

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DOIS VIZINHOS

ANA PAULA BRANDÃO

**FATORES DE INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DE UM SISTEMA DE TORAS
LONGAS EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2020

ANA PAULA BRANDÃO

**FATORES DE INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DE UM SISTEMA DE TORAS
LONGAS EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Andre Luiz de Lima Ponzoni

DOIS VIZINHOS

2020



TERMO DE APROVAÇÃO

Fatores de influência na produtividade de um sistema de toras longas em povoamento de Eucalipto.

por

Ana Paula Brandão

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 02 de Dezembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza
Orientador(a)

Prof. Dr. Andre Luiz de Lima Ponzoni
Co-orientador (UTFPR)

Prof. Dr. Fernando Seixas
Membro titular (USP)

Prof. Dr. Claudio Thomas
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

A Deus, ao permitir que eu tivesse saúde, persistência para caminhar durante esta trajetória e que ao longo desta tivessem anjos para me apoiar e incentivar.

Ao meu pai, que não mediu esforços para que pudesse cursar a graduação me fornecendo sempre um ombro amigo e me ajudando a manter meus pés firmes para caminhar.

A minha família, que jamais desistiram de acreditar nos meus sonhos e que compreenderam a minha ausência enquanto me dedicava a realização deste sonho.

Aos meus amigos de graduação, que compartilharam dos desafios, com um sorriso no rosto e calor no coração. Também aos amigos que sempre estiveram ao meu lado acreditando no meu potencial.

Gostaria de agradecer à Universidade e todo seu corpo docente, cumprindo com excelência e carisma a prática de ensino.

Ao orientador Marcos Aurélio Mathias de Souza e co-orientador Andre Luiz de Lima Ponzoni, que com paciência e amizade tornou o desenvolvimento do trabalho uma experiência extraordinária.

A todos que direta ou indiretamente me forneceram suporte técnico, físico ou emocional no desenvolvimento da minha formação profissional e pessoal, o meu muito obrigada.

RESUMO

Em um empreendimento florestal há diversos processos de crucial importância e decisivos, desde o pré-planejamento até a colheita final, por isso o planejamento é imprescindível para ser viável nos aspectos econômico, sustentável e social. Sob esta ótica o presente trabalho foi desenvolvido em empresa privada nos municípios de Avaré e Itaitinga-Sp e teve como objetivo avaliar a produtividade dos maquinários *Feller-buncher*, *Skidder* e *Garra Traçadora* utilizados na colheita florestal de dois povoamentos distintos de eucalipto, além de analisar também o desempenho dos trabalhadores de acordo com os diferentes turnos a que foram submetidos. A metodologia foi dividida em duas partes: Planejamento realizado a partir do Inventário pré corte e Geoprocessamento: avaliando a Distância Média de Arraste (DMA), Declividade/Graus Operacionais, Microplanejamento de Divisão de Arraste a Altimetria e a Avaliação operacional coletando as informações referente ao Número de Árvores, Volume Médio Individual (VMI), horas trabalhadas mensais, turnos, fazenda e talhões. De posse destes dados foi possível comparar a produtividade das duas áreas e concluir que os modais de colheita foram adequados operacionalmente nas áreas A e B, com os seguintes volumes: *Feller-buncher* 68,8 m³/he e 73,62 m³/he, o *Skidder* 72,29 m³/he e 67,68 m³/he e para *Garra Traçadora* de 56,77 m³/he e 68,08 m³/he. Na identificação dos turnos mais produtivos houve uma variabilidade dentre as máquinas e entre áreas. Mas também tem seu trabalho influenciado de acordo com a declividade do terreno, altura da pilha, VMI e DMA. Apesar destes valores da média estarem dentro de valores encontrados na literatura não houve diferença estatística significativa entre as médias comparadas.

Palavras chave: Mecanização, sistema de colheita, produção.

ABSTRACT

In a forestry development there are several crucial processes from pre-planning to the final harvest, thus planning is essential in order to be viable in economic, sustainable and social aspects. From this perspective, the present work was developed in a private company in the cities of Avaré and Itaitinga (Sao Paulo estate) and aimed to assess the productivity of the Feller-buncher, Skidder and Grapple saw machines used in the forest harvest of two different eucalyptus stands, also aimed to analyze the performance of workers according to the job shifts to which they were submitted. The methodology was divided into two parts: Planning based on the pre harvester inventory and Geoprocessing: evaluating the Average Drag Distance (ADD), Declivity / Operational Degrees, drag division microplanning, altimetry and operational assessment using the information related to the Number of Trees, Individual Average Volume (IAV), monthly worked hours, shifts, farms and plots. With these data, it was possible to compare the productivity of the two areas and conclude that the harvest modes were operationally adequate in the areas A and B, with the following volumes per hour: Feller-buncher 68.8 m³ / h and 73.62 m³ / h, o Skidder 72.29 m³ / h and 67.68 m³ / h and for Grapple saw of 56.77 m³ / h and 68.08 m³ / h. In the identification of the most productive shifts, there was a high variability between the machines and areas. It was also influenced according to the slope of the terrain, size of the pile, ADD and IAV. Despite these mean values agrees with the literature, there was no statistical significance between the assessed means.

KeywordS: Mechanization; harvesting system; production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização dos municípios e unidades de produção no estado de São Paulo.....	22
Figura 2 – Giro operacional do <i>Feller-buncher</i> durante a movimentação no talhão no corte das árvores.	24
Figura 3 – <i>Feller-buncher</i> operando o corte das árvores de eucalipto em uma das áreas produtivas.	24
Figura 4 – <i>Skidder</i> realizando o arraste dos feixes após operação do <i>Feller-buncher</i> para as bordas do talhão.	25
Figura 5 – Operação de processamento dos feixes na borda do talhão pela <i>Garra Traçadora</i> em uma das áreas de estudo.....	26
Figura 6 – Esquematização dos departamentos em que foram obtidos os dados do trabalho.....	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relação da produtividade do <i>Feller-buncher</i> , classes de declividade e volume médio individual (m ³) pertencentes a área A.....	32
Gráfico 2 – Produtividade por turnos e relacionados aos fatores de influência na área A.....	33
Gráfico 3 - Relação da produtividade do <i>Feller-buncher</i> , classes de declividade e volume médio individual (m ³) pertencentes a área B.....	34
Gráfico 4 - Produtividade por turnos e relacionados aos fatores de influência na área B.....	35
Gráfico 5 – Relação dos fatores de influência (Volume Médio Individual e Distância Média de Arraste) com a produtividade do <i>Skidder</i> na Área A.....	38
Gráfico 6 - Produtividade do <i>Skidder</i> na Área A relacionado nos turnos com as respectivas Distâncias Médias de Arraste.....	40
Gráfico 7 - Relação dos fatores de influência volume médio individual (m ³) e distância média de arraste (m) com a produtividade do <i>Skidder</i> na Área B.....	42
Gráfico 8 - Produtividade do <i>Skidder</i> na Área B relacionado nos turnos com as respectivas distâncias médias de arraste (m) e volume médio individual (m ³).....	42
Gráfico 9 – Comparativo de produtividade entre a maior e a menor distância média de extração.....	43
Gráfico 10 – Produtividade da <i>Garra traçadora</i> quando relacionado ao volume médio individual (m ³).....	47
Gráfico 11 – Relação da produtividade da <i>Garra traçadora</i> com volume médio individual em seus respectivos turnos.....	48
Gráfico 12 – Produtividade da <i>Garra traçadora</i> na área B.....	49
Gráfico 13 – Turnos de produtividade relacionados a área B para a <i>Garra traçadora</i>	50
Gráfico 14 – Comparação da produtividade do modal de colheita atuando nas Áreas A e B.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos Sistemas de colheita de madeira.	16
Tabela 2 – Características relevantes das áreas de estudo.	23
Tabela 3 – Descrição dos dados característicos da produção do <i>Feller-buncher</i> nas áreas de estudo.	30
Tabela 5 – Análise estatística para o <i>Feller-buncher</i> na área A.	33
Tabela 6 - Distribuição da Área B nas classes de declividade e volume médio individual (m ³).....	34
Tabela 7 – Análise estatística para o <i>Feller-buncher</i> na área B.	36
Tabela 8 – Dados sobre a produção do <i>Skidder</i> distribuídos nas áreas de estudo.	36
Tabela 9 – Fatores que influenciam a produtividade do <i>Skidder</i> extraídos da modelagem espacial referente a Área A.	37
Tabela 10 – Análise estatística para o <i>Skidder</i> operando na área A.	40
Tabela 11 – Fatores que influenciam a produtividade do <i>Skidder</i> extraídos da modelagem espacial referente a Área A.	41
Tabela 12 – Análise estatística para o <i>Skidder</i> operando na área B.	44
Tabela 13 – Dados referente a comparação de áreas de atuação da <i>Garra Traçadora</i>	45
Tabela 14 – Divisões de arraste e declividade (°) da área A.	45
Tabela 15 – Divisões de Arraste na Área B onde operou a <i>Garra traçadora</i> em classes de declividade.	48
Tabela 16 – Análise estatística para a <i>Garra traçadora</i> comparando as duas áreas produtividades.	51

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Colheita Florestal	14
3.3 Mecanização Florestal	15
3.4 Sistemas de colheita da madeira	15
3.4.1 Máquinas Analisadas.....	16
3.4.2 <i>Feller-buncher</i> e <i>Feller-buncher buncher</i>	16
3.4.3 <i>Skidder</i>	17
3.4.4 <i>Garra Traçadora</i>	18
3.5 Planejamento na colheita florestal.....	18
3.7 Fatores que influenciam no planejamento da colheita florestal	19
3.8.1 Declividade	20
3.8.3 Distância Média de Arraste.....	20
3.9.1 VMI	21
4 MATERIAS E METÓDOS	22
4.1 Área de estudo	22
4.2 Dados de estudo	23
4.3 Descrição das máquinas utilizadas	23
4.3.1 <i>Feller-buncher</i> Buncher	23
4.2.2 <i>Skidder</i>	25
4.2.3 <i>Garra Traçadora</i>	25
4.3 Coleta de dados	26
4.3.1 Modelagem Espacial para os fatores de influência analisados.....	27
4.4 Análise da produtividade	28

4.4.1 Produtividade Efetiva	28
4.4.2 Análises estatísticas	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Análise da produtividade	30
5.1.1 <i>Feller-buncher</i>	30
5.1.2 <i>Skidder</i>	36
5.1.3 <i>Garra Traçadora</i>	44
5.2 Comparativo do modal nas áreas.....	51
6 CONCLUSÕES.....	53
7 REFERÊNCIAS	54
8 APÊNDICES	59
APÊNDICE I – Mapa da Área A variável VMI associada à altimetria local. .	59
APÊNDICE II – Mapa da Área B variável VMI associada à altimetria local.	60
APÊNDICE III – Mapa da Área A correlação entre as variáveis: DMA e Declividade.	61
APÊNDICE IV – Mapa da Área B correlação entre as variáveis: DMA e Declividade.	62

1 INTRODUÇÃO

A base florestal se destaca por sua alta produtividade e alta tecnologia incorporada. Em 2019 a silvicultura no Brasil foi responsável por 77% do valor da produção primária florestal no país, o correspondente a R\$ 15,5 bilhões, com as Regiões Sul e Sudeste representando 63,8% da produção nacional (IBGE, 2019).

A grande demanda por produtos florestais contribuiu para uma mecanização intensiva do setor, visando a um aumento na produtividade (LIMA et al., 2005), associado a isto, a mecanização possibilita a redução de custos de produção, ao passo que exige uma qualificação e otimização do recurso humano (RODRIGUES, 2018).

A colheita foi a fase do processo produtivo que mais sofreu alterações devido à introdução de tratores florestais para o corte e extração da madeira (LIMA et al, 2005).

No sistema de toras longas, os maquinários de destaque são: *Feller-buncher* buncher, para o corte das árvores, com um rendimento maior que 480 arv/h (75% de eficiência); *Skidder*, para o arraste das toras, com rendimento maior que 35m³cc/h (75% de eficiência); e a *Garra Traçadora*, efetua o traçamento e carregamento de árvores inteiras, com rendimento maior de que 120arv/h (70% de eficiência) (MACHADO, 2011).

Os sistemas de colheitas são influenciados e determinados pela topografia do local, rendimento em volume do plantio, tipo de floresta, finalidade da madeira, equipamentos e recursos disponíveis (MACHADO, 2011). Nesse contexto os Sistemas de Informação Geográfica podem contribuir como uma ferramenta facilitadora do planejamento, tendo em vista que permite modificações rápidas e a investigação de inter-relações complexas, sendo uma ferramenta dinâmica que pode ser ajustada conforme a adição de novos dados (LEITE, 2010) permitindo avaliar a influência de diferentes variáveis do terreno sobre a produtividade do maquinário.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a produtividade e produção das máquinas de colheita em uma empresa florestal operando em áreas com características similares de povoamento com diferentes condições operacionais nos municípios de Avaré e Itatinga, São Paulo.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a produtividade do *Feller-buncher buncher* nas diferentes declividades;
- Demonstrar a produtividade do *Skidder* em diferentes distâncias médias de arraste;
- Comparar a produtividade da *Garra Traçadora* nas áreas estudadas considerando o VMI (Volume Médio Individual);
- Aferir o turno de maior produtividade nas diferentes áreas por máquina considerando os fatores de influência.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Colheita Florestal

Dentro do planejamento de um investimento florestal a colheita desempenha um papel de extrema importância, pois representa a operação final de um ciclo de produção florestal de horizonte de planejamento longo e sua alta representatividade nos custos de produção além de possuir um alto grau de complexidade da operação.

A colheita florestal é referida como o conjunto de operações florestais que busca realizar processos como o corte, extração e processamento e carregamento de árvores do local da derrubada até os locais de empilhamentos, sendo estes em pátios intermediários ou margens de estrada (MACHADO,2014). Segundo Machado e Lopes (2000), no Brasil a colheita e o transporte representam cerca de 50% do custo final da matéria prima inserida no centro consumidor. Por isto é necessário que em um primeiro momento, seja inferido um planejamento minucioso com uma análise de custos e de produtividade para obter a produção planejada, e assim minimizar custos e maximizar rendimentos relacionados as atividades, viabilizando o projeto de caráter técnico e também econômico. (SILVA et al, 2003).

Os métodos e sistemas adotados na extração de madeira consideram diversos parâmetros como, a espécie florestal, a idade ou também chamado de projeto, a finalidade, as condições da área, sendo que cada um destes possui seu próprio método ou sistema apropriado (SILVA et al., 2003). De acordo com Lima e Leite (2014) outros fatores que interferem no desempenho da colheita florestal são: a topografia do terreno, o clima, o tipo de solo, a experiência do operador e a malha viária, influenciando no rendimento operacional.

A colheita florestal pode ser dividida em etapas, sendo a primeira etapa sendo o corte que compreende as operações como: derrubada, desgalhamento, destopamento, descascamento (que ocorre de forma pontual), traçamento e pré-extração (empilhamento ou enleiramento). A segunda etapa engloba a movimentação da madeira do local onde foi realizada a primeira etapa até a borda do talhão ou a estrada, carreador ou pátio que faz o intermédio da colheita com o transporte. Sendo feita através de diferentes contatos com a madeira como: o arraste onde possui contato total ou parcialmente a madeira com o solo, o baldeio

que transporta a madeira sobre uma plataforma, a forma suspensa que realiza através de cabos aéreos ou helicópteros) ou a forma de transporte direto que é feita por caminhões. (MACHADO, 2014).

3.3 Mecanização Florestal

Devido a uma falta na utilização de máquinas no setor de colheita de madeira, as atividades na década de 40 eram menos intensas do que as atividades agrícolas, estas estavam em uma frenética atividade devido ao abastecimento populacional. O setor florestal ficou dependente do uso de equipamentos e maquinários adaptados do setor agrícola e industrial. Sendo assim o início foi operando sob sistemas manuais e semimecanizados devido a esta escassez de alternativas, além do emprego de colaboradores para a realização destas operações, o que marcou estas como operações onerosas e com particularidade de fornecer alto risco de acidentes (MACHADO, 2014).

Machado (2014) ainda afirma que o desenvolvimento das operações relacionados a colheita de madeira se intensificou a partir da década de 70, com o surgimento de máquinas de porte leve e médio, sendo destacadas por motosserras profissionais, *mini-Skidders* (tratores equipados com pinça hidráulica traseira) e os tratores florestais auto carregáveis. Outro marco foi na década de 80 onde surgiram os primeiros *Feller-buncher buncher* de sabre e também de tesoura, aumentando a produtividade, reduzindo a utilização de colaboradores e diminuído o risco de acidentes de trabalho amplamente.

A modernização da colheita de madeira no país começou na década de 90, após o mercado nacional abrir à importação de máquinas estrangeiras com alta tecnologia e elevada produtividade (MACHADO, 2014).

3.4 Sistemas de colheita da madeira

Um sistema de colheita de madeira pode ser compreendido como um conjunto de processos integrados que propiciam o fluxo constante de madeira, evitando problemas pontuais de estrangulamento, levando-os a sua máxima utilização (MACHADO, 2014).

Tabela 1 – Classificação dos Sistemas de colheita de madeira.

Sistemas	Descrição
Sistemas de toras curtas (<i>cut to length</i>)	Neste sistema a árvore é cortada e processada no local da derrubada, sendo levada aos pátios ou margens do talhão com menos de seis metros de comprimento. Segundo Malinovski (2007) usualmente realizado pelas máquinas: <i>harvester e forwarder</i> .
Sistemas de toras longas (<i>tree length</i>)	Neste a árvore é parcialmente processada, esta passa por processos como: a derrubada, desgalhamento e destopamento ainda no interior do talhão e em seguida levada na forma de fuste para as margens ou pátios.
Sistemas de árvores inteiras (<i>full tree</i>)	No caso deste, a árvore é apenas feito o corte ou derrubada no talhão e em seguida arrastada para as margens ou pátios, e neste ocorre o processamento completo da madeira. Basicamente é composto por máquinas como: <i>Feller-buncher buncer, Skidder</i> e processador.

Fonte: Adaptado (FAO, 1978).

3.4.1 Máquinas Analisadas

Atualmente as empresas empregam vários tipos de maquinários e equipamentos, todos estes variando conforme a disponibilidade, o planejamento, orçamento, metodologia empregada na extração, condições inerentes à operação, marcas e modelos do mercado, sendo necessário optar pelo que atende melhor as necessidades.

Segundo Jacovine et al. (2005) devido à grande variedade e disponibilidade de mercado relacionado a equipamentos de corte e extração, as empresas podem formar o sistema mais adequado para se trabalhar.

3.4.2 *Feller-buncher* e *Feller-buncher buncher*

Feller-buncher ou também conhecido como trator florestal cortador e o *Feller-buncher* ou denominado de trator florestal cortador-acumulador são dois maquinários parecidos em sua formação, a diferença destes está na implementação do cabeçote no *Feller-buncher* que possui a função de acumular árvores. Estes

podem vir equipados com rodados de esteira ou pneus sendo considerado nos pneus a tração 4x4 e articulação no chassi para a movimentação (BROWN e DINIZ, 2017). O cabeçote acumulador é um implemento acoplado rígido que possui diversificações conforme a necessidade de corte, sendo que pode ser composto por guilhotina (tesoura de dupla ação), sabre ou formado por disco dentado, (amplamente utilizado). Possuem “braços” acumuladores que após o corte são acionados para acumular os feixes até atingir sua capacidade máxima, todos acionados por um sistema hidráulico (LIMA e LEITE, 2014).

Segundo Machado e Lopes (2002) o *Feller-buncher Buncher* fixa a árvore por duas garras na altura aproximada ao DAP (diâmetro a altura do peito), e posteriormente realiza o corte o mais próximo do nível do solo. Sendo acionado o braço acumulador, fixando uma árvore no cabeçote, reabrindo as garras preparando para realizar novamente a operação, até atingir o número máximo de carga.

Este equipamento surgiu no Brasil no fim da década de 70, foi baseado em modelos de máquinas americanas onde, a empresa Olinkraft manuseou um equipamento de corte que era ligado por uma bomba hidráulica acionada por uma máquina base que disparava duas laminas em forma de tesoura para efetuar o corte (SANT'ANNA, 2014).

3.4.3 Skidder

O *Skidder* refere-se a um trator arrastador com uma pinça hidráulica, articulado usualmente com rodados de pneus com tração 4x4, 6x6 ou 8x8. Para auxiliar nesta etapa de operação este possui uma lâmina frontal, que realiza tarefas relacionadas ao nivelamento das toras e limpeza dos estaleiros. É uma máquina que foi desenvolvida para atuar com sistemas de árvores inteiras e/ou toras longas, com o intuito de arrastar os feixes cortados até a margem da estrada ou pátios intermediários para facilitar o processamento da mesma ou transporte (LIMA e LEITE, 2014).

O *Skidder* pode ser dividido em quatro tipos: O *grapple Skidder* indicado para sistemas onde os feixes são previamente empilhados, possuindo uma garra, onde o chassi é articulado ao trator florestal, possui rodados de pneus. O *chocker Skidder* semelhante ao anterior, porém equipado com um guincho, indicado para colher

árvores dispersas ou onde apenas algumas árvores selecionadas foram cortadas, amplamente utilizadas em florestas nativas. O *clambunk Skidder* equipado com uma grua utilizada para dispor os feixes sobre uma garra invertida, utilizado onde possui um alto volume de madeira. E o *track Skidder* que opera sob esteiras criadas para diminuir a pressão dos rodados sob o solo, mas é um equipamento de baixa manobra sendo mais influenciado pela distância média de extração (BROWN E DINIZ, 2017).

Segundo Seixas e Castro (2014) parâmetros que influenciam na capacidade de carga deste equipamento estão relacionados à resistência ao rolamento, o coeficiente de tração e atrito relacionado à carga que é apoiada ao solo. Sendo estes influenciados por mudanças que ocorrem no teor de água e textura do solo.

3.4.4 Garra Traçadora

A *Garra Traçadora* é uma retroescavadora adaptada que possui mecanismos de movimentação de esteiras. Nos últimos anos, o uso desta tem sido frequente, pois desempenhou papel fundamental na substituição de equipamentos semi-mecanizados como a motosserra. Esta opera nas bordas dos talhões, pátios intermediários e pode atuar no interior do talhão, dependendo do sistema utilizado, realizando o traçamento e formando pilhas de toras sendo base para o transporte (LIMA e LEITE, 2014).

A máquina segundo Fiedler et al. (2008) opera da seguinte forma: Direciona sua lança para a pilha de madeira formada após o corte, apanha o feixe com o acionamento da sua garra hidráulica, traz para a margem do talhão soltando-o. Com o auxílio de um gabarito a lança chega até o feixe apanhando-o e levantando suspendo-o para que o sabre do motosserra realize o traçamento das árvores. Após a realização do corte é lançado novamente puxa outra vez para o começo da pilha de toras e o solta, repetindo o ciclo.

3.5 Planejamento na colheita florestal

O planejamento da produção florestal pode ser compreendido como uma forma organizacional de elaborar e estruturar as atividades de produção de madeira. Tem o intuito de planejar quais são as melhores formas de se manejar o

empreendimento florestal, onde a eficácia de um planejamento estão associados à qualidade das informações levantadas (SANQUETTA, 1996 apud FENNER, 2006).

O planejamento eficiente da operação de colheita é imprescindível para a otimização das operações, melhora qualidade do produto e serviços prestados, minimizar impactos ambientais, auxiliar na qualidade das condições de saúde e segurança dos colaboradores, buscar o aumento da produtividade e a redução dos custos (MACHADO e LOPES, 2008).

A ferramentas de análises espaciais juntamente com um controle de pesquisa operacional demonstram uma grande aliada na base do planejamento do setor de colheita de madeira no dia-a-dia das empresas, dando suporte a várias questões como o planejamento de rotas ótimas, locais de empilhamento, otimização na delimitação de divisões de arrastes entre outras questões do microplanejamento operacional (LIMA, 2009).

Segundo Nascimento et al. (2012) o planejamento florestal tem como principal objetivo a resolução de problemas que envolvem atributos que influenciam nos processos dentro dos longos horizontes de planejamento, variações e instabilidade de mercado como, a flutuação de preços, e a oferta e demanda.

3.7 Fatores que influenciam no planejamento da colheita florestal

Para que o planejamento da extração de madeira de um povoamento seja eficiente é necessário que se atente a algumas questões que não são especificamente atribuídas ao desempenho da máquina, mas sim das condições a que estas são propostas.

É válido apresentar que a colheita mecanizada é afetada por uma grande gama de fatores que diretamente influenciam na capacidade da máquina de operar, e que acarretam divergências na análise econômica destas, principalmente no custo final da produção. Sendo estas características específicas do povoamento florestal como: VMI (Volume Médio Individual), DAP (Diâmetro médio a Altura do Peito), volume total, espaçamento e entre outras. Já no caso daqueles que são inerentes ao povoamento florestal são: declividade, condições climáticas, capacidade de suporte

do solo, habilidade e experiência do operador e a DMA (distância média de arraste) (BURLA, 2008).

3.8.1 Declividade

Na colheita as áreas declivosas representam o ponto de inclinação vertical em que máquinas que não possuem adaptações não respondem mais ao tráfego, ou quando mecanizada não se torna viável (ROBERT e NASCIMENTO, 2012).

A declividade do terreno pode ser considerada uma das principais responsáveis pela produtividade na operação, influenciando diretamente no tráfego e deslocamento das máquinas florestais dentro da área de operação (LIMA e LEITE, 2008). Assim como citam Malinovski et al. (2006) quanto maior a declividade menor é a produtividade, pois esta determina as limitações de movimentação e deslocamento da máquina.

Segundo Nascimento (2011) uma das máquinas que trabalham em declividade acentuada é o *Feller-buncher buncher* onde variando esses graus operacionais irão influenciar na produção do local, mas mesmo com a tecnologia disponível ainda não se tem dados concretos para a escolha do sistema e máquina adequada nas diversas situações operacionais.

3.8.3 Distância Média de Arraste

O processo de extração pode ser descrito como a saída da madeira do local de corte para os locais provisórios prévios ao transporte, geralmente as margens da estrada ou locais que permitem o acesso dos veículos de transporte (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 1998 apud PEREIRA et al., 2015). Leite (2002) propõe que o arraste sofre influência das condições do terreno e climáticas do local de extração. Sendo a distância de arraste de no máximo 250 metros no processo de extração.

Freitas (2005) apresenta que o ciclo operacional do *Skidder* conseqüentemente a produtividade foram interferidas por diversos fatores, mas os que tiveram mais pesos nessas questões foram à distância média de arraste.

Lima e Leite (2014) analisando o desempenho operacional do *Skidder* aferiu que este é influenciado pela distância média de arraste, onde conforme se aumenta esta distância para um mesmo volume há uma queda no rendimento.

3.9.1 VMI

O Volume Médio Individual (VMI) irá auxiliar na determinação do modal/sistema que será empregado para a colheita. Esta irá influenciar no desempenho e no tipo de cabeçote que será utilizado na *Garra Traçadora* onde determinará o volume de árvores traçadas (LOPES et al. 2008).

Pereira et al. (2015) apontaram que além da *Garra Traçadora*, o VMI prediz como irá funcionar o ciclo operacional também do *Skidder* pois esta procura arrastar o máximo de volume de madeira sob sua capacidade. Além deste, o *Feller-buncher buncher* neste mesmo estudo também foi dependente desta característica, onde este controla o número de árvores acumuladas no cabeçote de corte e dita qual o será a eficiência do ciclo operacional desta máquina.

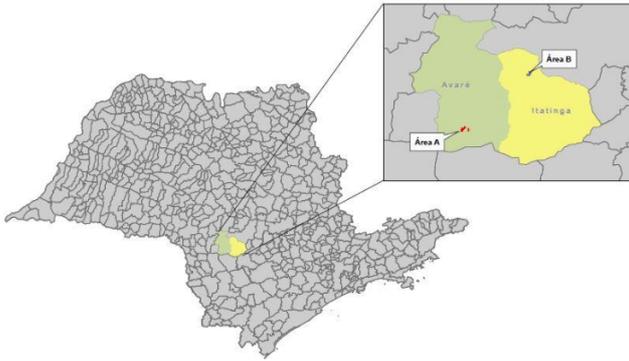
Outro fator relacionado ao VMI é a consequência na elevação dos custos de produção das máquinas, como as estudadas por Leite (2012) onde a produtividade foi baixa e houve elevados custos devido à junção de fatores como: aumento da declividade, da distância média de arraste e da diminuição do VMI.

4 MATERIAS E METÓDOS

4.1 Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no ano de 2020 nos municípios de Avaré e Itatininga, São Paulo. Sendo Avaré (Área A) localizada sob as coordenadas $23^{\circ} 06' 16''$ S e $048^{\circ} 56' 23''$ W e Itatininga (Área B) localizada sob as coordenadas $23^{\circ} 06' 16''$ S e $048^{\circ} 36' e 55''$ W (conforme Figura 1). Segundo o IBGE (2019) contam com total de 82.934 e 18.052 habitantes.

Figura 1- Localização dos municípios e unidades de produção no estado de São Paulo.



Fonte: Autora (2020)

Os municípios pertencem à região de afluentes do Rio Paranapanema com características climáticas que segundo a classificação climática de Köppen, citados em SGRH (2000) como Cfa, que apresenta verões quentes e chuvosos caracterizado como temperado brando. Já considerando as características geomorfológicas estão localizadas sob a morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, no Planalto Centro Ocidental (ROSS; MOROZ, 2011). Quanto à pedologia destes, os solos predominantes são os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-Amarelo (Apêndice I), que em geral são solos com características de boa trabalhabilidade sendo boas as características físicas com boa porosidade total, boa drenagem (LEPSCH, 2007).

4.2 Dados de estudo

Desenvolvido em povoamentos homogêneos de uma empresa particular do setor florestal, com espécies do gênero Eucalipto, ambos de primeiro corte. Com sistema de árvores inteiras e apresentando idade de 6 anos, com características de espaçamento e distintos de VMI, declividade e DMA (Tabela 2).

As jornadas de trabalho foram compostas por três turnos de 8 horas cada, conforme a programação de colheita da empresa. O modal de estudo foi o mesmo para as duas áreas, sendo composto por: *Feller-buncher*, *Skidder* e pela *Garra Traçadora*, trabalhando em conjunto para extração de madeira no abastecimento das unidades fabris.

Tabela 2 – Características relevantes das áreas de estudo.

ÁREA	TALHÕES	ANO DE PLANTIO	ESPAÇAMENTO	VMI (m³)	DECLIVIDADE (°)	DMA (metros)
A	0007	2014	3x2,0	0,22	0 a 20°	174,08
	0009		3x2,25	0,25	0 a >30°	130,95
	0015		3x2,25	0,21	0 a >30°	100,54
B	0005		3x1,5	0,20	0 a 25°	198,25
	0011		3x1,6	0,19	0 a 30°	190,68

VMI: Volume Médio Individual; DMA: Distância Média de Arraste.

Fonte: Autora (2020)

4.3 Descrição das máquinas utilizadas

4.3.1 *Feller-buncher* Buncher

O *Feller-buncher* era composto por uma escavadeira de esteiras com acionamento hidráulico da marca John Deere, modelo 903K, motor de potência nominal de 300.0 hp da série 1T0903KXCEC255556. Este realizava o corte e acúmulo de 9 árvores atuando um ciclo em 3 faixas formando feixes ao chão para que posteriormente fossem arrastados pelo *Skidder*.

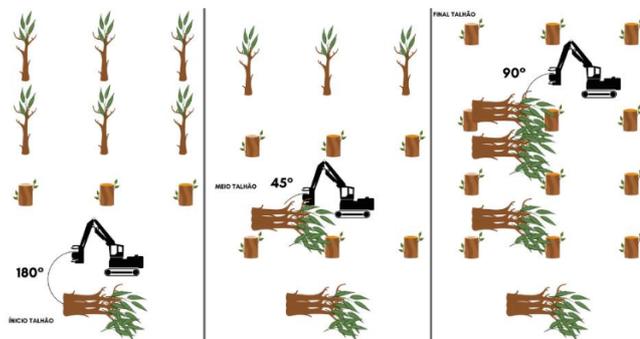
Figura 2 – *Feller-buncher* operando o corte das árvores de eucalipto em uma das áreas produtivas.



Fonte: Autora (2020)

A forma de giro do *Feller-buncher* depositando são nas angulações de 180° quando inicia o talhão, 45° após iniciado e 90° no restante da operação (Figura 3).

Figura 3 – Giro operacional do *Feller-buncher* durante a movimentação no talhão no corte das árvores.



Fonte: Autora (2020).

Estas angulações de giro têm por objetivo arrumar a disposição dos feixes para facilitar os próximos processos. A angulação de 180° é realizada no início do talhão devido a não possuir espaços entre as árvores em pé ou para que as próximas árvores a serem cortadas pelo *Feller-buncher* não sejam danificadas.

A angulação de 45° dispõem os feixes nas entre linhas próximas as que foram abatidas no início do talhão e assim durante o corte por longo do talhão este realiza a operação, para que posteriormente o *Skidder* arraste estes feixes no mesmo sentido até as margens dos talhões.

No final do talhão a máquina realiza o giro de 90° para que os feixes estejam mais próximos dos feixes dispostos a 45° diminuindo o tempo de movimentação do *Skidder* e assim seja finalizado o talhão.

4.2.2 *Skidder*

O *Skidder* (Figura 4) da marca John Deere modelo 648L da série 1DW948LXTHD680607 possui um motor com potência de 281.0 hp, pinça com uma área útil de 2,07 m² com massa de aproximadamente 22,5 T com velocidade de deslocamento de 0 a 24,74 km/h com um ângulo de articulação de 45 graus em cada direção. Onde após a derrubada pelo *Feller-buncher* este realizou o arraste até as bordas dos talhões nos locais designados pelo microplanejamento para que a *Garra Traçadora* pudesse dar sequência no processamento dos feixes.

Figura 4 – *Skidder* realizando o arraste dos feixes após operação do *Feller-buncher* para as bordas do talhão.



Fonte: Autora (2020)

4.2.3 *Garra Traçadora*

A *Garra Traçadora* corresponde a uma escavadora de acionamento hidráulico de esteiras da marca John Deere, modelo 350G, configuração florestal com motor

de potência de 271.0 HP da série 1F350GXCHD808224 onde realizou a última etapa do processo estudado, onde após os feixes serem arrastados pelo *Skidder* onde se fixou um feixe de árvores suspensos com as toras sendo seccionadas em 6,8 metros correspondendo à unidade fabril a ser destinada (Figura 5).

Figura 5 – Operação de processamento dos feixes na borda do talhão pela *Garra Traçadora* em uma das áreas de estudo.



Fonte: Autora (2020)

4.3 Coleta de dados

Em função do plano de colheita de madeira fornecido pela empresa foram selecionadas áreas através do geoprocessamento de informações, áreas que estivessem localizadas nas condições mais próximas de trabalho, considerando as informações referentes à operação já realizadas nas áreas conforme figura 6.

Figura 6 – Esquematização dos departamentos em que foram obtidos os dados do trabalho.



Fonte: Autora (2020)

4.3.1 Modelagem Espacial para os fatores de influência analisados

Através de ferramentas disponíveis no ambiente SIG com o software *ArcGis* foram levantadas as informações a cada área de estudo como: O Volume Médio Individual (VMI), Distância Média de Arraste (DMA) e a Declividade. Sendo constituído um banco de dados no SIG, compilados em mapas para a identificação da distribuição dessas informações ao longo das áreas.

O VMI foi integrado ao banco de dados através da disponibilização de dados de inventário pré-corte realizados dias antes da operação de colheita, integrados através da manipulação e distribuição destas informações ao longo da área (Apêndice I e II).

A DMA foi obtida através do microplanejamento realizado também anteriormente, sendo constituído pela delimitação das áreas de depósito de madeira e calculado as médias de arraste a partir da divisão destes arrastes para intensificar a eficiência operacional e obter os melhores desempenhos do *Skidder* ao longo das áreas (Apêndice III e IV).

Já a declividade foi obtida através de imagens SRTM importadas para o software e assim aplicadas técnicas de geoprocessamento para a determinação das classes de declividades utilizadas na empresa que são de 0 a 5°, 5 a 10°, 10 a 15°, 15 a 20°, 20 a 25°, 25 a 30° e >30° (Apêndice III e IV).

A partir destas seleções foram filtrados e armazenados dados disponibilizados por relatórios diários fornecidos pelas máquinas utilizadas nas áreas através de planilha eletrônica no software *Excel2016*.

4.4 Análise da produtividade

4.4.1 Produtividade Efetiva

A produtividade efetiva foi levantada a partir dos dados fornecidos pela empresa através do Volume médio individual (VMI) levantado pelo inventário da empresa, o número de árvores derrubadas em cada máquina e as horas efetivas de trabalho realizadas pela mesma nos tratamentos realizados, conforme a fórmula abaixo:

$$Pr = \frac{N \times VMI}{he}$$

Onde:

Pr= Produtividade efetiva ($m^3.he^{-1}$); N= Número total de arvores derrubadas;
VMI= Volume Médio Individual (m^3); he= horas efetivas trabalhadas (horas).

4.4.2 Análises estatísticas

O delineamento estatístico aplicado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2x2 (duas áreas e duas classes das variáveis de influência) no software *R*, sendo:

a) Áreas produtivas:

- a.1) Área A: Localizada no município de Avaré
- a.2) Área B: Localizada no município de Itatinga

b) Variáveis de influência:

b.1) *Feller-buncher* a variável Declividade ($^{\circ}$)

Área A = 0 a 20° e 0 a >30°;

Área B = 0 a 25° e 0 a 30°;

b.2) *Skidder* a variável Distância Média de Arraste (metros):

Área A = 190,68 e 198,25 metros;

Área B = 100,94, 130,95 e 174,08 metros;

b.3) *Garra Traçadora* a variável Volume Médio Individual (m³):

Área A = 0,24 m³;

Área B = 0,19 e 0,20 m³.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise da produtividade

5.1.1 *Feller-buncher*

De posse dos dados de volume de madeira (m^3) e das horas trabalhadas nos turnos da operação, estes foram processados sendo os resultados de produtividade apresentados na tabela 3 para as áreas estudadas.

Tabela 3 – Descrição dos dados característicos da produção do *Feller-buncher* nas áreas de estudo.

Áreas		ÁREA A	ÁREA B
Análise Descrita	Unidade	Total	
Produção	m^3	33024,4	24146
Indivíduos	n°	148138	123846
Horas trabalhadas	he	480	328
Horas paradas	h	0	24
Horas que deveriam ser trabalhadas	he	480	352
Indivíduos/h	ind/he	308,6	377,6
Produtividade	m^3/he	68,8	73,6

Pode-se aferir que o *Feller-buncher* nas condições propostas foram próximas quando comparadas, onde a Área A obteve produtividade de $68,8 m^3$ por hora e a Área B de $73,6 m^3$ por hora.

Comparando estes resultados de produtividade com aqueles encontrados por Vieira et al. (2016) e Rocha et al. (2009) em seus devidos trabalhos, respectivamente, $81,02 m^3$ e $47,3 m^3$ por hora é possível apontar que há diferentes características do povoamento (idade, material genético, VMI, e da distribuição de regiões que caracterizam uma pequena diferença nos valores deste trabalho.

No estudo anteriormente mencionado de Rocha et al. (2009) o povoamento considerado apresentava idade de 8 anos, enquanto neste trabalho de 6 anos. Esta diferença aponta um fator chave para uma elevada produção o que contradiz com a

forma de condução do povoamento considerando que o volume médio individual foi de 0,165 m³ e neste o menor valor foi de 0,19 m³.

Camargo Junior (2013) obteve valor superior com 89,66 m³ por hora mesmo em condições do povoamento inferiores onde a idade era aproximadamente de 5 anos com volume médio individual de 0,14 m³ por hora com solo caracterizado como Argissolo amarelo distrófico.

Área A – Produtividade em relação a declividade (°) e ao Volume médio individual (m³)

A partir da modelagem espacial e dos dados do inventário pré-corte foi possível identificar a quantidade em hectares de área dentre os talhões de atuação da Área A bem como os Volumes Médios Individuais em metros cúbicos (Tabela 4).

Tabela 4 – Distribuição da Área A nas classes de declividade e volume médio individual (m³)

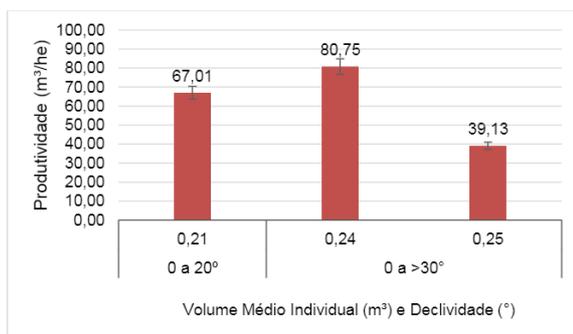
Talhões	VMI (m ³)	Declividade	Área (ha)
0007	0,21	0° a 5°	6,25
		5° a 10°	16,93
		10° a 15°	5,66
		15° a 20°	0,67
Total			29,52
0009	0,24	0° a 5°	10,46
		5° a 10°	20,06
		10° a 15°	8,18
		15° a 20°	4,22
		20° a 25°	2,49
		25° a 30°	1,08
		> 30°	0,36
Total			46,84
0015	0,25	0° a 5°	2,74
		5° a 10°	8,11
		10° a 15°	5,31
		15° a 20°	1,66
		20° a 25°	0,65
		25° a 30°	0,27
		> 30°	0,01
Total			18,75

Considerando um fator extremamente importante no desempenho operacional do *Feller-buncher* a classe de declividade tem por si o papel de caracterizar a trabalhabilidade considerando também o solo em que está se operando.

No trabalho Oliveira Junior et al. (2009) onde as classes de declividades foram de 0 a 27° foram obtidos uma variação produtiva de 35,5 a 95,5 m³ por hora em duas áreas distintas na região de Minas Gerais com povoamentos de 7 anos de idade e solos argilosos.

Conforme o gráfico 1 é possível observar a relação da declividade ao volume médio individual (VMI) com a produção, nesta área a classe de declividade de 0 a >30° com VMI de 0,24 m³ obteve 80,75 m³/he superior a área com menores declividades e menor VMI de 0 a 20° e 0,20 m³ respectivamente, e produtividade de 67,01 m³/he.

Gráfico 1 – Relação da produtividade do *Feller-buncher*, classes de declividade e volume médio individual (m³) pertencentes a área A.

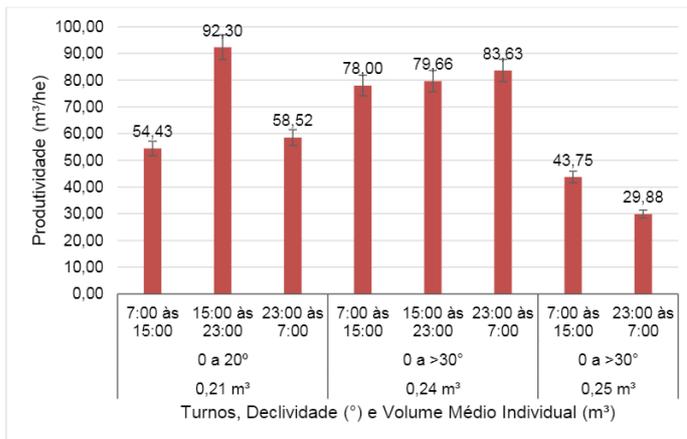


Retomando as informações da tabela 4, podemos relatar que a classe de 0 a >30° no talhão 0009 há a concentração nas declividades de 0 a 5° com 10,46 hectares e de 5 a 10° com Volume médio individual de 0,24 m³.

Na classe maior de 30° de declividade com Volume médio individual de 0,25 m³ a produtividade foi de 39,13 m³/he onde outros fatores como operadores, coleta de dados podem ter influenciado neste resultado.

Avaliando os turnos (Gráfico 2) nestas condições abordadas é possível analisar que o turno mais produtivo foi o das 15:00 às 23:00 com 92,30 m³/he operando de 0 a 20° com volume médio individual de 0,21 m³.

Gráfico 2 – Produtividade por turnos e relacionados aos fatores de influência na área A.



Afim de maximizar a eficiência das máquinas florestais é necessário atribuir jornadas de trabalho mais longas com o intuito de aumentar a produção e reduzir custos de operação, aproveitando ao máximo sua disponibilidade mecânica (ALVES, 2015).

Observando a tabela 5 pode se observar que não houve diferença estatística entre as médias para o *Feller-buncher* operando na área A nas condições operacionais propostas.

Tabela 5 – Análise estatística para o *Feller-buncher* na área A.

Feller Buncher				
Área	Declividade	VMI	Média	Desvio Padrão
A	0-25	0,21	538,09a	± 397,41
	0->30	0,24	626,68a	± 108,32
	0->30	0,25	313a	± 187,84
	Total		458,46	± 261,37
	CV(%)			75%

Área B – Produtividade em relação a declividade (°) e ao Volume médio individual (m³)

Para a área B também foi levantado através da modelagem espacial a distribuição na área (hectares) as classes de declividade (°) e seus respectivos valores de volume médio individual em metros cúbicos (Tabela 6).

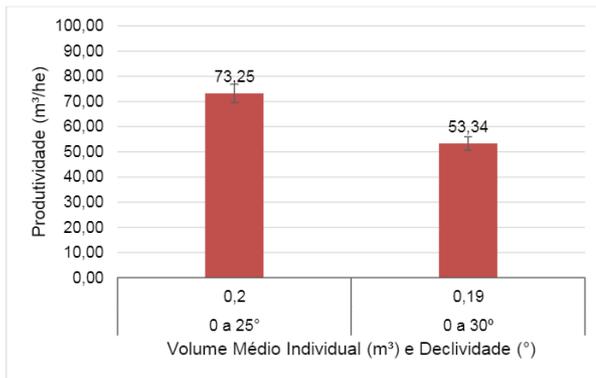
Tabela 6 - Distribuição da Área B nas classes de declividade e volume médio individual (m³)

Talhões	VMI (m ³)	Declividade	Área (ha)	%
0005	0,20	0° a 5°	17,48	30,14
		5° a 10°	33,54	57,84
		10° a 15°	6,25	10,79
		15° a 20°	0,71	1,22
		20° a 25°	0,01	0,02
Total			57,99	100,00
0011	0,19	0° a 5°	5,97	12,33
		5° a 10°	19,31	39,86
		10° a 15°	15,74	32,50
		15° a 20°	5,29	10,92
		20° a 25°	2,01	4,15
		25° a 30°	0,12	0,24
Total			48,44	100,00

Nesta área observa-se que o menor volume médio individual de 0,19 m³ possui as maiores concentrações de declividade compreendendo na classe de 20 a 25° cerca de 4% a mais em relação a esta mesma classe com o volume médio individual de 0,20 m³.

Conforme o gráfico 3 a produtividade de 53,34 m³/he do volume médio individual de 0,19 m³, esta baixa produtividade pode ser relacionada a presença de graus de declividade maiores de 25 a 30° sendo representado conforme a tabela 6 com 0,24% da área total operada.

Gráfico 3 - Relação da produtividade do *Feller-buncher*, classes de declividade e volume médio individual (m³) pertencentes a área B.



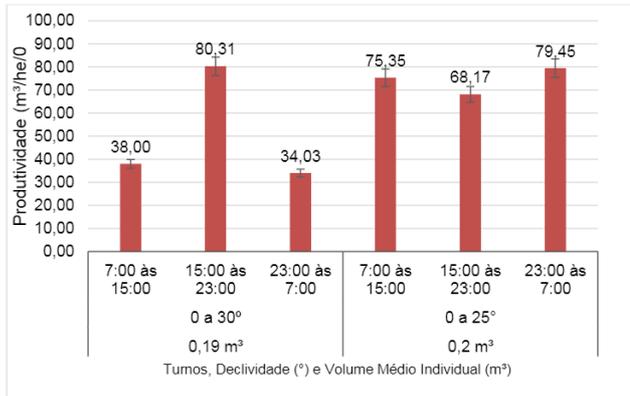
Simões et al. (2014) em um povoamento de eucalipto com um *feller-buncher* operando sob um terreno plano com volume médio individual de 0,22 m³ obtiveram produtividade média de 118,48 m³/he, cerca de 40% a mais do que abordado neste trabalho na classe de 0 a 25° com volume médio individual de 0,20 m³. A diferença entre estes trabalhos pode ser explicada pela possível percentagens de bifurcação não abordadas neste trabalho.

Em relação os turnos nas condições de operações citadas para área B, o turno mais expressivo foi o das 15:00 às 23:00 horas com produtividade média de 80,31 m³/he na classe de 0 a 30° com volume médio individual de 0,19 m³ (Gráfico 4).

Este resultado pode estar relacionado a experiência do operador neste turno, tal explicação exige um estudo para aferir quais operadores foram mais produtivos.

Os valores de baixa produtividade dos outros turnos nesta condição podem estar relacionados a abordagem apresentada na tabela 6, demonstrando que as maiores concentrações das classes altas de declividade estarem presentes neste volume médio individual de 0,19 m³ que também pode ter caracterizado a baixa produtividade em relação ao volume médio individual de 0,20 m³.

Gráfico 4 - Produtividade por turnos e relacionados aos fatores de influência na área B.



Ao realizar a análise estatística nota-se que não houve diferença significativa entre as médias do *Feller-buncher* para a área B nas condições propostas (Tabela 7).

Tabela 7 – Análise estatística para o *Feller-buncher* na área B.

Feller Buncher			
B	0-20	0,19	561,33a ± 379,95
	0- >30	0,2	355,58a ± 305,87
Total			492,59 ± 344,9
CV(%)			53%

5.1.2 Skidder

A produtividade do *Skidder* pode ser vista na tabela 8 onde a área A compreendeu o maior valor comparado com a área B, sendo 72,3 m³/h e 67,7 m³/h respectivamente.

Comparando estes resultados aos obtidos por Oliveira de et. Al (2006) é possível considerar que as duas áreas foram produtivas pois estes autores obtiveram valores entre 18,34 m³/h a 72,08 m³/h onde a distância média de arraste foi fator para estes valores nas distâncias de 50 a 150 metros.

Tabela 8 – Dados sobre a produção do *Skidder* distribuídos nas áreas de estudo.

Áreas		ÁREA A	ÁREA B
Análise Descrita	Unidade	Total	
Produção	m ³	10409,6	15160,3
Indivíduos	n ^o	44422	76760
Horas trabalhadas	h	144	224
Horas paradas	h	16	0
Horas que deveriam ser trabalhadas	h	160	224
Indivíduos/h	ind/h	308,5	342,7
Produtividade	m³/h	72,3	67,7

Corroborando com Lopes et al. (2007) onde em sua pesquisa concluíram que a produtividade do *Skidder* decresce com o aumento da distância média de arraste devido a demandar maior tempo em seu ciclo operacional. Também observou que em curtas distâncias com maiores valores de declividade é possível obter valores significativos de produtividade.

Área A – Produtividade em relação a Distância Média de Arraste (m), declividade (°) e Volume Médio Individual (m³).

A partir do microplanejamento operacional (Tabela 9) junto a modelagem espacial foi possível obter as distâncias médias de arraste, declividade em graus operacionais e declividade da Área A.

Tabela 9 – Fatores que influenciam a produtividade do *Skidder* extraídos da modelagem espacial referente a Área A.

Talhões	DMA	VMI (m ³)	Declividade	Área (ha)	%
0007	174,08	0,21	0° a 5°	6,25	21,18
			5° a 10°	16,93	57,35
			10° a 15°	5,66	19,18
			15° a 20°	0,67	2,28
Total				29,52	100,00
0009	130,95	0,24	0° a 5°	10,46	22,32
			5° a 10°	20,06	42,82
			10° a 15°	8,18	17,46
			15° a 20°	4,22	9,00
			20° a 25°	2,49	5,32

			25° a 30°	1,08	2,31
			> 30°	0,36	0,77
Total				46,84	100,00
0015	100,94	0,25	0° a 5°	2,74	14,60
			5° a 10°	8,11	43,24
			10° a 15°	5,31	28,33
			15° a 20°	1,66	8,87
			20° a 25°	0,65	3,48
			25° a 30°	0,27	1,42
			> 30°	0,01	0,05
Total				18,75	100,00

Considerando o fator de influência para o *Skidder* apresentado nesta área pode se notar que a menor distância média de arraste de 100,94 metros possui o maior volume médio individual de 0,25 m³ e a classe de declividade de 5 a 10° representa 40% sob atuação.

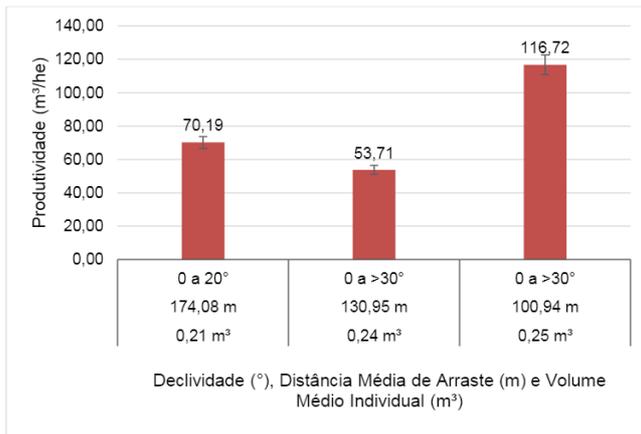
As distâncias de 130,95 m e 174,08 m também possuem maior representatividade da classe de 5 a 10° com 40% e 57%, com volume médio individual de 0,24 m³ e 0,21 m³ respectivamente.

No gráfico 5 é possível observar que a distância de 100,94 metros obteve maior produtividade de 116,72 m³/he com volume médio individual de 0,25 m³. Em relação a classe de declividade nesta havia apenas cerca de 1,5% nos graus de 25 a >30°.

Enquanto na segunda menor distância de 130,95 metros com volume médio individual inferior de 0,24 m³ a classe de 25 a >30° de declividade representava aproximadamente 8% caracterizando assim a produtividade de 53,71 m³/he.

A produtividade de 70,19 m³/he na maior distância de 174,08 metros e com menor volume médio individual analisado nesta área de 0,21 m³, a declividade que caracteriza esta área atuando nesta distância é de 0 a 15° cerca de 98% de todas as classes analisadas, demonstrando a boa produtividade nestas condições.

Gráfico 5 – Relação dos fatores de influência (Volume Médio Individual e Distância Média de Arraste) com a produtividade do *Skidder* na Área A.



Pereira (2015) ao trabalhar com povoamentos de *Pinus taeda* com idades superiores de 24 a 39 anos e volume médio individual variando 1,21 a 1,61 m³ obteve produtividade de 38,05 a 46,14 m³/h apontando outra característica importante: além do volume médio individual interferir na produtividade valores superiores de Distância Média de Arraste demandam maior tempo de arraste, além disso mais idas e vindas que estão diretamente relacionadas ao rendimento por completo da máquina.

Observando a produtividade por turnos na área A (Gráfico 6) pode se observar que a menor distância (100,94 m) obteve a maior produtividade de 171,88 m³/he no turno das 23:00 às 07:00 horas.

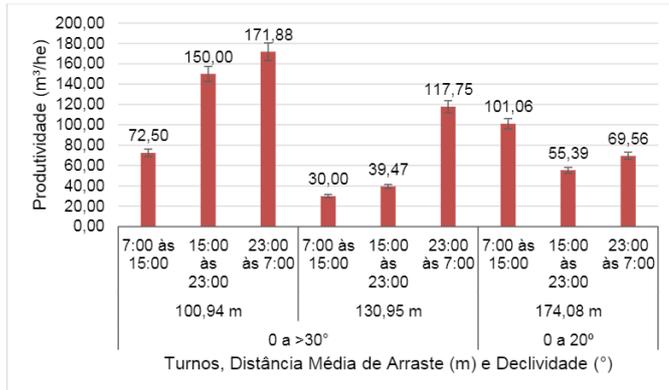
Além do *Skidder* outras máquinas como o *Forwader* com GTA apresentado por Lopes et al. (2016) ao estudarem a extração realizada por esta máquina a maior produtividade atribuída as menores classes de distância de extração sendo de 0 a 100 metros.

Em relação a distância média de arraste intermediária de 130,95 metros esta apresentou baixos valores de produtividade nos turnos das 07:00 às 15:00 horas e 15:00 às 23:00 com 30 m³/he e 39,47m³/he.

Isto pode ter ocorrido por diversos fatores não tangíveis neste trabalho como a experiência dos operadores, a aferição a campo da marcação das fichas entre

outras. Porém pode estar relacionado a distribuição dos graus maiores de declividade nas margens destes talhões conforme o Apêndice I.

Gráfico 6 - Produtividade do *Skidder* na Área A relacionado nos turnos com as respectivas Distâncias Médias de Arraste.



Após aplicar a análise estatística para o *Skidder* operando sob as condições propostas na área A é possível observar na tabela 10 que não houve diferença significativa entre as médias.

Tabela 10 – Análise estatística para o *Skidder* operando na área A.

Skidder			
Área	Declividade	Média	Desvio Padrão
A	100,94	933,75a	± 222,83
	130,95	430,92a	± 182,03
	174,08	499,8a	± 137,82
Total		621,49	± 368,396
CV(%)		59%	

Área B – Produtividade em relação a Distância Média de Arraste (m), declividade (°) e Volume Médio Individual (m³).

Sendo extraído do microplanejamento operacional a área B aborda distâncias médias de arraste de 190,68 e 198,25 metros (Tabela 11), o volume médio individual e as percentagens dos graus de declividade.

Tabela 11 – Fatores que influenciam a produtividade do *Skidder* extraídos da modelagem espacial referente a Área A.

Talhões	DMA (m)	VMI	Declividade	Área (ha)	%
0005	198,25	0,20	0° a 5°	17,48	30,14
			5° a 10°	33,54	57,84
			10° a 15°	6,25	10,79
			15° a 20°	0,71	1,22
			20° a 25°	0,01	0,02
Total				57,99	100,00
0011	190,68	0,19	0° a 5°	5,97	12,33
			5° a 10°	19,31	39,86
			10° a 15°	15,74	32,50
			15° a 20°	5,29	10,92
			20° a 25°	2,01	4,15
			25° a 30°	0,12	0,24
Total				48,44	100,00

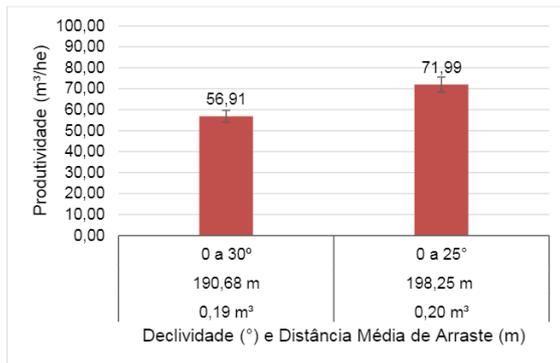
Na tabela 11 apresenta que a maior distância de 198,25 metros com o maior volume médio individual 0,20 m³, o *Skidder* operou cerca de 90% sob as declividades de 0 a 15°, sendo a de 5 a 10° a mais expressiva.

Já na menor distância média de arraste de 190,68 com o menor volume médio individual de 0,19 m³, este operou mais nas declividades de 5 a 20° representando 83% do total.

No gráfico 7 a maior produtividade do *Skidder* com 71,99 m³/he foi na classe de 0 a 25° com volume médio individual de 0,19 m³ e com a maior distância avaliada nesta área. Já o menor valor da produtividade de 56,91 m³/he na menor distância média de arraste (190,68 m) pode ser justificada por apresentar valores de área operada nas declividades de 20 a 25° e de 25 a 30° com percentuais de 4,15 e 0,24 respectivamente.

No Apêndice II é possível observar concentração das declividades supracitadas, nas margens dos talhões exigindo mais do deslocamento do *Skidder* quando comparado com a distância de 198,25 metros.

Gráfico 7 - Relação dos fatores de influência volume médio individual (m^3) e distância média de arraste (m) com a produtividade do *Skidder* na Área B.

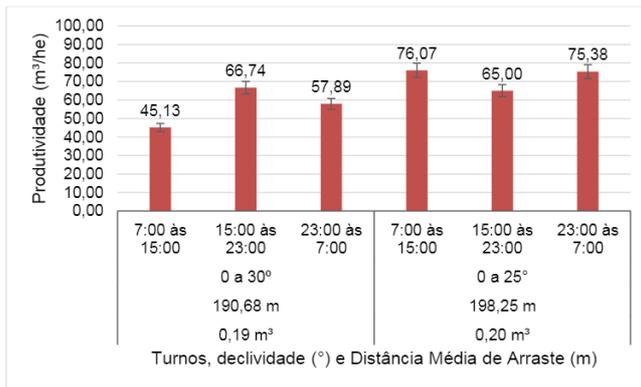


Em relação aos turnos associados aos fatores de influência para o *Skidder* na área B, o turno mais produtivo foi o das 07:00 às 15:00 horas com 76,07 m^3/he (Gráfico 8) operando com uma distância média de arraste de 198,25 metros e com declividade de 0 a 25°.

O turno de menor produtividade foi 07:00 às 15:00 horas em 190,68 metros de distância média de arraste e volume médio individual de 0,19 m^3 sob as declividades de 0 a 30°.

Esta menor produtividade na menor distância média de arraste de 190,68 metros pode ser explicada pela declividade da área com cerca de 3% a mais na classe de 20 a 25° e ainda conta com 0,24% dentro da classe de 25 a 30° o qual não ocorre em 198,25 metros.

Gráfico 8 - Produtividade do *Skidder* na Área B relacionado nos turnos com as respectivas distâncias médias de arraste (m) e volume médio individual (m^3).

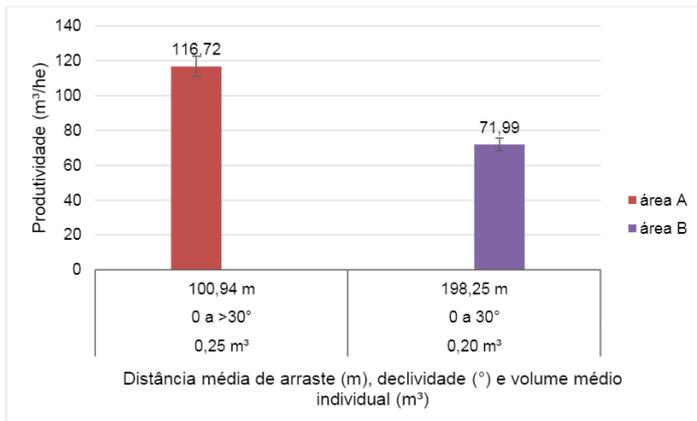


Outro fator não abordado é como Rocha et al. (2009) apresentam que há uma diferença de aproximadamente 30% a mais de interrupções nos períodos diurnos, sendo por: manutenções, revisões, visitas entre outras que podem ocorrer.

Ao comparar a relação de produtividade nas duas áreas com uma diferença de 90 metros na distância média de arraste podemos observar o quanto a distância e o volume médio individual influenciam na produtividade (Gráfico 9).

A menor distância de 100,94 metros com volume médio individual superior de 0,25 m³ obteve produtividade de 116,72 m³/he enquanto a maior distância de 198,25 metros com menor volume médio individual de 0,20 m³ resultou em 71,99 m³/he, as duas operando sob declividades de 0 a 30°.

Gráfico 9 – Comparativo de produtividade entre a maior e a menor distância média de extração.



Lopes et al. (2007) ao pesquisarem a produtividade do *Skidder* concluíram que esta decresce com o aumento da distância média de arraste devido a demandar maior tempo em seu ciclo operacional. Também observou que em curtas distâncias com maiores valores de declividade é possível obter valores significativos de produtividade.

Analisando a estatística empregada para a produtividade do *Skidder* na área B é possível notar que não houve diferença estatística significativa nestas condições.

Tabela 12 – Análise estatística para o *Skidder* operando na área B.

		Skidder
B	190,68	455,29a ± 80,21
	198,25	505,5a ± 97,43
Total		480,39 ± 252,4
CV(%)		53%

5.1.3 Garra Traçadora

Analisando os dados referentes à *Garra Traçadora* a área que se sobressaiu foi a Área B com 68,08 m³/he e a Área A foi de 56,08 m³/he (Tabela 13). Tais valores são aproximados ao encontrado por Lopes, et al. (2008) que variou entre 50,16 a

76,55 m³/h, sendo que este autor considerou a média de volume por hectare, variando de 100 a 300 m³/ha.

Tabela 13 – Dados referente a comparação de áreas de atuação da *Garra Traçadora*.

Áreas		ÁREA A	ÁREA B
Análise Descrita	Unidade	Total	
Produção	m ³	20891,6	4901,93
Indivíduos	n ^o	86000	24806
Horas trabalhadas	h	368	72
Horas paradas	h	0	0
Horas que deveriam ser trabalhadas	h	368	72
Indivíduos/h	ind/h	233,7	344,53
Produtividade	m³/h	56,8	68,08

Área A –Fatores de influência na produtividade da *Garra traçadora*.

Afim de identificar fatores que influenciam a produtividade da *Garra traçadora*, a modelagem espacial junto ao microplanejamento permitiu que fosse possível levantar as divisões de arraste, a declividade e a área que representam estes fatores (Tabela 14).

Neste microplanejamento são determinadas as divisões de arraste para maximizar a eficiência do *Skidder*, concentrando o corte do *Feller-buncher* dentro destas áreas. Também subsequentemente a atuação da *Garra Traçadora*, implica no escoamento da madeira através do transporte determinando os locais de empilhamento.

Tabela 14 – Divisões de arraste e declividade (°) da área A.

Divisões de Arraste	Declividade (°)	Área (ha)	Divisões de Arraste	Declividade (°)	Área (ha)	
7a	0° a 5°	2,30	9d	0° a 5°	2,00	
	5° a 10°	5,75		5° a 10°	4,43	
	10° a 15°	1,98		10° a 15°	2,17	
	15° a 20°	0,30		15° a 20°	1,27	
Total	10,33			20° a 25°	0,80	
7b	0° a 5°	1,94			25° a 30°	0,41
	5° a 10°	5,71			> 30°	0,05
	10° a 15°	1,57		Total		11,12
	15° a 20°	0,06		9e	5° a 10°	0,01

Total		9,28		10° a 15°	0,11
7c	0° a 5°	2,01		15° a 20°	0,09
	5° a 10°	5,48		20° a 25°	0,12
	10° a 15°	2,11		25° a 30°	0,02
	15° a 20°	0,31	Total	0,35	
Total		9,91		0° a 5°	0,09
9a	0° a 5°	1,59	9f	5° a 10°	0,39
	5° a 10°	1,87		10° a 15°	0,80
	10° a 15°	0,74		15° a 20°	1,32
	15° a 20°	0,11		20° a 25°	0,90
Total		4,32		25° a 30°	0,53
9b	0° a 5°	5,21		> 30°	0,27
	5° a 10°	7,58	Total	4,30	
	10° a 15°	1,59	15a	0° a 5°	1,06
	15° a 20°	0,32		5° a 10°	3,90
	20° a 25°	0,14		10° a 15°	2,49
	25° a 30°	0,07		15° a 20°	0,36
> 30°	0,05		20° a 25°	0,08	
Total		14,96	Total	7,89	
9c	0° a 5°	1,56	15b	0° a 5°	1,61
	5° a 10°	5,78		5° a 10°	3,68
	10° a 15°	2,76		10° a 15°	2,67
	15° a 20°	1,10		15° a 20°	1,28
	20° a 25°	0,54		20° a 25°	0,57
	25° a 30°	0,06		25° a 30°	0,27
Total		11,81		> 30°	0,01
			Total	10,08	
			15c	0° a 5°	0,07
				5° a 10°	0,53
				10° a 15°	0,15
				15° a 20°	0,02
			Total	0,78	
			Total Geral	95,12	

Analisando o gráfico 10 é possível notar que a maior produtividade se encontra no volume médio individual de 0,24 m³ com produtividade de 58,78 m³/he. A área de 0,24 m³ representa o talhão 0009 onde se encontra na tabela 14 com suas respectivas divisões de arraste bem como declividade.

Nesta tabela supracitada é possível observar que no talhão 0009 ocorre 6 subdivisões, com maior área nas declividades de 5 a 15° podendo influenciar no caráter da produtividade do *Skidder* e subsequentemente na *Garra traçadora*.

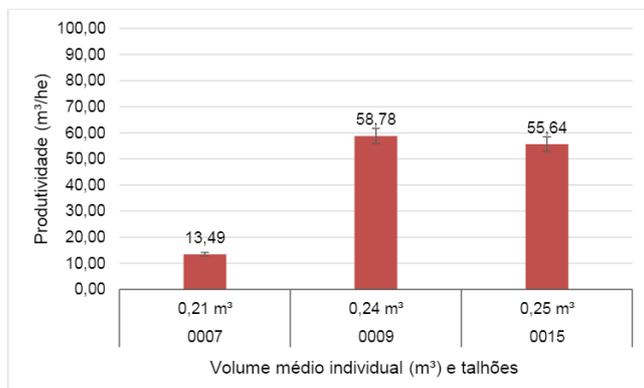
Onde as divisões de arraste influenciam na densidade de feixes arrastados pelo *Skidder*, um baixo número de divisões de arraste caracteriza um maior volume de feixes em um pequeno espaço quando comparado com locais com maior divisão.

A influência destes na *Garra Traçadora* se dá por meio dos locais para empilhamento, parâmetro de extrema importância para as divisões, onde locais com mais de uma saída para o escoamento da madeira tem maior rendimento que os que possuem apenas dois lados para escoamento.

Isto deve-se ao fato de que a maior densidade destes locais torna o arraste com melhor distribuição, com arrastes mais baixos, melhorando o estaleiro para o traçamento explicando a baixa produtividade de 15,37 m³/h na Área B com VMI de 0,19 m³. Leite (2014) apresenta que em um ciclo operacional cerca de 14% foi destinado ao “Arrumar pilha” sendo retratado pela elevada altura média da pilha, onde foi necessário que o operador interrompesse a operação de trabalho e realocasse os toretes das partes mais baixas para o topo da pilha almejando liberar espaço para que os próximos feixes fossem processados.

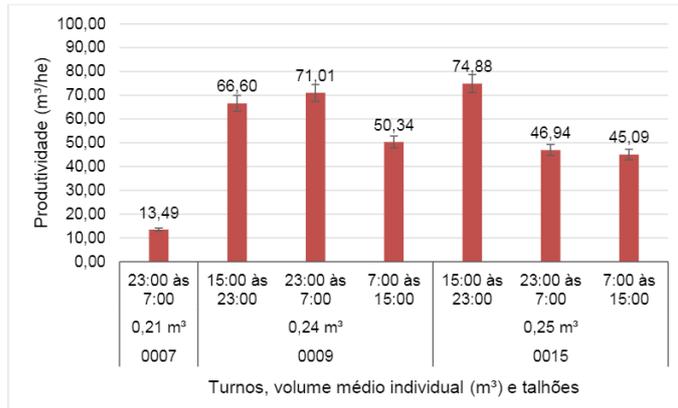
O que pode interferir na produção da *Garra Traçadora* é um alto volume de feixes empilhados em um pequeno espaço, onde demanda maior manobra das máquinas para processar e empilhar (ARAÚJO, 2014).

Gráfico 10 – Produtividade da *Garra traçadora* quando relacionado ao volume médio individual (m³).



Em relação aos turnos de produtividade da *Garra traçadora* a produtividade mais expressiva no gráfico 11 foi o turno das 15:00 às 23:00 horas com 74,88 m³/he volume médio individual de 0,25 m³.

Gráfico 11 – Relação da produtividade da *Garra traçadora* com volume médio individual em seus respectivos turnos.



Tais valores abordados nas áreas também corroboram com Diniz, et al. (2018) que em um povoamento de *Eucalyptus dunii* com volume médio individual de 0,5577 m³ com 11 anos, apresentando 71,95 m³/h, estes apontam que a produtividade deste equipamento aumenta conforme o gradiente de Volume Médio Individual.

Tabela 15 – Divisões de Arraste na Área B onde operou a *Garra traçadora* em classes de declividade.

Divisões de Arraste	Declividade (°)	Área (ha)	Divisões de Arraste	Declividade (°)	Área (ha)
11a	0° a 5°	0,54	5a	0° a 5°	5,48
	5° a 10°	2,60		5° a 10°	11,94
	10° a 15°	2,66		10° a 15°	2,56
	15° a 20°	0,99		15° a 20°	0,61
	20° a 25°	0,34		20° a 25°	0,01
	25° a 30°	0,08		Total	20,60
Total	7,19	5b	0° a 5°	2,71	
11b	0° a 5°		0,71	5° a 10°	5,15
	5° a 10°		3,70	10° a 15°	0,31
	10° a 15°	5,60	Total	8,18	
	15° a 20°	2,41	5c	0° a 5°	7,20
	20° a 25°	1,28		5° a 10°	12,58
25° a 30°	0,04	10° a 15°		2,21	

Total		13,74		15° a 20°	0,04
11c	0° a 5°	1,04	Total		22,04
	5° a 10°	2,96	5d	0° a 5°	2,08
	10° a 15°	2,32		5° a 10°	3,87
	15° a 20°	0,22		10° a 15°	1,17
	20° a 25°	0,09		15° a 20°	0,05
Total		6,63	Total		7,18
11d	0° a 5°	3,68	Total Geral		106,42
	5° a 10°	10,05			
	10° a 15°	5,17			
	15° a 20°	1,67			
	20° a 25°	0,31			
Total		20,87			

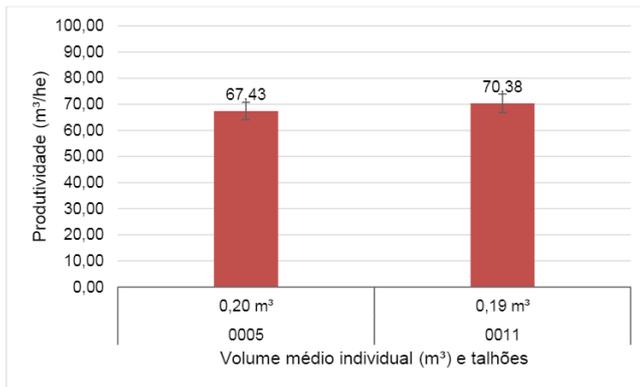
Uma abordagem observada que implica na produtividade da *Garra Traçadora* é relacionada ao microplanejamento do sistema como um todo, neste é determinado as operações do *Feller-buncher*, *Skidder* e conseqüentemente na *Garra Traçadora*.

Pode se observar no gráfico 12 que a produtividade mais significativa foi quando a máquina operou no talhão 0011 com volume médio individual de 0,21 m³ com produtividade de 70,38 m³/he.

Alves et al. (2015) concluíram que a produtividade está inversamente proporcional as horas trabalhadas e diretamente relacionada com o volume médio individual, conseqüentemente com o volume cortados nas áreas de extração.

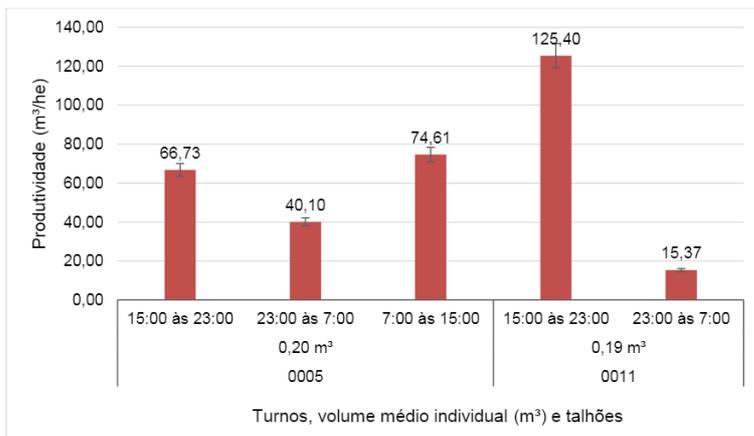
Ao correlacionar com a tabela 15 pode-se notar que os dois talhões possuem a mesma densidade de divisão de arraste, ou seja, as duas possuem 4 divisões.

Gráfico 12 – Produtividade da *Garra traçadora* na área B.



Quando levantados valores relacionados aos turnos é possível observar no gráfico 13 que a maior produtividade ocorreu no turno das 15:00 às 23:00 horas no talhão 0011 com 0,19 m³.

Gráfico 13 – Turnos de produtividade relacionados a área B para a *Garra traçadora*.



Åkerstedt (2013 apud Alves, 2015) aborda que nos horários dos primeiros turnos a produtividade é elevada quando comparado turnos noturnos onde justificado pela iluminação natural e maior visibilidade do operador.

Ao observar os resultados da análise estatística para a produtividade média da *Garra traçadora* de cada área, esta não obteve diferença significativa entre as médias apresentadas conforme a tabela 16.

Tabela 16 – Análise estatística para a *Garra traçadora* comparando as duas áreas produtividades.

Garra traçadora		
Área	Média	Desvio Padrão
A	396,026 a ±	194,809
B	544,658 a ±	230,384
Total	470,34 ±	226,281
CV (%)	48,109	

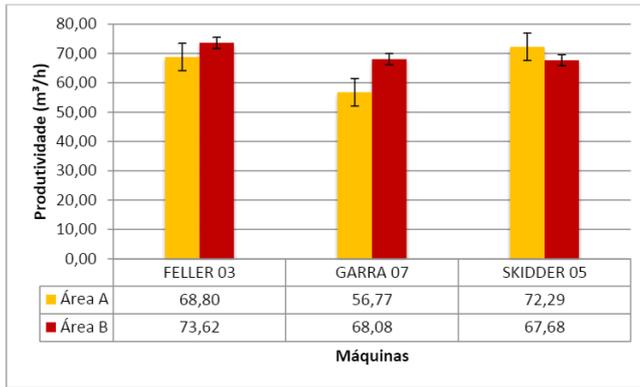
5.2 Comparativo do modal nas áreas

A partir das análises decorridas na discussão do presente trabalho é possível notar que as áreas mesmo com condições operacionais diferentes ainda estiveram num mesmo patamar de produtividade.

Observando o modal operando nas duas áreas (Gráfico 14) e considerando a produtividade de m³ por hora pode-se concluir que a atuação do modal na Área B foi mais eficiente quando relacionado a produtividade das três máquinas *Feller-buncher*, *Skidder* e *Garra Traçadora* com 73,62 m³/h, 67,68 m³/h e 68,08 m³/h.

Porém a Área A também foi produtiva com estas máquinas sendo de 68,80 m³/h, 72,29 m³/h e 56,77 m³/h, onde é possível analisar que o processo para operações na empresa segue um padrão operacional, bem como a atuação das mesmas máquinas nas duas áreas.

Gráfico 14 – Comparação da produtividade do modal de colheita atuando nas Áreas A e B.



6 CONCLUSÕES

Neste trabalho, considerando a análise estatística empregada não houve diferença significativa entre as médias de produtividade estudadas, logo nenhuma conclusão definitiva pode ser obtida desses valores. Isto ocorre devido ao alto número de variáveis aleatórias envolvidas, o que acaba por exigir uma diferença maior entre as médias para se ter uma significância estatística.

Além da variação ao acaso, foi encontrado indícios de erro humano no preenchimento dos dados, o que implicou em resultados muito fora dos valores esperados, como foi o caso da *Garra traçadora* durante a identificação dos turnos, o que certamente colaborou na dispersão estatística afastando os resultados da significância desejada.

Para futuros trabalhos nesta área, a qual envolve muitas variáveis complexas, sugere-se reduzir o máximo possível número de variáveis abordadas, como por exemplo estudar apenas uma máquina atuando em uma única área

7 REFERÊNCIAS

ALVES, E. G.; FIEDLER, N.C.; CARMO, F. C. A de.; LOPES, E. S da.; LACHINI, E.; EUGENIO, F. C. Efeito do turno de trabalho na produção e produtividade de máquinas de colheita de madeira. **Nativa**, Sinop, v.03, n.03, p.201-204, 2015. DOI: 10.14583/2318-7670.v03n03a09

ARAÚJO, L. C. **Influência dos corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal**. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias. 65p. Diamantina, UFVJM, 2014.

BROWN, R. O.; DINIZ, C. C. C. Colheita florestal e manutenção de equipamentos móveis. In: Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal UFPR, 1., 2017, Curitiba. **SEAFLO**. Curitiba:UFPR, 2017.

CAMARGO JUNIOR, R. R de. **Análise de sistemas de colheita de povoamentos de eucalipto com baixa produtividade**. Dissertação (Mestrado na Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz") Piracicaba, 2013.

DINIZ, C. C. C.; ROBERT, R. C. G.; VARGAS, M. B. Avaliação técnica de cabeçotes individual e múltiplo no processamento de madeira. **Advances in Forestry Science**, v.5, n.1, p.253-258, 2018.

FENNER, M. I. **O fator tributário no planejamento estratégico para povoamentos de *Pinus taeda***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, p.84, 2006.

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

FOOD AND AGRICULTURE ORGANAZATION OF THE UNITED NATIONS. (FAO) Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento, **Roma**, v.2, p. 171, 1978.

FREITAS, K. E. **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, 19 f., 2005.

IBGE. **Censo 2020**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama>> Publicado em 2019 Acesso em: 17 nov. 2020

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v.34, p.1-8, 2019.

JACOVINE, L. A. G. et al. Avaliação da perda de Madeira em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005.

LEITE, A. M. P. **Análise da terceirização na colheita florestal no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 300 p. , Viçosa, MG, 2002.

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

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem do desempenho da extração de madeira pelo “forwarder”. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n.5, p. 879-887, 2014.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação do solo. **São Paulo**: Oficina de Textos, 2007.

LIMA, J. S. S. de; SOUZA, de, A. P.; MACHADO, C. C.; OLIVEIRA, de, R. B. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores “Feller-buncher” e “Skidder” utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.2, p. 291-298, 2005.

LIMA M. P. **Metodologia para o planejamento da colheita e do transporte florestal utilizando geotecnologia e pesquisa operacional**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, 46 f., 2009.

LIMA, J.S.S.; LEITE, A.M.P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. P. 15-42.

LOPES, E. S. da; MISSEL, J. W. P.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica do trator florestal arrastador “*Skidder*” com diferentes tipos de rodados na extração de madeira em povoamentos de pinus. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.6, p. 1053-1061, 2007.

LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; ARAUJO, A. J.; SILVA, P. C. Avaliação do treinamento de operadores de *harvester* com o uso de simulador de realidade virtual. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p. 291-298, 2008.

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. **Revista Scientia Forestalis**, v.36, n.79, p. 215-222, set. 2008.

LOPES, E. S.; TONHATO, L.; RODRIGUES, C. K.; SERPE, E. L. Declividade do terreno e distância de extração na produtividade do *forwarder* com guincho de tração auxiliar. **Nativa**, Sinop, v.4, n.6, p.347-352, nov/dez. 2016.

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

MACHADO, C.C.; LOPES, E. S. Planejamento. In:MACHADO, C.C **Colheita Florestal** 2ª ed. Viçosa, Editora UFV, p. 185-230, 2008.

MACHADO, C. C. **Sistemas de Colheita Florestal**, Departamento de Engenharia Florestal – UFV, Viçosa, 2011.

MACHADO, C. C. **Colheita florestal. 3ª edição Viçosa; Editora UFV, 2014.**

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análises 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, v.36, n.2, p. 169-182, 2006.

MALINOVSKI, R. A. **Otimização da distância de extração de madeira com forwarder**. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: A questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. Dissertação (Mestrado em História Social) 320f. – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2004.

NASCIMENTO, F. A. F.; DIAS, A. N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; MIRANDA, G. M. Uso da meta-heurística otimização por exame de partículas no planejamento florestal. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 577-565, 2012.

OLIVEIRA de, R. J.; MACHADO, C. C.; SOUZA de, A. P.; LEITE, H. G. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Clambunk Skidder”. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n.2, p.267-275, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de; SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Produtividade de *Feller-buncher* em povoamento de eucalipto em relevo acidentado. **Revista Floresta**, v. 39, n.4, p. 905-912, out/dez, 2009.

PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. S. da; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do *Feller-buncher buncher* e *Skidder* na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n.4, p. 981-989, out-dez., 2015. DOI: 10.5902/1980509820659

PEREIRA A. L. N.; LOPES, E. S.; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do *Feller-buncher buncher* e *Skidder* na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 981-989, 2015. ISSN 0103-9954

ROBERT, R. C. G.; NASCIMENTO, K. A. O. Colheita florestal em terrenos declivosos. **Guia prático de operações florestais na colheita de madeira**. Curitiba: UFPR, 2012. p. 60-78.

ROCHA da, E. B.; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E. S. da; GUIMARÃES, P. P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Revista Cerne**, v. 15, n. 3, jul/set, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74413021015>> Acesso em: 20/11/2020.

RODRIGUES, C. K. Introdução ao estudo da mecanização na silvicultura. **Curitiba: s.n**, 60 p., 2018. ISBN: 978-85-924196-1-5

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológica do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v.10, p. 41-58. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004>> Acesso em: 17 Nov. 2020.

SEIXAS, F.; CASTRO, G. P. Extração. **Colheita Florestal**, ed. 3, v.1, p. 106-161, Viçosa: UFV, 2014.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do *Feller-buncher* e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v.24, n.3, p. 621-630, 2014.

SILVA, G. F.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L.; RODRIGUES, F. L.; SANTOS, H. N. Problemas com o uso de programação linear com posterior arredondamento da solução ótima, em regulação florestal. **Árvore**, Viçosa, v. 27, n.5, p. 677-688, 2003.

VIEIRA, G. C.; FREITAS, L. C.; CERQUEIRA, P. H. A.; SILVA, E. F.; BRITO, G. S.; SOUZA de, A. M. Custos operacionais e de produção na atividade mecanizada de corte florestal. **Revista Nativa**, v. 4, n.5, p. 342-346, set/out. 2016. DOI:10.14583/2318-7670.v04n05a12

8 APÊNDICES

APÊNDICE I – Mapa da Área A variável VMI associada à altimetria local.

APÊNDICE II – Mapa da Área B variável VMI associada à altimetria local.

APÊNDICE III – Mapa da Área A correlação entre as variáveis: DMA e Declividade.

APÊNDICE IV – Mapa da Área B correlação entre as variáveis: DMA e Declividade.

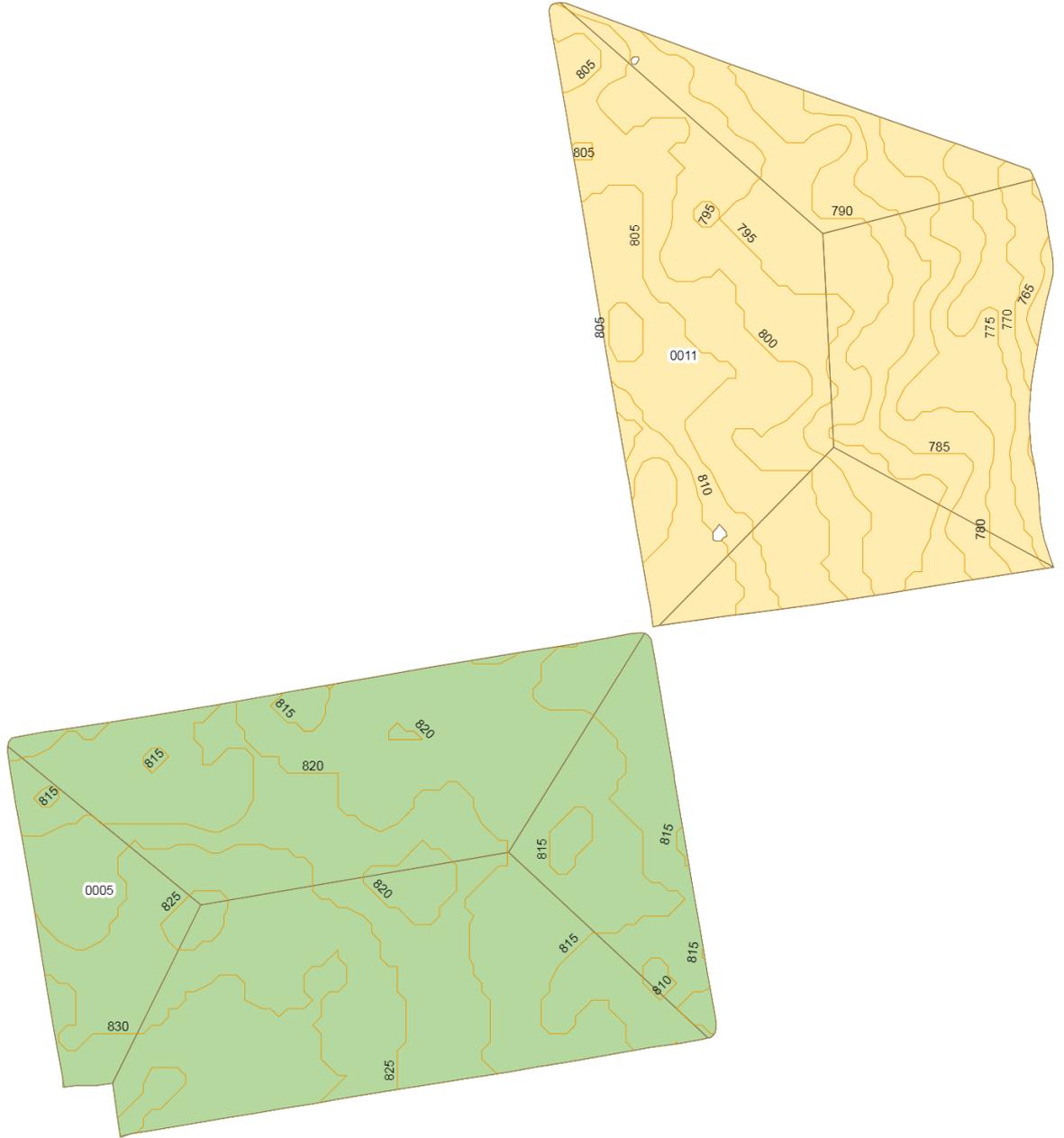
APÊNDICE I - Mapa Área A variável VMI associada a altimetria do local.



APÊNDICE II - Mapa Área A variável VMI associada a altimetria do local.

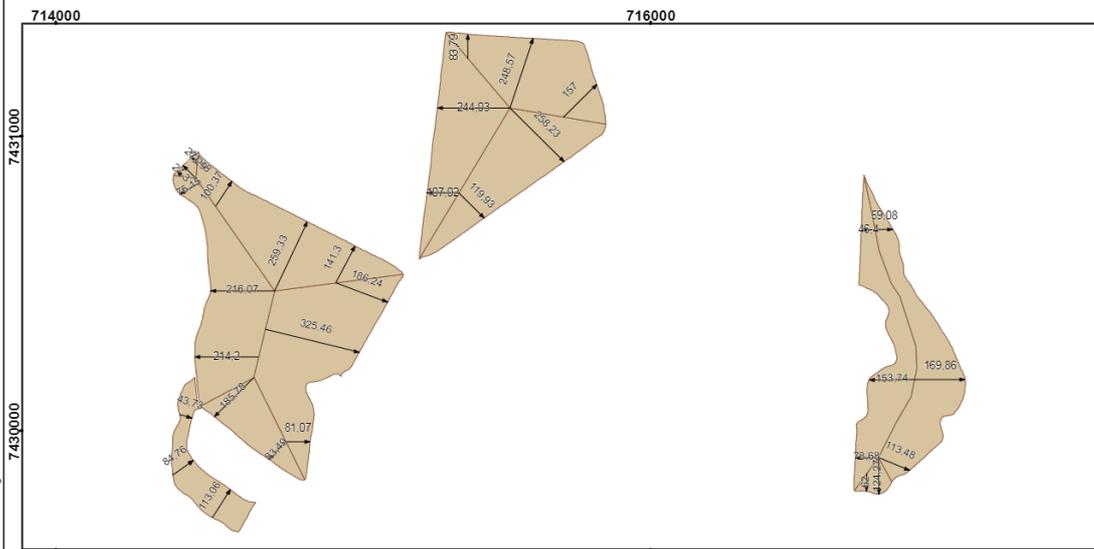
738000

7452000



738000

7451000



RELAÇÃO DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE X VOLUME MÉDIO INDIVIDUAL X DECLIVIDADE
 RESPONSÁVEL TÉCNICA: ANA PAULA BRANDÃO
 FAZENDA: "B"
 MUNICÍPIO: PARANAPANEMA
 CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

GRAUS OPERACIONAIS

0° a 5°	10° a 15°	20° a 25°	COLHEITA
5° a 10°	15° a 20°	25° a 30°	ARRASTE
> 30°			

EIXO

- NATURA
- PRINCIPAL
- SECUNDÁRIA
- VIRTUAL

VMH

ESCALA E SISTEMA DE COORDENADAS

ESCALA: 1:17.090
 DATUM: SIRGAS 2000
 FUSO: UTM 22S
 BASE DE DADOS: GEOGRÁFICO S/EMPRESA

0 80 160 320 Metros

TABELAS DE VALORES

TABELA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTO/TALHÃO

Talhões	DMA (m)
0007	174,08
0009	130,95
0015	100,94
Total Geral	132,88

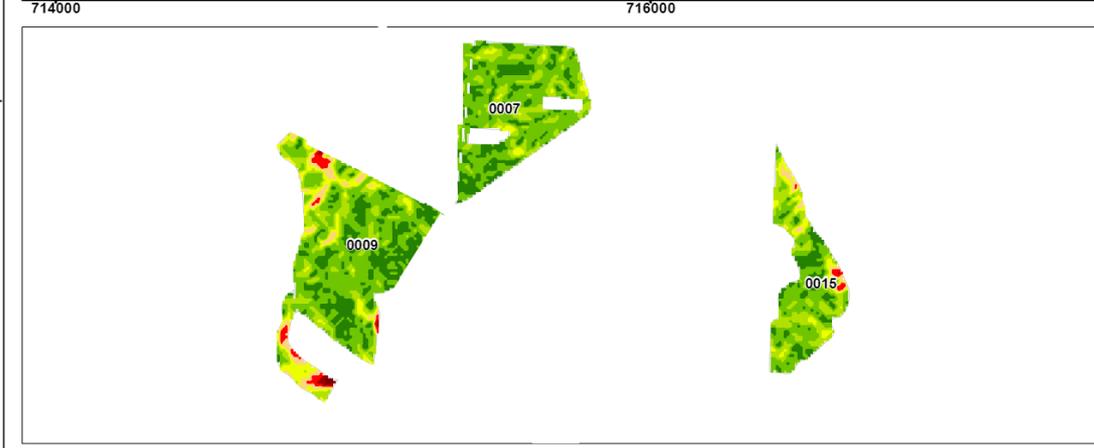


TABELA DECLIVIDADE/TALHÃO

Talhões	Declividade	Área (ha)	%
0007	0° a 5°	6,25	21,18
	5° a 10°	16,93	57,35
	10° a 15°	5,66	19,18
	15° a 20°	0,67	2,28
Total talhão		29,52	100
0009	0° a 5°	10,46	22,32
	5° a 10°	20,06	42,82
	10° a 15°	8,18	17,46
	15° a 20°	4,22	9,00
	20° a 25°	2,49	5,32
	25° a 30°	1,08	2,31
	> 30°	0,36	0,77
Total talhão		46,84	100
0015	0° a 5°	2,74	14,60
	5° a 10°	8,11	43,24
	10° a 15°	5,31	28,33
	15° a 20°	1,66	8,87
	20° a 25°	0,65	3,48
	25° a 30°	0,27	1,42
	> 30°	0,01	0,05
Total talhão		18,75	100

