito afixado no cabeçote traçador, o tamanho dos toretes a serem traçados. Uma padronização de aproximadamente 5 metros era exigida pela empresa.

A parcial “Traçar”, em ambas as situações analisadas, consumiu menor tempo para ser efetuada, uma vez que, para realizar esta atividade bastava ao operador, acionar o comando de corte do conjunto sabre-corrente. Os percentuais de tempo gasto nesta atividade foi de 3 e 4% para os projetos PG2 e PG1, respectivamente. Observou-se que este tempo aumentava de acordo com a perda de afiação da corrente, devido à dificuldade em cortar os feixes com o componente de corte danificado.

A principal diferença observada entre as duas situações, está relacionada com a parcial “Arrumar pilha” que não foi detectada no projeto PG1, porém no projeto PG2, apresentou um percentual de 14% do tempo total do ciclo operacional. A justificativa para tal resultado é a maior altura média de pilha constatada no primeiro caso, decorrente do maior número de corredores no talhão, em relação à segunda situação. Desta forma, durante a execução do ciclo operacional no projeto PG1, era necessário que operador interrompesse o ciclo normal de trabalho e dedicasse uma parte do tempo na execução desta atividade.

As principais “Interrupções mecânicas” observadas durante o decurso de trabalho desta máquina foram: as paradas para manutenção preventiva diária e, para substituição e recolocação da corrente, quando a mesma perdia afiação ou se soltava do conjunto de corte. Este elemento foi responsável por uma parcela percentual de 7% do tempo total gasto para realizar o ciclo operacional, em ambas as situações.

As interrupções operacionais demandaram 11 e 13% do tempo, nos projetos PG2 e PG1, nesta ordem.

A Figura 14 ilustra a constituição média dos tempos do ciclo operacional na operação de processamento com a Garra traçadora, expressa em segundos. O ciclo operacional efetivo médio da Garra traçadora foi concluído em 146,29 e 110,58 segundos para os projetos PG2 e PG1, respectivamente. Ao analisar esta figura, percebe-se que a parcial “agrupar feixe” não foi influenciada pelas diferentes condições que configuram as duas situações analisadas. Pois os tempos gastos para efetuar esta operação não apresentam diferenças relevantes.

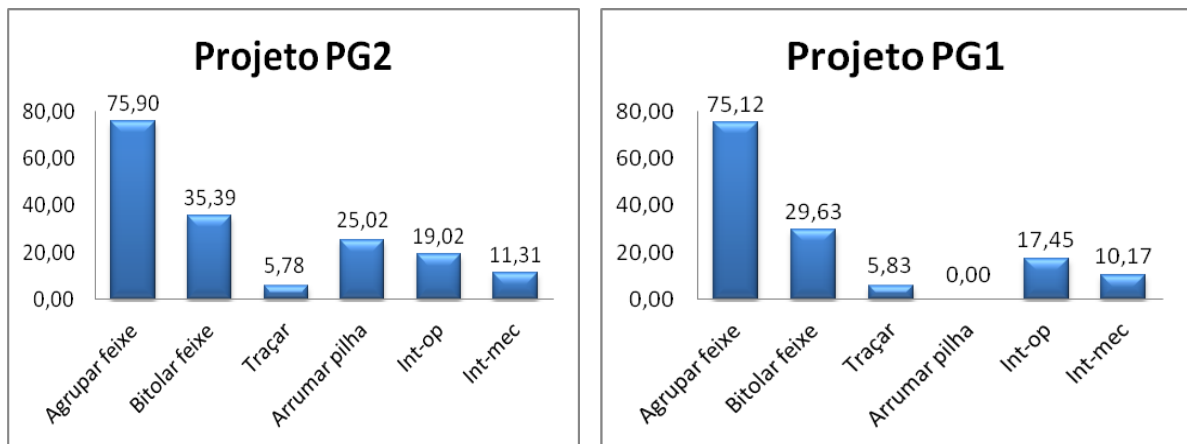


Figura 14: Distribuição dos tempos do ciclo operacional da Garra traçadora, expressos em segundos.

Diferenças expressivas foram observadas ao comparar a parcial “Bitolar feixe” nas situações apresentadas, onde foi detectado que no projeto PG2 o operador consumiu maior tempo para executar esta atividade que no projeto PG1. Uma provável justificativa se refere à maior potencia exigida da máquina ao manejar e posicionar feixes com maiores diâmetros e consequentemente maiores peso, deixando-a mais lenta ao efetuar tal atividade. Na análise deste elemento, a perda de tempo calculada, do projeto PG2 para o PG1, foi de 5,76 segundos em cada ciclo operacional.

A operação de “Traçar” a madeira não foi influenciada pelas características das situações analisadas, uma vez que os tempos compreendidos na realização desta parcial foram praticamente os mesmos em ambas as situações. Um dos fatores que contribuíram para este resultado foi o de ter mantido a mesma condição de afiamento da corrente do cabeçote traçador, em ambas as situações avaliadas.

Por outro lado, a operação que apresentou maior influência em relação à presença de corredores ecológicos foi a parcial “Arrumar pilha”, que demandou um tempo médio de 25,02 segundos no projeto PG2, enquanto que no projeto PG1, não houve necessidade de sua realização. O motivo deste evento é a menor altura média de pilha apresentada na segunda situação, onde o número de saídas do talhão era maior, devido a baixa frequência de

corredores no interior do mesmo. Enquanto que, no projeto PG2, o alto acúmulo de madeira nas bordas do talhão, decorrente da presença dos caorredores, exigiu a execução desta atividade, resultando em perdas de tempo e conseqüentemente produtividade. Esta etapa consistiu em retirar os toretes das partes mais baixas e realocar os mesmos em partes mais altas da pilha, com objetivo de liberar espaço para processamento dos feixes subseqüentes.

Os tempos gastos nas interrupções operacionais e mecânicas foram maiores no projeto PG2 em paralelo ao PG1. Ponderando todas as atividades parciais efetivas, foi observado para a Garra Traçadora uma eficiência operacional de 87,3% e disponibilidade mecânica de 92,0% no projeto PG2 e, 85,3% de eficiência operacional e 90,8% de disponibilidade mecânica no projeto PG1, os quais podem ser considerados percentuais elevados, porém próximo das metas estabelecidas pela empresa.

Certamente as condições decorrentes de cada situação avaliada afetaram a produtividade obtida para a Garra traçadora, que no projeto PG2 foi de 50,38 e no projeto PG1 de 73,49 metros cúbicos de madeira processada por hora. Resultados similares foram obtidos por Lopes (2008) onde a Garra traçadora avaliada produziu, em média, por hora efetivamente trabalhada, em três situações de trabalho, 50,16; 64,87 e 76,55 m³.

5.2. Análise da Influência de Corredores Ecológicos na Produtividade das Máquinas Avaliadas

Inicialmente ressalta-se que a produtividade real das máquinas (determinada em campo) e, empregada no ajuste das equações de regressão foi calculada apenas a partir dos tempos efetivos de trabalho, ou seja, desconsiderando as interrupções mecânicas. Esta decisão baseou-se tão somente na necessidade de assegurar a não influência de fatores externos sobre os resultados.

5.2.1. *Feller Buncher*

Constatou-se que a atividade de corte com o *Feller buncher* praticamente não foi influenciada pela presença de corredores ecológicos no interior dos talhões. No entanto, existe uma perda de produtividade, pois, dependendo da localização da faixa no talhão é necessário realizar a operação de abertura de oito duas vezes, porém esta redução não é significativa. Logo, a variável “número de saídas do talhão” ligada diretamente ao fator corredor ecológico foi excluída do modelo proposto inicialmente.

Apesar deste resultado ser esperado, optou-se em continuar as análises, na tentativa de identificar outra variável que pudesse provavelmente acarretar efeitos relevantes na produtividade desta máquina. Assim, constatou-se que a produtividade do *Feller buncher* em florestas de baixo volume médio por árvore foi inferior à de maior volume, indicando serem mais pronunciadas as perdas de desempenho quanto menor for o padrão da floresta.

Uma explicação provável para tal fato é que árvores de maiores volumes atingem a capacidade máxima de carga do cabeçote em menor tempo e, com isso, o operador gasta um menor tempo na execução do ciclo operacional, devido ao menor número de atividades parciais desta etapa (carregamento do cabeçote).

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise de regressão para o estudo da variável dependente (produtividade) do *Feller buncher*, influenciado pela variável independente “volume médio por árvore”.

Tabela 2: Equação de regressão ajustada para a determinação da produtividade do *Feller buncher*.

Variável (Y)	Equação ajustada	R ²
Produtividade	$Y = 67,02 + 91,22VMA$	0,93

VMA: volume médio por árvore.

O modelo de regressão linear proposto explicou 93% da variabilidade da variável resposta, sendo a produtividade diretamente proporcional ao volume médio por árvore. Ou seja, na medida em que a produtividade da floresta aumenta a do *Feller buncher* também tende a aumentar, indicando que a produtividade do talhão influencia significativamente o rendimento operacional dessa máquina. Ressalta-se que o aumento de produtividade desta máquina devido ao aumento da produtividade da floresta ocorre até um determinado limite, pois é necessário levar em consideração algumas características, como por exemplo, potência do equipamento, capacidade de carga útil do cabeçote, entre outras.

Estudos realizados por Valverde (1996) e Moreira (2000) apresentaram resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, apontando que as máquinas empregadas na operação de corte e derrubada de madeira são sensíveis às distintas classes de volume médio por árvore e, portanto, seu rendimento em termos de volume por unidade de tempo, tende a crescer com o aumento do volume médio por árvore.

5.2.2. Skidder

Os talhões permeados ou delimitados por faixas de vegetação nativa apresentam em decorrência disso, menores possibilidades de saída de madeira, inviabilizando assim o empilhamento de toras nesses locais. Consequentemente, o operador tem que percorrer uma maior distância de arraste para amontoar os feixes de madeira em outras margens do talhão, ocasionando aumento da Distância Média de Extração (DME). Nesse sentido, aumento na DME afeta expressivamente a produtividade do *Skidder*.

Durante a análise dos dados detectou-se que a variável “volume médio por árvore” afetava o rendimento desta máquina, porém não foi possível determinar a influência desta variável, pois não houve grau de liberdade suficiente para ajuste de regressão, por se tratar de dados provenientes de apenas dois talhões. Logo, foi permitido ajustar, para cada talhão, uma regressão contendo somente a variável independente DME, afetada diretamente pela presença de corredores ecológicos em áreas reflorestadas.

Os resultados da análise de regressão realizada para o *Skidder* são exibidos na Tabela 3. Conforme esperado, a distância média de extração percorrida por feixe de madeira influenciou significativamente o rendimento operacional desta máquina. Pois a equação estimada explicou 96 e 97% da variabilidade da variável resposta, em ambos os talhões analisados, respectivamente. A produtividade apresentou comportamento inversamente proporcional a DME.

Birro (2002), avaliando a extração de madeira com “Track-skidder” em região montanhosa, relatou que, aumentando a distância de extração, o deslocamento da máquina passou a ser um item significativo em seu ciclo de operação, afetando bastante a eficiência operacional do equipamento.

Tabela 3: Equação de regressão ajustada para a determinação da produtividade do *Skidder*.

Talhão	Variável (Y)	Equação ajustada	R ²
01	Produtividade	$Y = 56,007 / (1 + ((-0,9687)\text{Exp}(-0,007729\text{DME}))$	0,96
02	Produtividade	$Y = 9,038 / (1 + ((-0,9808)\text{Exp}(-0,000198\text{DME}))$	0,97

DME: distância média de extração em metros.

Mesmo que não incluída no modelo percebeu-se que a variável “volume médio por árvore” influencia de forma relevante a produtividade, pois a média do rendimento operacional do *Skidder* no talhão 01 foi de 94,11 m³/h percorrendo uma DME de 104,35 m.

Enquanto que, para o talhão 02 o rendimento operacional foi de 167,34 m³/h, para uma DME de 168,7 metros.

A tendência observada se deve ao maior volume médio por árvore apresentado no talhão 02 (0,398 m³) se comparado ao talhão 01 (0,177 m³). Uma vez que, árvores de maiores diâmetros resultam em feixes com maiores volumes de madeira. Estes, por sua vez, atingem em menor tempo, a capacidade máxima de carga da garra do *Skidder*, exigindo que o operador realize a parcial “manobra de carregamento” menos vezes durante os ciclos operacionais. Diminuindo assim, o tempo de execução da atividade e por consequência, aumentando a produtividade da máquina. Logo pode-se inferir que, quanto maior o volume médio por árvore maior será a produtividade do *Skidder*.

Fernandes *et al.* (2009) também observaram esta tendência, onde os melhores resultados obtidos para a operação de extração de madeira, foram verificados em floresta de alto padrão, permitindo-o a concluir que o rendimento do *Skidder* está diretamente associado com a produtividade do talhão.

5.2.3. Garra Traçadora

O número de saídas de madeira nos talhões impacta diretamente o volume de madeira acumulado na borda do mesmo. Um alto volume de madeira empilhado em locais com pouco espaço para processar os feixes, afeta negativamente a produtividade da Garra traçadora. O fator gerador deste problema é a presença de corredores ecológicos no interior do talhão que, dependendo da quantidade e localização, provocam redução dos locais disponíveis para empilhamento das árvores extraídas pelo *Skidder*.

As variáveis independentes mensuradas e avaliadas no estudo da Garra traçadora foram o “volume médio por árvore” e “altura de pilha”, uma vez que foram observadas oscilações da produtividade diante de mudanças sofridas nestas variáveis.

A equação estimada pela análise de regressão é mostrada na Tabela 4, juntamente com seu respectivo coeficiente de determinação. Observa-se que juntas as variáveis VMA e AMP explicaram 83% da variância da produtividade da Garra traçadora.

Tabela 4: Equação de regressão ajustada para a determinação da produtividade da Garra traçadora.

Variável (Y)	Equação ajustada	R ²
Produtividade	$Y = 113,36 - 45,86VMA - 17,53AMP$	0,83

VMA: volume médio por árvore (m³); AMP: altura média de pilha (m).

A partir dos resultados constatou-se que as relações de proporcionalidade entre a variável dependente e as independentes se comportam em sentido inverso, ou seja, quanto maior os valores de VMA e AMP, menor será a produtividade da Garra traçadora.

Uma provável explicação para essa tendência deve-se à maior dificuldade em efetuar a operação “bitolar feixe” nas pilhas com maiores VMA, provocando perdas de tempo nesta atividade. Com relação à AMP elevada, o tempo gasto para retirar os toretes do solo e depositá-los sob a pilha já processada, provoca redução da produtividade, uma vez que em condições inversas (AMP baixa), não é necessário realizar esta etapa.

5.3. Simulação de Perdas de Produtividade

Para quantificar as perdas de produtividade oriundas da influência das variáveis que mais afetaram o desempenho das máquinas de colheita florestal foi feita uma simulação de cenários, para detectar as situações que apresentam os melhores e piores resultados.

A proposição dos diferentes cenários baseou-se na abrangência do intervalo de variação dos dados levantados, ou seja, variando as variáveis independentes desde o menor até o maior valor encontrado. Desta forma, para facilitar as análises e a compreensão das mesmas, definiu-se intervalos regulares envolvendo a amplitude total dos dados coletados referente às variáveis independentes. As equações ajustadas foram utilizadas para estimar a produtividade em cada cenário proposto.

5.3.1. *Feller Buncher*

Para a simulação de perdas de produtividade desta máquina os diferentes cenários propostos se referem às perdas de rendimento provocadas pelas reduções no “volume médio por árvore”.

Por intermédio do Quadro 4 verifica-se que, a medida que o “volume médio por árvore” diminui ocorre redução da produtividade do *Feller buncher*. A melhor condição encontrada foi nos povoamentos com maiores valores de VMA, alcançando uma produtividade de 112,64 metros cúbicos de madeira derrubada por hora efetiva de trabalho.

Quadro 4: Estimativa da produtividade do *Feller buncher* para diferentes cenários propostos.

Cenários	Variável X	Variável Y	Redução de Produtividade (%)
	Volume médio por árvore (m ³)	Produtividade (m ³ /h)	
F1	0,50	112,64	-
F2	0,40	103,51	8,10
F3	0,30	94,39	16,20
F4	0,20	85,27	24,30

Verifica-se que à medida que o valor de VMA diminui, a produtividade também diminui, chegando a atingir uma redução percentual de 24,30% (cenário F4) em comparação com a melhor condição encontrada (cenário F1).

5.3.2. *Skidder*

Para o *Skidder*, como não foi possível determinar a influência da variável “volume médio por árvore”, os cenários estabelecidos expressam a redução de produtividade devido às alterações sofridas pela variável “distância média de extração”. A equação ajustada para o talhão 01 (Tabela 3) foi utilizada para estimar a produtividade desta máquina. O Quadro 5 mostra as perdas percentuais provocadas pela influência desta variável.

Quadro 5: Estimativa da produtividade do *Skidder* para diferentes cenários propostos.

Cenários	Variável X	Variável Y	Redução de Produtividade (%)
	DME (m)	Produtividade (m ³ /h)	
S1	80,00	117,16	-
S2	100,00	101,32	13,52
S3	120,00	90,80	22,50
S4	140,00	83,38	28,84
S5	160,00	77,92	33,49

DME: Distância média de extração (m).

Mediante análise dos resultados, verificou-se que a perda de produtividade mais acentuada aconteceu no cenário S5, onde ocorreu uma redução de 33,49% para uma distância de extração de 160 metros. Percebeu-se atenuação deste valor ao diminuir a DME. O melhor cenário foi o S1 onde a produtividade em metros cúbicos por hora alcançou o valor de 117,16, com o *Skidder* percorrendo uma DME de 80 metros.

5.3.3. Garra Traçadora

Os cenários propostos para quantificar a perda de produtividade da Garra traçadora levaram em consideração as flutuações sofridas pelas variáveis “volume médio por árvore” e “altura média da pilha”. Estes cenários mostram, separadamente, as perdas decorrentes do VMA (Quadro 6) e da AMP (Quadro 7).

Quadro 6: Estimativa da produtividade da Garra traçadora para diferentes cenários propostos.

Cenários	Variável X1	Variável X2	Variável Y	Redução de Produtividade (%)
	Volume médio por árvore (m ³)	Altura média da pilha (m)	Produtividade (m ³ /h)	
G1	0,2	2,0	69,14	-
G2	0,3	2,0	64,55	6,63
G3	0,4	2,0	59,97	13,27
G4	0,5	2,0	55,38	19,90
G5	0,6	2,0	50,80	26,53

O volume médio por árvore causou reduções de até 26,53 por cento na produtividade da Garra traçadora. Valor este, observado no cenário G5 onde o VMA foi de 0,6 m³. Melhores resultados foram obtidos em locais onde se observou menores valores de VMA.

Quadro 7: Estimativa da produtividade da Garra traçadora para diferentes cenários propostos.

Cenários	Variável X1	Variável X2	Variável Y	Redução de Produtividade (%)
	Volume médio por árvore (m ³)	Altura média da pilha (m)	Produtividade (m ³ /h)	
G6	0,4	1,0	77,49	-
G7	0,4	1,5	68,73	11,31
G8	0,4	2,0	59,97	22,62
G9	0,4	2,5	51,20	33,93
G10	0,4	3,0	42,44	45,24

A influência da variável “altura média de pilha” seguiu a mesma tendência do VMA, ou seja, quanto maior o valor de AMP maior o percentual de reduções na produtividade da Garra traçadora. Porém, neste caso, as perdas ainda foram mais expressivas, chegando a representar 45,24% de redução (cenário G10), comparativamente a melhor condição (cenário G6).

Constatou-se que, a diminuição da altura média de pilha ocasiona aumento da produtividade, verificando-se esta tendência até o valor mínimo de um metro de altura. Acredita-se assim que esta tendência possa mudar caso a AMP seja menor que este valor.

Outros cenários resultantes da interação entre as variáveis independentes VMA e AMP podem levar há perdas de produtividades ainda maiores no processamento de madeira com a Garra traçadora.

5.4. Análise da Vantagem Financeira da Construção de Carreadores

A operação de corte e derrubada com o *Feller buncher* não foi considerada nesta avaliação, uma vez esta atividade não ter sido significativamente afetada pela presença de corredores de vegetação nativa nas bordas dos talhões.

Assim, para esta análise foi considerado dois talhões com mesmas dimensões e características semelhantes, sendo a diferença entre eles se referindo apenas à presença ou ausência de corredores de vegetação nativa nas bordas dos mesmos. Esta análise se propõe a verificar a viabilidade econômica de construção de um carreador entre o corredor ecológico e o plantio de eucalipto, com objetivo de diminuir a distância média de extração percorrida pelo *Skidder* e altura média de pilha confeccionada pela garra traçadora no processamento da madeira. O Quadro 8 apresenta as características dos dois talhões hipoteticamente propostos.

Quadro 8: Características dos talhões propostos

Item	Talhões	
	TN1	TN2
Faixa	Ausente	Presente
Numero de lados disponíveis para arraste e depósito de madeira	4	3
DME (m)	104,35	168,70
Produtividade estimada do <i>Skidder</i> (m³/h)	98,68	75,98
AMP (m)	1,07	1,61
Produtividade estimada da Garra traçadora (m³/h)	78,10	68,81
Dimensões (m)	600 x 500	600 x 500
Área (ha)	30	30
Perímetro útil (m)	2200	1600
Espaçamento (m)	3 x 3	3 x 3
Nº de árvores por hectare	1.111	1.111
Volume médio por árvore (m³)	0,36	0,36
Volume (m³/ha)	400	400
Volume total (m³)	12000	12000

TN1: talhão 01; TN2: talhão 02.

As figuras 15, 16 e 17 mostram a representação esquemática (croquis) dos talhões propostos, com a presença e ausência de faixa de vegetação ecológica. E, ainda, conforme sugerido, a representação de um talhão com carreador construído entre a faixa de vegetação

nativa e a área plantada. Estas, também apresentam a quantidade de lados e as direções em que é possível arrastar e empilhar a madeira de acordo com cada situação.

Percebe-se que, com a construção do carregador no talhão que apresenta o corredor ecológico (Figura 17), o número de saídas da madeira e o perímetro útil de empilhamento dos feixes são semelhantes ao talhão sem interferência da faixa (Figura 15). Esta é a condição ideal, pois proporciona utilização máxima das rotas de extração diminuindo o percurso do *Skidder* e, distribuição uniforme dos feixes de madeira em todo perímetro do talhão, otimizando o trabalho da Garra traçadora, resultando em maior rendimento operacional nestas etapas da colheita.

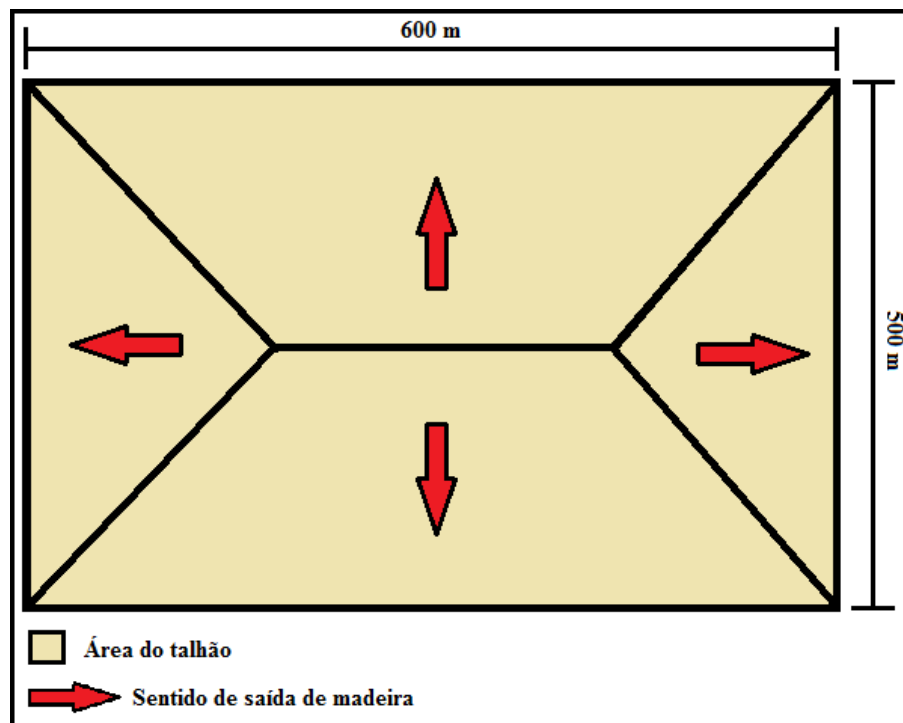


Figura 15: Representação esquemática do talhão sem corredor ecológico

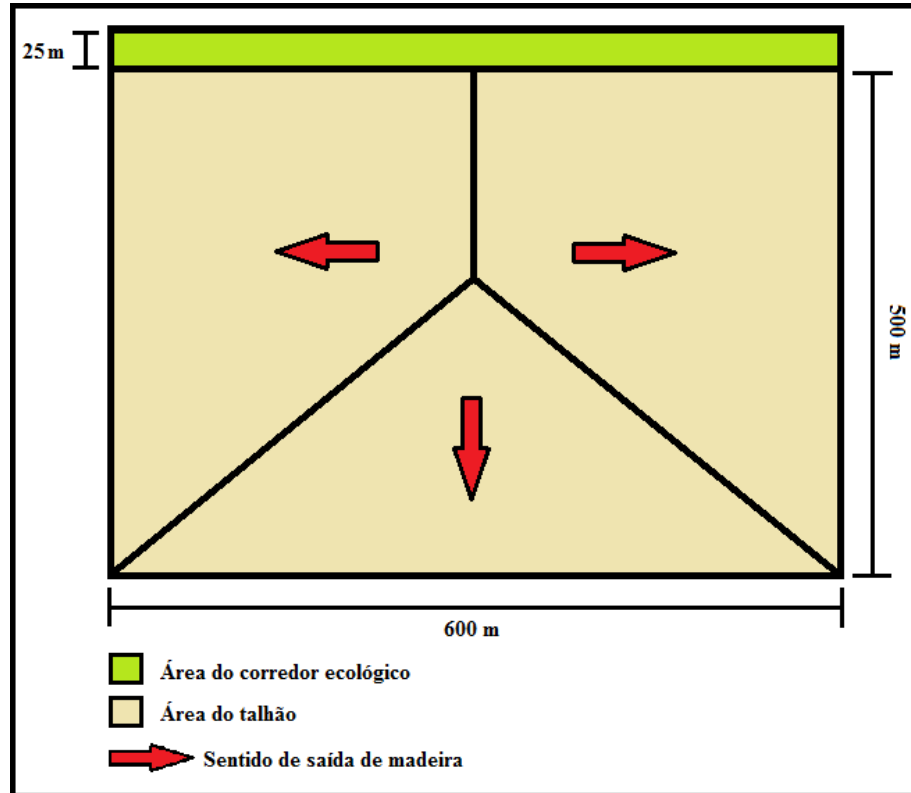


Figura 16: Representação esquemática do talhão com corredor ecológico

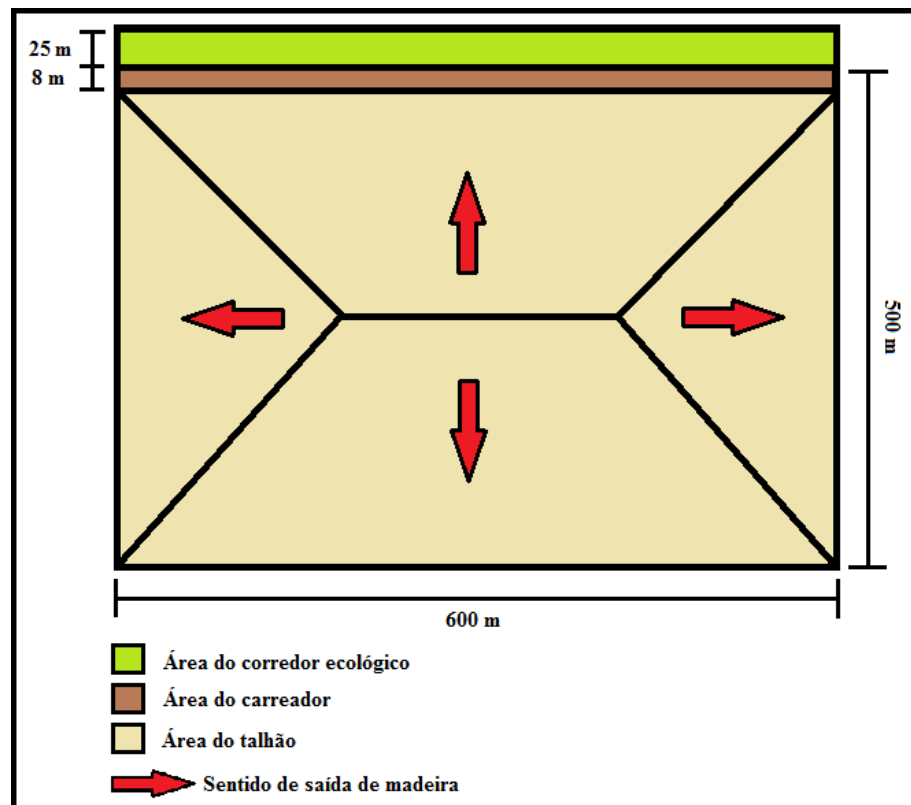


Figura 17: Representação esquemática do talhão com corredor ecológico e o carreador a ser construído.

A distância média de extração e altura média de pilha consideradas corresponderam a dados coletados em campo. A partir das equações de regressão ajustadas estimou-se a produtividade do *Skidder* e da Garra traçadora para os dois talhões avaliados. Com a informação de rendimento operacional das máquinas, em metros cúbicos por hora efetiva de trabalho, foi possível calcular o número de horas necessárias para extrair e processar toda a madeira contida nos talhões propostos.

Os dados financeiros de custo de construção de carregadores (R\$/m²) e valor de locação do *Skidder* e Garra traçadora (R\$/hora) foram fornecidos por prestadores de serviços da região de realização do trabalho. O valor de construção do carregador engloba as seguintes atividades: corte das árvores, destoca (retirada de tocos), limpeza e terraplanagem da área.

A partir desses valores calculou-se o custo de construção de um carregador com as seguintes dimensões: 600 metros de comprimento (equivalente à extensão do corredor ecológico) e largura de 8 metros (definida pelos técnicos da empresa), totalizando 4.800 metros quadrados de área (Quadro 9). O custo de construção do carregador em R\$/ha foi calculado levando em consideração a área do carregador em hectares, ou seja, 0,48 ha.

Quadro 9: Custos de construção do carregador

Dimensões (m)	Área (m²)	Custo (R\$/m²)	Custo total (R\$)
600 x 8	4800	0,72	3437,68

Em seguida, prosseguiu-se a análise financeira confrontando os custos de construção do carregador com os ganhos de produtividade, expressos em reais, nas atividades de extração e processamento da madeira.

O Quadro 10 apresenta os custos de colheita para os dois talhões avaliados. O total de horas trabalhadas (HTT) necessárias para extrair e processar toda a madeira contida no talhão foi calculado dividindo o volume total de madeira (m³) existente no talhão correspondente, pela produtividade em metros cúbicos por hora efetiva do *Skidder* e da Garra traçadora.

Desta forma, o número de horas trabalhadas no talhão sem interferência dos corredores foi de 121,61 horas para o *Skidder* e 153,65 horas para a Garra traçadora. Enquanto que, no talhão com presença da faixa ecológica, estas corresponderam a 157,94 e 174,39 horas de trabalho para o *Skidder* e Garra traçadora, respectivamente.

Quadro 10: Custos da colheita florestal mecanizada para as duas situações propostas

Talhão	Máquinas	Prod. (m³/h)	HTT	Custo (R\$/hora)	Custo por máquina (R\$)	Custo total (R\$)
Sem faixa	<i>Skidder</i>	98,68	121,61	350	42.561,68	88.658,57
	G. traçadora	78,10	153,65	300	46.094,75	
Com faixa	<i>Skidder</i>	75,98	157,94	350	55.277,70	107.795,68
	G. traçadora	68,91	174,39	300	52.317,98	
Diferença (R\$)						18.939,12

Prod.: produtividade; HTT: número total de horas trabalhadas.

Ao somar as horas trabalhadas do *Skidder* e da Garra traçadora em cada talhão, percebe-se uma diferença de aproximadamente 57,08 horas de trabalho do talhão sem corredor para o talhão com corredor, representando um aumento de 36,33 horas na extração e 20,74 no processamento da madeira.

Essa diferença, em termos de rendimento econômico, representa um ganho de R\$ 18.939,12 ao comparar o talhão sem corredor com o talhão que apresenta corredor. Subtraindo deste valor, o custo de construção do carreador que foi de R\$ 3437,68, tem-se ainda um ganho de R\$ 15.501,44, equivalente a R\$ 516,71 por hectare, devido ao aumento de produtividade decorrente da construção do carreador. Pode-se ainda, somar a este ganho econômico, a redução de tempo nas atividades de corte e processamento da madeira, devido ao aumento do rendimento operacional das máquinas envolvidas nestes processos.

Constatou-se assim com esta análise que, os ganhos de produtividade no ciclo operacional do *Skidder* e da Garra traçadora ocasionados pela construção do carreador superam os custos de construção do mesmo. Assim conclui-se que a adoção desta intervenção é uma alternativa viável para solucionar o problema da influência dos corredores ecológicos no rendimento das etapas de extração e processamento da madeira na colheita florestal mecanizada.

6. CONCLUSÕES

A disponibilidade mecânica e eficiência operacional das máquinas avaliadas foram adequadas, devido ao baixo tempo despendido com interrupções operacionais e mecânicas, tendo o *Skidder* apresentado a melhor disponibilidade mecânica (91,1%) e a maior eficiência operacional (90,4%).

O *Feller buncher* apresentou a menor disponibilidade mecânica (77,9%) e eficiência operacional (82,5%), devido ao maior número de interrupções ocorridas durante seu ciclo de trabalho.

O *Skidder* apresentou também a maior produtividade média (103,57 m³ por hora efetiva de trabalho) seguido do *Feller buncher* (102,43) e Garra traçadora (61,94).

O rendimento operacional / produtividade do *Feller buncher* não foi afetado por corredores ecológicos na borda dos talhões, no entanto, este foi diretamente influenciado pela variável “volume médio por árvore”, que explicou 93% de sua variação.

A presença de corredores ecológicos nas bordas dos talhões afetou a produtividade do *Skidder* (aumento da DME) e da Garra traçadora (aumento da altura média de pilha).

Os principais fatores que influenciaram a duração do ciclo operacional e a produtividade da Garra traçadora foram a altura média das pilhas e o volume médio por árvore, ambos explicando mais de 80% da variabilidade da variável resposta.

A análise de regressão mostrou que a produtividade do *Feller buncher* foi influenciada pelo volume de madeira por árvore, do *Skidder*, pela distância média de extração e pelo volume do feixe de árvores e, da Garra traçadora, pelo volume da madeira e altura média da pilha;

As perdas de rendimento devido a influência das variáveis influentes mencionadas foram de: até 22% para o *Feller buncher*, 30% para o *Skidder* e 45% para a Garra traçadora;

A análise de regressão apontou que o ciclo operacional do *Skidder* foi influenciado pela distância média de extração percorrida por feixe, que explicou mais de 90% da variabilidade do rendimento operacional desta máquina. A produtividade desta máquina tendeu a crescer com o acréscimo do volume médio por árvore.

A construção de carregadores se mostrou uma alternativa viável para reduzir as perdas de produtividade geradas pela presença de corredores ecológicos nas bordas dos talhões, gerando um retorno financeiro positivo.

7. RECOMENDAÇÕES

No planejamento de novos povoamentos florestais recomenda-se projetar a implantação de corredores ecológicos de forma que estes se localizem exatamente no meio do talhão. Nesta configuração é possível direcionar os feixes para todos os lados do talhão, uniformizando a retirada dos fustes, possibilitando a otimização da DME, assim como, da altura das pilhas geradas na etapa de processamento, não acumulando madeira em espaços insuficientes para comportá-la. Esta situação seria a ideal, uma vez não afetar a produtividade da colheita e, ainda, contribuindo para a preservação e conservação do meio ambiente.

A alternativa de utilizar ou não carreadores entre a área plantada e os corredores ecológicos deve ser analisada confrontando os ganhos de produtividade das máquinas de colheita florestal com os custos de construção desta infraestrutura.

Sugere-se avaliar e quantificar a influência da variável “volume médio por árvore” no rendimento operacional do *Skidder*, buscando-se ajustar uma equação que tenha como variáveis independentes a distância média de extração e o volume médio por árvore.

Outros fatores também podem afetar a produtividade das máquinas de colheita florestal, tais como, experiência do operador, condições da máquina, sistema de colheita, condições do terreno e do povoamento, devendo os mesmos ser levados em consideração na estimativa de rendimento em outras situações.

Repetir a análise em áreas com características diferentes a esta e que, contenha outros fatores de influência.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. F. “Influência do tipo de vegetação nas populações de aves em uma floresta implantada de *Pinus spp*, na região de Agudos-SP”. **Ipef**, n. 18, jun. 1979.

BARNES, R.M. **Estudos de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1986. 635p.

BERTIN, V. A. S. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1ª rotação**. Botucatu, SP: UNESP, 2010. 148 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, 2010.

BERTOLA, A. “**Eucalipto: Verdades e Mentiras**”. 28p. 2013. Disponível em http://www.celuloseonline.com.br/dr_celulose_files/dc009.pdf. Acessado dia 12/11/2013 às 21:15 horas.

BIRRO, M. H.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore: Viçosa, MG**, v. 28, n. 2, p. 207-217, 2002.

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

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

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

CANTO, J. L.; **Diagnóstico da colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo**. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

DAVIDSON, J. “**Setting aside the idea that eucalyptus are always bad**”. UNDP/FAO project Bangladesh BGD/79/017, 1985 (Working Paper, 10).

DURAFLORES, S. A. Técnicas silviculturais objetivando minimizar impactos ambientais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS / SBEF, 1990. p. 98-103.

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

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; MINETTE, L. J.; RINALDI, P. C. N.; BERNARDES, A. N. 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. DA; LOPES, E. DA S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 4, p. 577-586, out./dez. 2008.

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

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil.** Belo Horizonte: 1978. 66 p. PRODEPEF, PNUD/FAO/IBDF/BRA -45. (Série Técnica, 11).

GREUDLICH, F. G.; HANLEY, D. P.; MCNEEL, J. F.; BAUMGARTNER, D. **A primer for timber harvesting.** Washington, DC: Washington State University, 33 p. 1996.

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

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

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de Tecnologias Apropriadas às Operações Florestais em Países em Desenvolvimento**, Helsink: Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo da Finlândia. Parte 2. Programa de Treinamento Florestal Publicação, n.9, 1994, 202 p.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; SANTOS, N. T.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 215-222, set. 2008.

LOPES, E.S. Capacitação profissional frente às inovações tecnológicas. **Revista Opiniões**. jun.- ago. p. 41. 2010.

LOPES, E. S. **Máquinas e implementos utilizados na Colheita Florestal**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

MACHADO, C.C. **O setor florestal brasileiro**. In: MACHADO, C.C. (Ed.). Colheita florestal. Viçosa, MG: UFV, 2002. 468p.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. v.6, Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 34p.

MACHADO, C. C. ; LOPES, E. S. **Sistemas**. In: MACHADO, C.C. **Planejamento**. Viçosa: UFV, 2008. cap. 7, p. 185-230.

MACHADO, C.C.; CASTRO, P.S. **Exploração florestal, 4**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1985. 32 p. (Apostila).

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

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

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Ed.) **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 145-67.

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

MARA. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normas Climatológicas (1961-1990)**. Nacional de Meteorologia. Brasília: DF, 1992, 84 p.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

MINETTE L. J.; SILVA E. N. S.; FREITAS K. E.; SOUZA A. P.; SILVA E. P. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.12, n.6, p.659–665, 2008.

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

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

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

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

OLIVEIRA JR, E. D. **Análise Energética de Dois Sistemas de Colheita Mecanizada de Eucalipto**. 91 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2005.

REZENDE, J. L.; FIEDLER, N. C.; MELLO, J. M.; SOUZA, A. P. Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal Lavras: UFLA, 1997. 50p. Boletim Agropecuário, 22.

ROCHA, E. B.; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E. S.; GUIMARÃES, P. P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores o inteiras. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 372-381, jul./set. 2009.

SANT’ANNA, C. M. Corte florestal. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 2002. p. 55-88.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal**. Piracicaba: IPEF, 1980. 10 p. (Circular técnica, 88).

SALMERON, A. **Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia**. Piracicaba: IPEF, v.1, n.2, p.B.1 – B.12, Jul.1980.

SEIXAS, F.; BARBOSA, R.F.; RUMMER, R. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 82, 2004.

SEIXAS, F. **Extração**. In: MACHADO, C.C. (ed.). Colheita Florestal. Viçosa-MG, UFV, 2002. p.89-128.

SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal**. Piracicaba: ESALQ, LCF, 1998. 125 p.

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

SEOANE, C. E. S.; DIAZ, V. S.; SANTOS, T. L., FROUFE, L. C. M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 207-216, ago./out. 2010.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do “feller-buncher” utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**. Lavras, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do *forwarder* na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 711-720, out./dez. 2010.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. Botucatu, SP: UNESP, 2008. 118p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 2008.

SOBRINHO, V.F. A importância do Brasil no mercado internacional de madeira e derivados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Salvador. **Anais...** Salvador: SIF, 1995. p. 52-63.

SOUZA, A. P. Um estudo de tempo e produção na exploração de povoamentos jovens de Douglas-fir com motosserra e “Skidder”. **Revista Árvore**, v.2, n.1, p.1-26, 1978.

VALVERDE, S.R.; MACHADO, C.C.; REZENDE, J.L.P.; SOUZA, A.P.; ANTIQUEIRA, A.C. Análise técnica e econômica do arraste com “skidder” no sistema de colheita de árvores inteiras de eucalipto. **Revista árvore**, v.20, n.1, p.101-109, 1996a.

VALVERDE, S.R.; MACHADO, C.C.; REZENDE, J.L.P.; SOUZA, A.P.; ANTIQUEIRA, A.C. Análise técnico-econômica do corte de madeira com o trator florestal derrubador-

amontoador (feller-buncher) no sistema de colheita florestal de árvores inteiras de eucalipto. **Revista árvore**, v.20, n.2, p.229-240, 1996b.

VISSER, R.; STAMPFER, K. Tree-length system evaluation of second thinning in a loblolly pine plantation. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, v. 27, p. 77-82, 2003.

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, V. 14, N. 28, P. 235-276, dez. 2007.

WADOUSKI, L. H. **O planejamento operacional na exploração de florestas**. Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos, Anais... Curitiba: FUPEF do Paraná, 1987. p. 28 - 39.

WADOUSKI, L. H. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR; FUPEF, 1997. p.77-84.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de *Pinus Taeda***. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2005.