

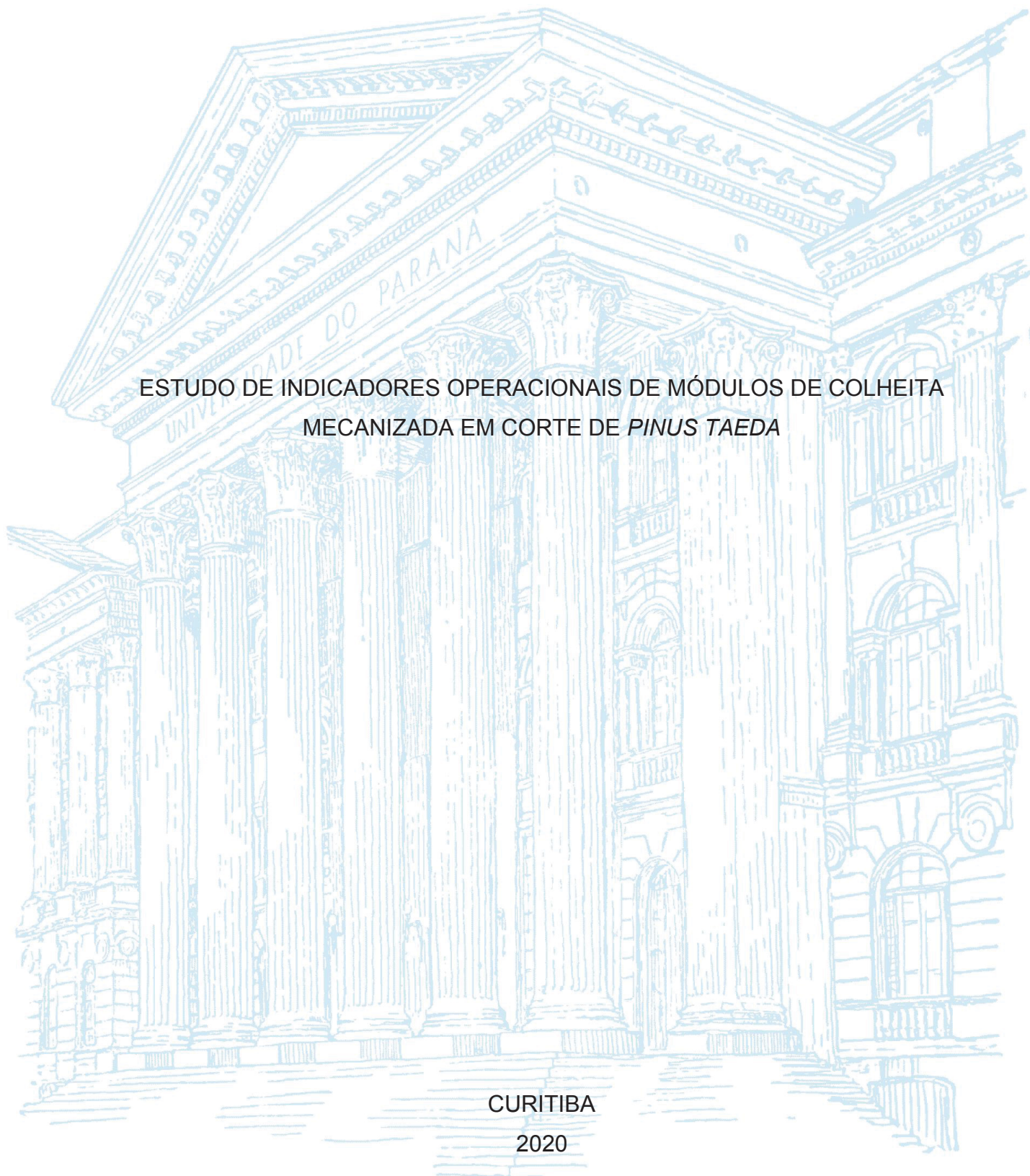
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO DO CARMO

ESTUDO DE INDICADORES OPERACIONAIS DE MÓDULOS DE COLHEITA
MECANIZADA EM CORTE DE *PINUS TAEDA*

CURITIBA

2020



RODRIGO DO CARMO

ESTUDO DE INDICADORES OPERACIONAIS DE MÓDULOS DE COLHEITA
MECANIZADA EM CORTE DE *PINUS TAEDA*

Relatório Técnico Científico Final apresentado ao curso de MBA Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiana Cristina Guimarães Kaminski.

CURITIBA

2020

RESUMO

Com o avanço do setor florestal e a crescente utilização de áreas declivosas para plantios florestais sabe-se que a colheita em áreas declivosas é um desafio. O objetivo dessa pesquisa foi descrever e avaliar através dos indicadores operacionais diferentes módulos de colheita adotados em três classes de relevo na colheita de *Pinus taeda*. A metodologia abordada foi a de estudo de caso aplicado à atividade de colheita florestal em áreas íngremes. O estudo foi realizado em uma área de reflorestamento de *Pinus taeda*, com 18 anos de idade, sem desbaste que apresentava 450 m³/ha situada em uma região denominada Vale do Ribeira, Mesorregião Metropolitana de Curitiba, no Paraná. Primeiramente foi descrito os módulos de colheita utilizado pela empresa em 3 níveis de declividade caracterizados pelo módulo I de maquinários John Deere que atuam até 25°, módulo II de maquinários Ponsse acoplados com guincho que operam até 35° e o módulo III com as motosserras e cabos aéreos que operam em um declividade de 35° a 45°, todos os módulos operam no sistema de toras curtas. Foi fornecido pela empresa dados de 22 dias de coleta dos módulos e após foi determinado os indicadores operacionais de disponibilidade mecânica (DM), eficiência operacional (EO) e taxa de utilização (TU) dos módulos I e II utilizando o levantamento obtido dos computadores de bordo das máquinas. O módulo I obteve valores de disponibilidade mecânica de 70% tanto para o *Harvester* quanto para o *Forwarder*, já para eficiência operacional o *Harvester* apresentou 60% e o *Forwarder* 80% resultando em uma taxa de utilização para o *Harvester* e o *Forwarder* de 42% e 56% respectivamente. Já o módulo II, com maquinários *Ponsse*, determinou-se os valores tanto de disponibilidade mecânica quanto de eficiência operacional de 95% para o *Harvester* e 90% para o *Forwarder*, resultando em uma taxa de utilização de 90% para o *Harvester* e 81% para o *Forwarder*. O módulo III composto pelas torres apresentaram uma produção total de 2000 m³/mês/torre. Através dos resultados apresentados dentro da proposta do trabalho pode-se concluir que os maquinários *Ponsse* por conta de serem maquinários mais novos e apresentarem uma estrutura mais robusta e desenvolvida para trabalhos em áreas declivosas apresentaram melhores indicadores operacionais.

Palavras-chave: Operação Florestal. Indicadores Operacionais. Máquinas Florestais. Áreas declivosas.

ABSTRACT

With the advancement of the forestry sector and the increasing use of sloping areas for forest plantations, it is known that harvesting in sloping areas is a challenge. The objective of this research is to describe and evaluate through the operational indicators different harvest modules adopted in three classes of relief in the *Pinus taeda* harvest. The methodology used was that of a case study applied to the forest harvesting activity in sloping areas. The study was carried out in an 18 years old *Pinus taeda* reforestation area located in a region called Vale do Ribeira, Metropolitan Mesoregion of Curitiba, Paraná. Firstly, the harvesting modules used by the company were described in 3 levels of slope characterized by module I of John Deere machines operating up to 25°, module II of Ponsse machine coupled with winch operating up to 35° and module III with towers with overhead cables operating in a slope of 35° to 45°, after the operational indicators of mechanical availability (DM), operational efficiency (EO) and machine utilization (MI) of modules I and II were determined using the survey obtained from the machines on-board computers. Module I, of John Deere machines obtained values of mechanical availability of 70% for both Harvester and Forwarder, while for operational efficiency Harvester presented 60% and Forwarder 80% resulting in a machine utilization for Harvester and 42% and 56% Forwarder respectively. Module II, with Ponsse machinery, determined the values of both mechanical availability and operational efficiency of 95% for Harvester and 90% for Forwarder, resulting in a machine utilization of 90% for Harvester and 81% for the Forwarder. Module III composed of the towers had total productivity of 2000 m³/month/tower. Through the results presented within the proposal of this work it can be concluded that Ponsse machines because they are newer machinery and have a more robust and developed structure for work in sloping areas presented better operational indicators.

Keywords: Forest Harvest. Operational Indicators. Forestry Machines. Sloping areas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 OBJETIVOS	6
1.1.1 Objetivo Geral	6
1.1.2 Objetivos Específicos	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 COLHEITA FLORESTAL.....	7
2.1.1 Sistemas de Colheita Florestal	7
2.1.2 Mecanização e Máquinas Florestais	8
2.1.3 Colheita Florestal em áreas Montanhosas	9
2.1.4 Indicadores Operacionais de Colheita Florestal	10
3 MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	11
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.3 SISTEMA E ESTRUTURA DE COLHEITA.....	13
3.3.1 Módulo I – Harvester + Forwarder (John Deere).....	13
3.3.2 Módulo II – Harvester + Forwarder (Ponsse)	14
3.3.3 Módulo III – Motosserras + Cabos Aéreos	16
3.3.4 Suporte Mecânico	17
3.3.5 Sede e Comunicação	17
3.3.6 Saúde e Vivência	18
3.3.7 Segurança	18
3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1 INDICADORES OPERACIONAIS E DE PRODUÇÃO	20
4.1.1 Módulo I – <i>Harvester + Forwarder (John Deere)</i>	20
4.1.2 Módulo II – <i>Harvester + Forwarder (Ponsse)</i>	21
4.1.3 Módulo III – Torres + Cabos Aéreos.....	22
4.2 ANÁLISE DOS DADOS	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

Segundo o anuário da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2019) o Brasil hoje soma 7,83 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo o Eucalipto a principal espécie cultivada, seguida pelo Pinus e outras espécies como Teca, Seringueira e Paricá, representando 6,9% do PIB industrial do país.

Juntamente com esse avanço das áreas plantadas, houve também a necessidade de desenvolver maquinários florestais que pudessem substituir a exploração manual das florestas trazendo mais produtividade e rentabilidade ao negócio. Segundo Sanches (2014), foi na década de 1990 com a abertura das importações e com o desenvolvimento de máquinas com *design* mais ergonômico, motosserras mais leves, e também a introdução de maquinários com cabeçote de corte e processamento da madeira que a mecanização florestal passou a ser usada em larga escala na colheita florestal do Brasil.

De todas as operações que envolvem o manejo florestal a colheita é a operação mais dificultosa, pois o rendimento e a eficiência da atividade estão diretamente ligados ao grau de declive do terreno já que áreas acidentadas demandam mais mão de obra, apresentam alto risco de acidentes e também um maior custo com deslocamento e alimentação do pessoal, sem contar que a produtividade é menor se comparado a produtividade diária de um maquinário florestal.

De acordo com Sei (2013), a mecanização florestal na atividade de colheita começa a ser dificultada quando o terreno apresenta declividade acima de 25° e isso gera muitos desafios ao setor, visto que quanto maior for o grau de declividade do terreno menor é a taxa de mecanização das operações, e mesmo quando mecanizadas precisam ser com equipamentos específicos para atividades em terrenos com topografia extrema.

Por se tratar de uma operação com alto custo operacional, é necessário um planejamento e gerenciamento eficientes das operações. Os indicadores operacionais são uma forma de gerenciar a colheita sendo um aliado ao planejamento, pois, permitem à organização avaliar o rendimento e produtividade dos maquinários bem como verificar em caso de baixo desempenho onde está a dificuldade do módulo em operação.

O desafio do setor florestal na colheita é a busca de inovações tecnológicas e o aperfeiçoamento de técnicas operacionais para viabilizar e disseminar no mercado

as opções possíveis atualmente para a colheita em áreas com nível considerável de declividade.

Com o avanço do setor florestal e uma crescente utilização de áreas declivosas para plantios florestais, as empresas vêm buscando alternativas tecnológicas para elevar a produtividade da colheita nessas áreas.

Sabe-se que a colheita em áreas declivosas é um desafio portanto justifica-se este trabalho pois descreve métodos de colheita florestal onde houve investimentos em estruturas avançadas e tecnologias que apresentam melhorias nos aspectos de produtividade, comunicação, saúde e segurança no processo de colheita florestal em áreas declivosas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa foi descrever e avaliar através dos indicadores operacionais diferentes módulos de colheita adotados em três classes de declividade na colheita de *Pinus taeda*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever a estrutura de colheita utilizada em áreas florestais em até três níveis de declividade diferente;
- Avaliar através dos indicadores operacionais e de produção a eficiência do módulo composto por *Harvester* e *Forwarder* da marca *John Deere* em até 25° de declividade;
- Avaliar através dos indicadores operacionais e de produção a eficiência do módulo composto por *Harvester* e *Forwarder* da marca *Ponsse* em até 35° de declividade;
- Avaliar indicadores de produção na operação com torres ancoradas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COLHEITA FLORESTAL

Segundo a definição de Machado *et al.*¹ (2014) *apud* Rodrigues (2018), colheita florestal é o conjunto de operações que são realizadas no maciço florestal com objetivo de levar a madeira até o local do transporte. Ainda segundo os autores, a colheita é composta por corte (derrubada, desgalhamento, descascamento, traçamento, destopamento e pré extração), extração e carregamento.

A colheita florestal pode ser definida basicamente como sendo a união de todas as operações destinadas a derrubada ou corte de árvores e também a extração das mesmas (FIORENTIN, 2012).

De acordo com Malinovski (2003) a colheita da madeira e o transporte florestal representam em média de 60% a 70% dos custos da madeira colocada no pátio das empresas. Por isso a importância do desenvolvimento de sistemas de colheita mais produtivos.

A colheita semimecanizada é utilizada, principalmente, em terrenos acidentados e em áreas de baixa produtividade, já a colheita mecanizada requer altos investimentos, e apresenta como principais vantagens o baixo custo econômico e alta produtividade (SANTOS, 2014).

Percebe-se, no cenário florestal atual, uma ampla gama de variações dentro dos sistemas de colheita de madeira, com a inserção de diferentes equipamentos e técnicas, os quais devem sempre atender para a sustentabilidade do negócio florestal. (OLIVEIRA, 2013).

2.1.1 Sistemas de Colheita Florestal

De acordo com Malinovski e Malinovski² (1998) *apud* Oliveira (2013), sistema é todo o conjunto de elementos e processos, o que pode ser definido dentro da

¹ MACHADO, C.C.; SILVA, E.N.; PEREIRA, R.S. **O setor florestal brasileiro e a colheita florestal.** In: MACHADO, C.C. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 543

² MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, J.R. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região Sul do Brasil.** Curitiba: FUPEF, 1998. 108p.

colheita florestal como todas as atividades que vão desde a derrubada até a madeira posta fábrica.

Ainda segundo Oliveira (2013) a escolha do sistema mais adequado vai depender da topografia, volume do povoamento, tipo de floresta, uso final da madeira e recursos disponíveis. Ele ainda cita os vários tipos de sistema de colheita florestal, o sistema de toras curtas (*cut to length*), sistema de toras longas (*tree-length*), sistema de árvores inteiras (*full-tree*), sistema de árvores completas (*Whole-tree*) e sistemas de cavequeamento (*chipping*).

Segundo Fiorentin (2012) no sistema de toras curtas (*cut to length*) as toras são processadas no local da derrubada, de onde são transportadas até o estaleiro de madeira em forma de toras de até 6 metros de comprimento para posteriormente serem carregadas. Uma facilidade deste sistema, segundo o portal Ambiente Brasil (2020), é a do deslocamento de pequenas distâncias e a baixa agressão ao meio ambiente.

Ramos *et al.* (2016) comentam que as principais máquinas para atender o sistema de toras curtas são os tratores florestais autocarregáveis denominados *Forwarder* responsáveis pelo baldeio e o *Harvester* com a função de corte e processamento, que podem ou não serem acoplados com guincho de tração auxiliar (GTA).

2.1.2 Mecanização e Máquinas Florestais

A colheita florestal na sua origem no Brasil predominou principalmente a força física, braçal dos trabalhadores com ferramentas como machado, traçador, serras, facões, etc, sem se preocupar também com a segurança dos seus funcionários. (ALTOÉ, 2008). Segundo Lopes (2007) a colheita manual foi o primeiro sistema a ser utilizado na exploração de florestas e não havia muita preocupação com a produtividade, tanto que hoje esse tipo de exploração só é utilizada em pequena escala para uso doméstico.

Freitas *et al.* (2009) comentam ainda que na década de 1960 o abate das árvores era feito com o uso do machado e a extração era feita com animais, guinchos ou tratores. Na sequência surgiram as motosserras profissionais e algumas máquinas como *Skidder* e autocarregáveis. Porém foi na década de 1990 que o processo de mecanização se consolidou quando houve a abertura das importações. Seixas (2005)

também afirma que o processo de mecanização florestal se intensificou nesta década, buscado a redução de custo e o aumento da produtividade.

Além do avanço no processo tecnológico da colheita florestal na década de 1990, segundo Minette *et al.* (2007) houve também um aumento das áreas de florestas do Brasil. Desta forma verificou a necessidade de buscar sistemas de colheita que proporcionam maior rendimento, menor custo e melhor aproveitamento.

São necessários altos investimentos para adquirir máquinas e equipamentos de colheita florestal, mesmo assim o Brasil vem se destacando como grande consumidor de máquinas especializadas no corte, extração e carregamento de madeira. (SANTOS, 2014)

Segundo Nascimento *et al.* (2011), em virtude da quantidade de marcas e modelos existentes no mercado as empresas acabam adotando a utilização de várias combinações de máquinas e implementos para a extração florestal.

O *Harvester* e o *Forwarder* são as máquinas mais utilizadas na colheita florestal atualmente, e de acordo com Linhares *et al.* (2012), o *Harvester* e o *Forwarder*, mesmo em 2012, já eram os mais utilizados na colheita florestal.

2.1.3 Colheita Florestal em áreas Montanhosas

Castro (2013) defende que a colheita da madeira em áreas montanhosas é um desafio para o setor florestal, principalmente para os desenvolvedores de maquinários que precisam aperfeiçoar as técnicas operacionais e os avançados níveis tecnológicos já alcançados pelos maquinários florestais. Ele ainda comenta que o maior desafio é a remoção da madeira propriamente dita, e não o corte. Além disso Rudek (2015) comenta que as condições apresentadas na colheita de madeira de regiões declivosas resultam em maior grau de periculosidade, exigindo maior atenção e cuidado dos colaboradores. Nesse mesmo raciocínio Robert (2013) afirma que o uso de cabos aéreos para extração da madeira pode ser desvantajoso sob a ótica da segurança do trabalho e ergonomia.

Para Brinate (2016) as tecnologias mais difundidas sobre colheita nas áreas florestais abrangem as áreas planas e de menor declividade, desta forma há uma carência de estudos que abrangem alternativas para aumentar a eficiência e reduzir os custos que relacionam colheita da madeira em áreas declivosas.

Segundo o portal da Colheita de Madeira (2012), os principais métodos para exploração da madeira em áreas acidentadas são os guinchos e cabos aéreos. Andrade (2012) cita também além desses a extração por meio de calhas, teleféricos e helicópteros.

Sobre a extração da madeira com cabos aéreos podemos citar:

No caso da extração de madeira com o sistema de cabos aéreos, o conhecimento prévio por parte do planejador das especificidades das áreas de colheita, dos locais adequados para instalação do equipamento, da sequência ótima de execução, do melhor layout dos pátios e estradas, etc., são alguns benefícios que podem ser obtidos com uso das ferramentas computacionais no apoio ao planejamento das operações, possibilitando a maximização da produtividade, minimização dos custos de produção e execução das operações de forma ambientalmente correta. (RUDEK, 2015, p.2)

Sobre a extração com o sistema de cabos aéreos, Paula *et al.* (2014) determinam que a produtividade do sistema está diretamente ligada com a distância percorrida pelos cabos do engate até o pátio de descarregamento.

2.1.4 Indicadores Operacionais de Colheita Florestal

O conhecimento da capacidade produtiva e das variáveis que interferem no rendimento das máquinas é fundamental para a otimização das operações na colheita florestal. (LINHARES *et al.*, 2012).

Segundo Camargo Júnior (2013) as atividades dos maquinários florestais podem ser mensuradas em horas efetivamente trabalhadas, horas com paradas mecânicas e horas por paradas operacionais. E dessas horas pode-se chegar aos indicadores operacionais que são: Disponibilidade Mecânica (DM), Eficiência Operacional (EO) e Taxa de Utilização (TU).

A disponibilidade mecânica, de acordo com Linhares *et al.* (2012) é o tempo em que determinado equipamento está disponível para produção. Ainda segundo o autor esse indicador afeta diretamente a produtividade do maquinário pois quanto maior for a disponibilidade mecânica melhor é o aproveitamento do maquinário. Segundo Santos (2016) a tendência é que a disponibilidade mecânica diminua conforme o número de horas trabalhadas das máquinas aumente, visto a maior necessidade de manutenção conforme a máquina chegue perto do final da sua vida útil.

A eficiência operacional é a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo total programado para o trabalho. (LOPES *et al.*, 2011). Segundo Silva *et al.* (2010) esse indicador pode variar de acordo com o nível de treinamento do operador, e também segundo Silva (2019) quanto maior for o grau de depreciação da máquina menor será a eficiência operacional visto que a máquina apresentará mais paradas de manutenção reduzindo as horas efetivas trabalhadas.

Segundo Simões *et al.* (2010) a atividade que mais consome tempo da colheita utilizando os cabos aéreos é a de prender os estropos, utilizando mais de 40% do tempo do ciclo operacional.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho é a de estudo de caso aplicado à atividade de colheita florestal em áreas declivosas onde houve a coleta de dados, análise e consolidação das informações quantitativas e qualitativas fornecidas da empresa foco do estudo.

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa alvo deste trabalho atua na região de Curitiba, estado do Paraná, mas possui unidades industriais também no estado de Santa Catarina. É especializada na fabricação de MDF (*Medium Density Fiberboard*), MDP (*Medium Density Particleboard*), HDF (*High Density Fiberboard*) e Serrados de *Pinus* e *Teca* para os mercados nacional e internacional.

A empresa possui aproximadamente 17 mil hectares de florestas plantadas que suprem a demanda das suas unidades industriais. Um dos grandes maciços florestais da organização está localizado no Vale do Ribeira, região metropolitana de Curitiba e este será alvo do acompanhamento do processo de colheita florestal exposto neste trabalho.

Toda a parte de gestão operacional que envolvem os ativos florestais são feitos por equipe própria da empresa. A colheita em área declivosas se apresenta em forma de desafio para a organização pois demanda mais mão de obra, baixo rendimento e também pode apresentar alto nível de periculosidade e problemas ergonômicos aos operadores.

por duas formações diferentes como a floresta ombrófila densa nas porções mais baixas onde predomina o clima tropical e nas regiões de maior altitude a formação predominante é a floresta ombrófila mista. A região do Vale do Ribeira é uma região característica pela sua topografia montanhosa e bastante ondulada, com alto desnível altimétrico.

3.3 SISTEMA E ESTRUTURA DE COLHEITA

O povoamento colhido foi de *Pinus taeda* conduzido em uma densidade de 1.600 árvores por hectare, sem desbaste, apresentando aos 18 anos um volume de 450 m³/ha e volume médio individual de 0,32 m³/árvore.

A empresa realizou a colheita no sistema de toras curtas (*cut to length*) através do corte raso aos 18 anos e, atualmente atua na colheita de áreas declivosas utilizando três módulos diferentes caracterizados pelas estruturas de acordo com o quadro 1.

QUADRO 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MÓDULOS DE COLHEITA EM ÁREAS DECLIVOSAS

MÓDULO	ESTRUTURA	IMPLEMENTO	RELEVO	Nº TOTAL DE MAQUINAS
Módulo I	<i>Harvester + Forwarder</i> (John Deere)	-	Até 25°	4
Módulo II	<i>Harvester + Forwarder</i> (Ponsse)	Guincho	Até 35°	6
Módulo III	Torre + Cabo aéreo	-	De 35-45°	5

FONTE: O autor (2020)

O produto explorado pela empresa, de forma geral, são toras de 4,10 metros de comprimento com diâmetros que variam de 08 a 35 centímetros. As toras que apresentarem diâmetros superiores a 35 centímetros são disponibilizadas para o mercado externo.

Para atender a demanda da empresa, atualmente, os três módulos trabalham simultaneamente de acordo com o nível de declividade do terreno definido no planejamento da colheita, sendo que o módulo I atende as áreas mais planas com declive de até 25°, o módulo II atua nas áreas com declividade de até 35° e o módulo III atua nas áreas que apresentam de 35° A 45° de declividade.

3.3.1 Módulo I – Harvester + Forwarder (John Deere)

Este módulo opera com dois *Harvester* e dois *Forwarder* nas áreas da empresa, atuando no corte, processamento e extração da madeira em terrenos planos que apresentam declividade de até 25° e não possui guincho para suporte da extração.

É composto pelo *Harvester* e o *Forwarder* com as seguintes especificações técnicas, conforme tabela 1.

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS MÓDULO I

	<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
Marca	<i>Jonh Deere</i>	<i>Timberjack</i>
Modelo	200 D LC	1710 D
Potência	159 hp	160 kW
Peso	22,4 toneladas	19,5 toneladas
Rodados	Esteiras	Esteiras traseiras

FONTE: O autor (2020)

Os maquinários referente às especificações da tabela acima estão ilustrados na figura 2.

FIGURA 2 - MAQUINÁRIOS HARVESTER (A) E FORWARDER (B) DO MÓDULO I



FONTE: Colheita de Madeira (c2020)

O cabeçote é da marca *Waratah*, modelo WH 60, com capacidade de corte de árvores de no máximo 65 cm, máxima abertura da garra igual a 125 cm, peso de 1350 kg, velocidade de corte de 40 metros por segundo.

3.3.2 Módulo II – Harvester + Forwarder (Ponsse)

Este módulo opera com três *Harvester* e três *Forwarder* nas atividades de corte, processamento e extração da madeira em terrenos com declividade de até 35° e é implementado com guincho para suporte da extração.

Assim como o módulo anterior é composto pelos *Harvester* e *Forwarder* conforme as especificações da tabela 2.

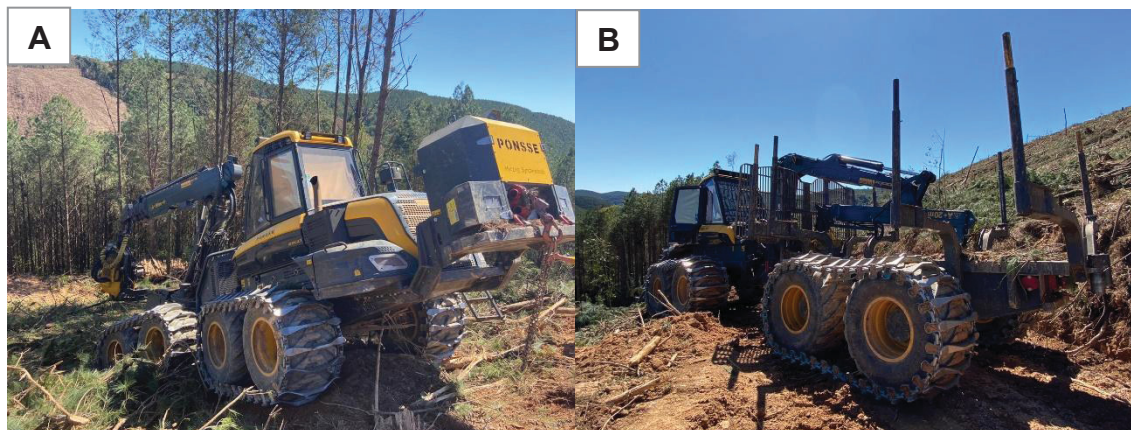
TABELA 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS MÓDULO II

	<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
Marca	<i>Ponsse</i>	<i>Ponsse</i>
Modelo	Ergo	<i>Elephant King</i>
Potência	210 kW	210 kW
Peso	21,5 toneladas	24,4 toneladas
Rodados	Pneus	Pneus

FONTE: O autor (2020)

Os maquinários referente às especificações da tabela acima estão ilustrados na figura 3.

FIGURA 3 - MAQUINÁRIOS HARVESTER (A) E FORWARDER (B) DO MÓDULO II



FONTE: O autor (2020)

O cabeçote também é da marca *Ponsse*, modelo H7, com abertura máxima de 65 cm, e velocidade de alimentação de 5 m/s. Apresenta o sistema *Ponsse Opti 4g* como dispositivo de medição.

As máquinas já foram adquiridas com o guincho acoplado, ele é do tipo externo que é fixado em uma parte mais plana do terreno e traciona as máquinas conforme necessário. O guincho está sincronizado com a parte de transmissão da máquina que controla a descida e traciona na subida.

3.3.3 Módulo III – Motosserras + Cabos Aéreos

Neste módulo o corte é realizado de forma semimecanizada e a extração das árvores é feita pelas torres instaladas com cabos aéreos para o baldeio da madeira. Para operar cada torre a empresa trabalha da seguinte forma, envolvendo as seguintes operações e operadores:

- Balizador: Este é o responsável pelo planejamento de instalação das torres. Levando em consideração as condições do terreno e a segurança da operação ele analisa o melhor lugar de instalação das torres, sendo este responsável por todas as torres em operação.

- Operador de Motosserra: São necessários 1 operador por torre. As árvores são derrubadas de baixo para cima. Os operadores possuem experiência em operação com motosserras.

- Operador de carrinho: Este é responsável por operar o carrinho que carrega as árvores de baixo até o local de processamento, essa operação é controlada por controle remoto.

- Operador de Engatador: Este operador é responsável por engatar as árvores no carrinho para iniciar o transporte, o carrinho carrega em média 3 árvores por vez.

- Operador da cabine: este é responsável em operar a cabine principal (centro de ancoragem) e processar as árvores conforme produto desejado e alocação em pilhas.

Atualmente a empresa opera com 5 torres instaladas com as seguintes especificações técnicas, conforme a tabela 3.

TABELA 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS MÓDULO III - TORRES

<i>Item</i>	<i>Especificações</i>
1 Máquina Base	Mouny 4000 Konrad
1 Cabeçote	UDIS 60
4 Cabos de sustentação	40 metros (20 mm)
1 Carro teleférico	Motor Volkswagen Amarok (900 kg)
1 Cabo de Lançamento	2,40 metros (10 mm)
1 Cabo de carro	80 metros (14 mm)
1 Cabo transportador	600 metros (20 mm)

FONTE: O autor (2020).

As torres referente às especificações citadas estão ilustradas na figura 4.

FIGURA 4 – TORRES DO MÓDULO III OPERANDO



FONTE: O autor (2020)

3.3.4 Suporte Mecânico

As manutenções das máquinas e torres são realizadas de forma preventivas e preditivas, e inspeções são realizadas diariamente pelos operadores com o objetivo de potencializar o desempenho das operações.

Para suporte das manutenções e apoio de pessoal, os módulos de colheita possuem suporte de comboio de combustível e lubrificantes, módulos de manutenção, caminhão pipa e veículos de apoio.

Quando há necessidade os fabricantes dos maquinários *John Deere* e *Ponsse* vão à campo para manutenções. No caso das torres a manutenção é realizada pela própria empresa através da área de manutenção interna. Nas inspeções diárias são verificadas as condições das máquinas base, cabos e carrinho de transporte através de *checklist*.

3.3.5 Sede e Comunicação

Cada fazenda possui uma sede para apoio das equipes operacionais onde contempla escritório administrativo, sala de treinamentos, refeitório, alojamentos, bombas de combustível, local para destinação de resíduos, oficina mecânica e almoxarifado.

Os operadores possuem rádios de comunicação que são utilizados para contato entre os próprios operadores e supervisores, como podem ser utilizados para contato com a central. E também utilizam os celulares para comunicação.

3.3.6 Saúde e Vivência

A equipe operacional conta com áreas de vivências localizadas em lugares estratégicos para facilitar a locomoção às áreas de operação. Cada área de vivência contempla 1 ponto de refeição e 1 sanitário para cada 10 colaboradores.

A alimentação é servida no campo para os colaboradores das frentes de silvicultura e colheita em marmitas térmicas individuais chegando à campo em uma temperatura de aproximadamente 70°C.

A empresa fornece ainda aos colaboradores, periodicamente, campanhas e atualização sobre Saúde e Segurança do Trabalho (SST).

3.3.7 Segurança

Os operadores são equipados e obrigatoriamente usam todos os EPI's necessários a atividade de colheita florestal de acordo com o Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais (PPRA) da empresa. Tais são: bota com perneira, capacete, protetor auricular, colete refletivo e protetor solar.

Os operadores praticam o Diálogo Semanal de Segurança (DSS), onde abordam temas relacionados a segurança da atividade.

Para cada operador é fornecido de forma anual treinamentos para aperfeiçoamento das funções que são exercidas dentro da atividade.

3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS

As informações foram obtidas através de acompanhamento das atividades *in loco* nos módulos de colheita, apurações com as fabricantes dos maquinários e implementos. As informações relacionadas a produtividade, eficiências, consumo e segurança foram obtidas administrativamente dos módulos de colheita.

Os indicadores operacionais utilizados para avaliar os módulos I e II foram obtidos através dos softwares dos computadores de bordo das máquinas. Os computadores de bordo automaticamente marcam os horários das paradas e os operadores, durante o turno, anotam o motivo de cada parada e ao fim do dia entregam essas informações juntamente com as fichas dos computadores de bordo ao setor administrativo onde há a determinação dos indicadores através das seguintes equações:

(1) Disponibilidade Mecânica:

$$DM = \frac{(HP - HM)}{HP} \times 100$$

Onde: DM = Disponibilidade mecânica (%); HM = Horas de parada para manutenção (h); HP = Horas programadas (h)

(2) Eficiência Operacional:

$$EO = \frac{HD - INT}{HD} \times 100$$

Onde: EO = Eficiência operacional (%); HD = horas disponíveis para o trabalho ($HP - HD$) (h); INT = Horas paradas operacionais (h).

(3) Taxa de Utilização

$$TU = DM * EO$$

Onde: TU = Taxa de utilização (%); DM = Disponibilidade Mecânica (%); EO = Eficiência Operacional (%).

As informações são referentes a 22 dias de coleta que foram fornecidas e processadas para determinação dos indicadores. A empresa não realiza a determinação dos indicadores de disponibilidade mecânica e eficiência operacional para as torres pois para tal é necessário a realização do estudo de tempo e movimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 INDICADORES OPERACIONAIS E DE PRODUÇÃO

Após a coleta das informações os dados foram processados por meio da estatísticas descritivas considerando os 22 dias de coleta como 22 amostras. Os valores obtidos para cada módulo estão descritos abaixo.

4.1.1 Módulo I – *Harvester + Forwarder (John Deere)*

Os valores médios obtidos para o módulo I após o período de levantamento foram os ilustrados na tabela 4.

TABELA 4 - INDICADORES OPERACIONAIS MÓDULO I - JOHN DEERE

Itens	<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
Média das horas máquinas (Hora/máquina)	25.000	25.000
Nº de amostras	22	22
Declividade suportada (graus)	Até 25°	Até 25°
Disponibilidade Mecânica Média (DM)	70%	70%
Eficiência Operacional Média (EO)	60%	80%
Taxa de Utilização Média (TU)	42%	56%
Produção média por turno (m ³ /máquina)	181,8	159,0
Produção total (m ³ /mês/máquina)	4.000	3.500
Consumo médio de diesel (Lts./Hora/Máquina)	24	17

FONTE: O autor (2020)

A disponibilidade mecânica do módulo I após os 22 dias úteis trabalhados foi de 70% tanto para o *Harvester* quanto para o *Forwarder*, valor este menor do que o valor encontrado por Linhares *et al.* (2012) na qual a disponibilidade mecânica encontrada por eles foi de 86,6% para o *Harvester* e 90% para o *Forwarder*, bem como não atingiu os valores encontrados por Santos (2016) em que a disponibilidade mecânica encontrada para o *Harvester* foi de 87% e para o *Forwarder* de 85%.

Com relação a eficiência operacional para este módulo os valores encontrados para o *Harvester* foi de 60% e para o *Forwarder* de 80%. Silva *et al.* (2010) em seu estudo encontraram uma média de 77,8% de eficiência operacional

para o *Harvester* e Linhares *et al.* (2012) obtiveram 82,2% de eficiência operacional para o *Forwarder*.

A taxa de utilização para este módulo foi de 42% para o *Harvester* e 56% para o *Forwarder* valor abaixo do encontrado por Robert (2013) que foi de 56,4% e 61% respectivamente.

Um dos fatores que influenciam os maquinários deste módulo a não atingirem os valores encontrados na literatura para estes indicadores é que as máquinas estudadas não possuem o guincho de tração auxiliar levando a máquina ao extremo de sua capacidade quando operam nesse nível de declividade e somado a isso as máquinas já estão com aproximadamente 25.000 horas trabalhadas e acabam necessitando de mais paradas para manutenção durante os turnos.

O baixo índice de disponibilidade mecânica e de eficiência operacional estão diretamente ligados a produtividade da operação com esses maquinários, onde a produtividade total para o *Harvester* foi de 4.000 m³/mês e para o *Forwarder* 3.500 m³/mês. A redução da produtividade tem ligação direta com os custos, apesar de não ser foco desse estudo, quanto menor a eficiência, menor a produtividade e consequentemente maior os custos.

A dupla de máquinas durante o período de estudo apresentou consumo médio de combustível de 24 litros por hora para o *Harvester* e 17 litros por hora para o *Forwarder*, valores maiores do que encontrado por Robert (2013) no estudo com máquinas *Komatsu*.

4.1.2 Módulo II – *Harvester* + *Forwarder* (*Ponsse*)

Os indicadores obtidos para o módulo II estão descritos na tabela 5.

TABELA 5 - INDICADORES OPERACIONAIS MÓDULO II - PONSSE

Itens	Harvester	Forwarder
Média das horas máquinas (Hora/máquina)	7.000	7.000
Nº de dias úteis trabalhados	22	22
Declividade suportada (graus)	até 35°	até 35°
Disponibilidade Mecânica (DM)	95%	90%
Eficiência Operacional (EO)	95%	90%
Taxa de Utilização (TU)	90%	81%
Produção média por turno (m ³ /máquina)	272,7	265,2
Produção total (m ³ /mês/máquina)	6.000	5.833
Consumo médio de diesel (Lts./Hora/Máquina)	18,5	18,5

FONTE: O autor (2020)

Já para o módulo II que contempla os maquinários da marca *Ponsse*, os resultados obtidos foram melhores. Para a disponibilidade mecânica os valores foram de 95% para o *Harvester* e 90% para o *Forwarder*. Valores maiores do que encontrados por Santos (2016) que foram de 87% e 85% respectivamente para as duas máquinas e também Linhares *et al.* (2012) que chegou aos valores de 86,6% para o *Harvester* e 90% para o *Forwarder*, conforme já citado no trabalho.

Para o indicador de eficiência operacional para estas máquinas foram obtidos os valores de 95% para o *Harvester* e 90% para o *Forwarder*, valores melhores do que encontrados por Robert (2013). A taxa de utilização obtido foi de 90% para o *Harvester* e 81% para o *Forwarder*, também superiores ao encontrado por Robert (2013).

Em contrapartida ao que acontece no módulo I, os maquinários do módulo II além de serem mais novos com cerca de 7.000 horas trabalhadas do que as máquinas do módulo I, esses equipamentos foram projetados para operarem em áreas declivosas, os equipamentos possuem estruturas mais robustas, apresentam mais tecnologias aplicadas ao maquinário como exemplo o centro de gravidade da grua ser menor para dar mais estabilidade, a capacidade do tanque de combustível de alimentar o motor em níveis de declividade diferente e também o fato de que o reservatório de óleo do motor dessas máquinas possuem compartimentos diferentes que possibilitam a lubrificação do motor em até 45° de declividade, evitando quebras por falta de lubrificação.

Todo esse preparo por parte dos maquinários *Ponsse* favorece a alta taxa de disponibilidade mecânica pois as paradas de manutenções são menos frequentes impactando diretamente na alta produtividade pois passa mais horas trabalhando efetivamente, obtendo valores de 6.000 m³/mês para o *Harvester* e 5.833 m³/mês para o *Forwarder*.

4.1.3 Módulo III – Torres + Cabos Aéreos

Os indicadores obtidos para o módulo III com a operação das torres com os cabos aéreos estão descritos na tabela 6.

TABELA 6 - INDICADORES OPERACIONAIS MÓDULO III - TORRES

Itens	Torres
Nº de torres	5
Nº de operadores/torre	5
Declividade suportada (graus)	De 35° até 45°
Nº de dias úteis trabalhados	22
Produção média por Hora (m ³ /torre)	10,26
Produção média por turno (m ³ /torre)	90,9
Produção total (m³/mês/torre)	2000
Consumo médio de diesel (Lts./Hora/torre)	16

FONTE: O autor, (2020)

A produtividade total da torre no período levantado foi de 2000 m³/mês, equivalente a 10,26 m³/hora, valor inferior ao encontrado por Lopes *et al.* (2011) que determinou uma média de 25,3 m³/hora. Simões *et al.* (2010) determinou no seu trabalho uma produtividade de 14,16 m³/hora.

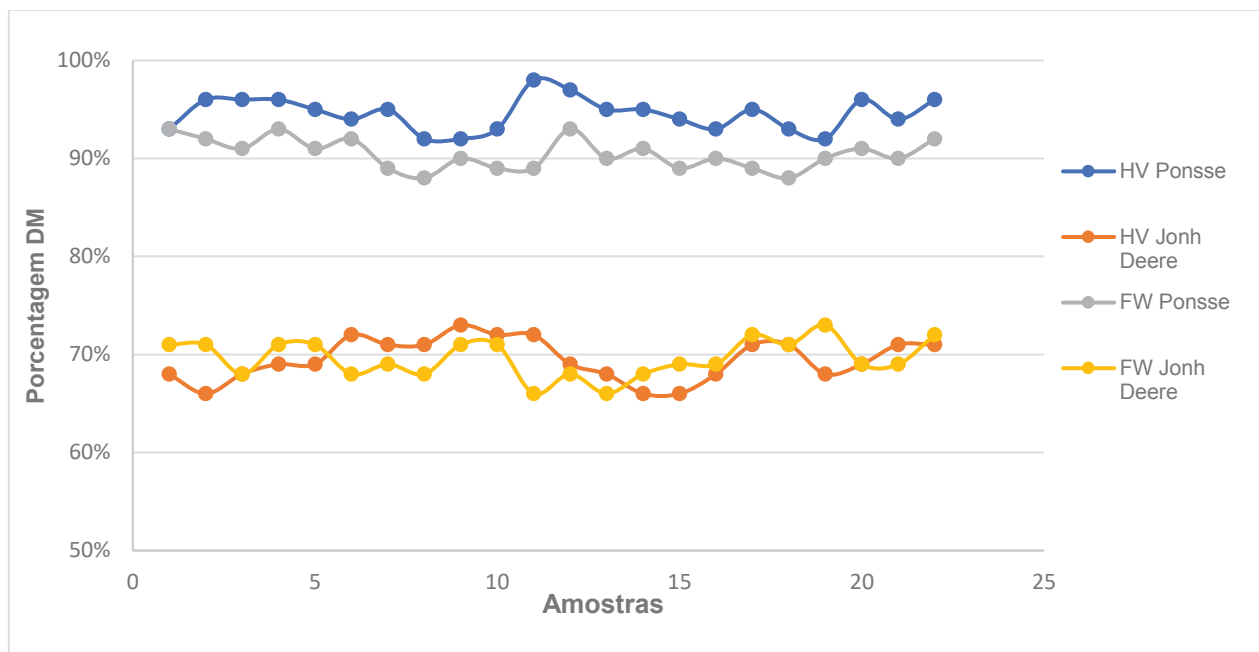
A baixa produtividade da extração com as torres está relacionada com a distância de extração da madeira que neste trabalho foi em média 400 m. Quanto maior for a distância, menor a produtividade e maior o custo da operação.

Pode-se citar também que esse tipo de extração envolve mais pessoas do que a extração com tratores florestais, neste caso, é necessário 5 operadores para cada torre enquanto é necessário 1 operador para cada máquina. O envolvimento de um número maior de pessoas também aumenta os custos da operação, além de aumentar o nível de periculosidade e diminuir os aspectos relacionados a ergonomia do trabalho.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

De forma geral pode-se ilustrar os resultados referentes às 22 amostras dos indicadores de disponibilidade mecânica dos módulos I e II, conforme o gráfico 1.

GRÁFICO 1 - DISPONIBILIDADE MECANICA MÓDULO I E II

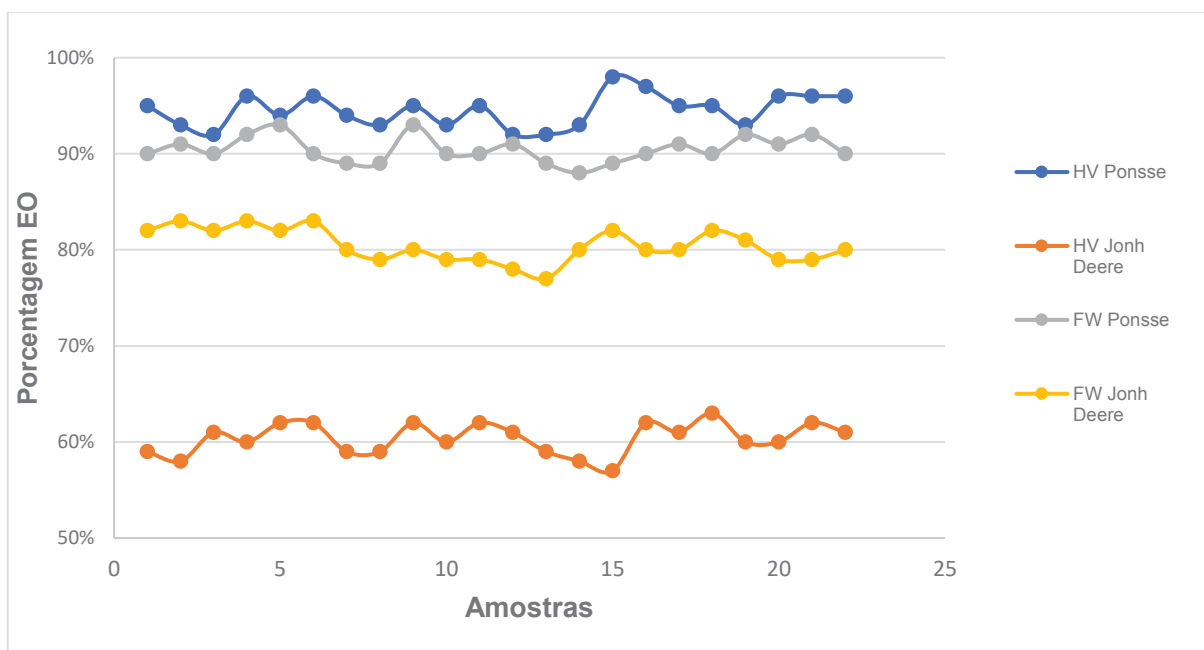


FONTE: O autor (2020)

Os maquinários da *Ponsse* apresentaram indicadores de disponibilidade mecânica superiores aos maquinários *John Deere* em todos os dias observados mesmo operando em terrenos com maior declividade do que o módulo da *John Deere*. Isso se deve primeiramente à estrutura mecânica superior do maquinário *Ponsse* que possui desenvolvimento em tecnologias próprias para operar em terrenos acidentados e também por serem máquinas com menos horas trabalhadas, portanto, apresentam menos paradas mecânicas durante a jornada de trabalho.

Já no gráfico 2, pode-se observar a variação da eficiência operacional dos módulos I e II conforme os dias observados.

GRÁFICO 2 - EFICIÊNCIA OPERACIONAL MÓDULOS I E II



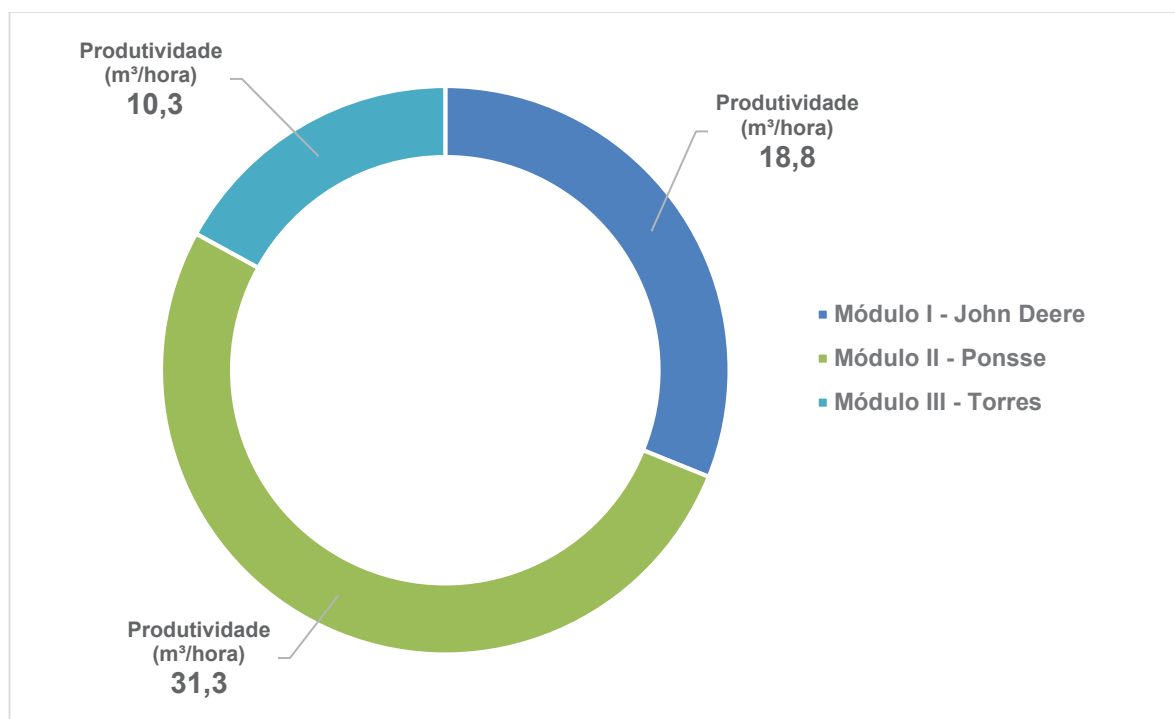
FONTE: O autor (2020)

Nota-se que para os indicadores de eficiência operacional o padrão foi o mesmo do que na disponibilidade mecânica onde os maquinários da *Ponsse* apresentaram maiores indicadores, porém pode-se observar que entre os maquinários da *John Deere* houve uma discrepância na eficiência operacional que pode ser explicado pelas paradas para lubrificação, deslocamento e abastecimentos.

Visto a taxa de utilização ser uma relação direta da eficiência operacional e disponibilidade mecânica, comparando o módulo I e II a superioridade dos maquinários *Ponsse* é notória.

Ao analisar o gráfico de produtividade (GRÁFICO 3) referente a atividade de extração realizadas nos módulos I e II pelos Forwarder e no módulos III pelas torres pode-se notar a maior produtividade do módulo II.

GRÁFICO 3 - PRODUTIVIDADE MÉDIA DA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO



Fonte: O autor (2020)

As maiores taxas de eficiência operacional e disponibilidade mecânica refletem diretamente na produtividade dos módulos já que quanto mais tempo o equipamento permanece parado menos tempo ele terá para produzir e conseqüentemente maior será o custo da operação.

Antes da aquisição dos maquinários *Ponsse* a empresa atuava com aproximadamente 18 torres já que o módulo com máquinas da *John Deere* só operam até 25°, e apesar de ainda não ser possível a substituição completa do módulo III, foi possível com a inserção do *Harvester* e *Forwarder* da marca *Ponsse* a diminuição do número de torres, tornando a operação mais produtiva e menos custosa.

Uma variável importante a ser considerada é o custo por m³ de aquisição e manutenção dos diferentes módulos já que o investimento realizado para implementação do módulo da *Ponsse* foi significativo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se considerar a partir dos resultados obtidos dos indicadores operacionais que o módulo com os maquinários *Ponsse* apresentou melhor

desempenho no período estudado do que os maquinários da *John Deere* por conta de serem máquinas com menos horas trabalhadas e também por apresentarem uma estrutura própria para operarem em áreas com maior declive, justificando a proposta da empresa de substituir o módulo I por maquinários *Ponsse*.

Considerando o momento da empresa de fazer o aperfeiçoamento dos módulos pode-se considerar também que as torres, apesar de realizarem a função, são pouco produtivas, apresentam elevado grau de periculosidade para os envolvidos na operação e necessitam de 5 vezes mais o número de pessoas para executarem o processo.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Levando em consideração os resultados mencionados neste trabalho pode-se recomendar a realização de um trabalho relacionando os custos específicos dos módulos descritos com a eficiência operacional das máquinas afim de avaliar a porcentagem de redução de custos na utilização de maquinários mais tecnológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTOÉ, F.E. História e Evolução da Colheita Florestal no Brasil. 49 p. Monografia de graduação (Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

ANDRADE, F.G. Análise de Custos da Colheita em Área Florestal Acidentada Utilizando o Sistema de Torres Florestais ou Guincho: Tema Estradas e Acessos. Monografia de Pós Graduação (Gestão Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2012.

BRINATE, I.B. Colheita Semimecanizada de Eucalipto em Áreas Declivosas. Dissertação (Mestrado em ciencias florestais). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro (ES), 2016.

CAMARGO JUNIOR, R. R. Análise de Sistemas de colheita de Povoamentos de Eucalipto com baixa produtividade. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal). Universidade de São Paulo. Piracicaba (SP), 2013.

CASTRO, G.P. Colheita Florestal em áreas Montanhosas. **Colheita de Madeira**. Curitiba, 2014. Disponível em: https://colheitademadeira.com.br/noticias/colheita_florestal_em_areas_montanhosas/. Acesso em: 09 de Set. 2020.

COLHEITA Florestal em Terrenos Acidentados. **Colheita de Madeira**. Curitiba, 2012. Disponível em: https://colheitademadeira.com.br/noticias/colheita_florestal_em_terrenos_acidentados. Acesso em: 09 de Set. 2020.

FIORENTIN, D.S. Avaliação de dois sistemas de colheita florestal para posterior implantação do melhor sistema na empresa Fiorentin S/A. 50 p. Monografia de pós graduação (Gestão Florestal), Universidade Federal do Paraná, 2012.

FREITAS, L.C.; MACHADO, C.C.; SILVA, G.C. A mecanização da colheita florestal no Brasil. Revista da Madeira. Ed. Nº 121, 2009. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1422&subject=Colheita%20Florestal&title=A%20mecaniza%20da%20colheita%20florestal%20no%20Brasil. Acesso em: 29 de out. 2020.

IBÁ. Industria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual de 2019**.

LINHARES, M.; SETTE JUNIOR, C.R.; CAMPOS, F.; YAMAJI, F.M. Eficiência e desempenho operacional de máquinas harvester e forwarder na colheita florestal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.42, n.2, p. 212-219, abr-jun de 2012.

LOPES, E.S.; RODRIGUES, C.K.; CARMO, F.C.; FIEDLER, N.C.; OLIVEIRA, D. Avaliação Técnica e de custos de um sistema de cabos aéreos na extração de *Pinus taeda* L. em região montanhosa. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.39, n.91, p. 387-394, set. de 2011.

LOPES, S.E. Análise Técnica e Econômica de um Sistema de Colheita Florestal. 124 p. Tese (Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2007.

MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, J.R. Colheita. Revista da Madeira. Edição nº. 68, 2002. Disponível em:
http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=262&subject=Colheita&title=Colheita. Acesso em: 29 de out. 2020.

MINETTE, L.J.; SILVA da, E.P.; SOUZA de, A.P.; SILVA, K.R. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de Colheita Florestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 11, n.6, p.664-667. 2007.

NASCIMENTO, A.C.; LEITE, A.M.P.; SOARES, T.S.; FREITAS, L.C. Avaliação Técnica e econômica da Colheita Florestal com Feller Buncher. **Cerne**. Lavras, v.17, n.1, p.9-15, jan-mar de 2011.

OLIVEIRA, F. M. de. Revisão sobre a Colheita de Eucalipto em Sistemas de Toras Curtas (cut-to-length) no Brasil. **Revista da União Latino-americana de Tecnologia**. Jaguariaíva, n.1 p.42-54, 2013.

PAULA de, E.N.S.O.; LACERDA, L.C.; FIEDLER, N.C.; CARMO, F.C.A.; KUBOYAMA, F.A.Q.; PELUZIO, T.M.O. Análise Operacional da Extração Florestal com Cabos Aéreos em Floresta de Eucalipto. **Nativa**. Sinop, v.2, n.4, p.234-238, out-dez de 2014.

RAMOS, J.R.de.; BROWN, R.O.; SCHUSTER, N.Y.N.; ROBERT, R.C.G. Análise Técnica de um Sistema de Colheita Mecanizada de Toras Curtas em Desbaste na Região do Norte Pioneiro do Paraná. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v. 13, n.23; p.1764, 2016.

RODRIGUES, C. K. **Colheita e Transporte Florestal**. 1ª edição. 68 p., Curitiba, 2018.

ROBERT, R.C.G. Análise Técnica e econômica de um sistema de colheita mecanizada em plantios de Eucalyptus spp. em duas condições de relevo acidentado. Tese (Doutorado Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. Curitiba (PR), 2013.

RUDEK, A. Planejamento da Colheita de Madeira em Região Montanhosa com Uso de Modelagem Espacial e Programação Linear Inteira. Dissertação (Manejo Sustentável dos Recursos Florestais). Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati (PR), 2015.

SANCHES, N.S. Colheita Florestal: História e os Sistemas de Colheita. Colheita de Madeira. Curitiba, 2014. Disponível em:
https://colheitademadeira.com.br/noticias/colheita_florestal__historia_e_os_sistemas_de_colheita. Acesso em: 25 de Out. 2020.

SANTOS, D.W.F.N. Análise técnico-econômico de sistemas de colheita: toras curtas e toras longas sob métodos mecanizados e semimecanizado. 48 p. Monografia de

graduação (Engenharia Florestal), Universidade Federal do Recôncovo da Bahia, 2014.

SANTOS, D.W.F.N. Avaliação técnica e econômica de um sistema alternativo de colheita florestal de toras curtas. Dissertação (Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa (MG), 2016.

SEI, H. Colheita da Madeira em Áreas Montanhosas. **Revista Campos e Negócios**. Uberlândia, 2013. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/colheita-de-madeira-em-areas-montanhosas>. Acesso em: 25 de Out. 2020.

SEIXAS, F. Avanços Tecnológicos e impasses na colheita florestal. **Revista Visão Agrícola**. São Paulo, n.4, p. 83-86, Jul-Dez de 2005. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-ciencia-e-tecnologia02.pdf>. Acesso em: 25 de Out. 2020.

SILVA, E.N.; MACHADO, C.C.;MINETTE, L.J.;SOUZA de, A.P.;FERNANDES, H.C.; SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A. Avaliação técnica e econômica do corte Mecanizado de Pinus sp. Com Harvester. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 34, n.4, p.745-753, 2010.

SILVA, G.Y. Análise operacional do método de colheita semimecanizada em povoamentos de eucalipto no sul do Tocantins. Monografia (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Tocantins.Gurupi (TO) 2019.

SIMÕES,D.; FENNER, P.T.;BANTEL, C.A. Custos e Rendimentos Operacionais da Extração de Madeira de Eucalipto com Cabo Aéreo. **Cerne**. Lavras, v.16, n.2, p.185-192, abr-jun. 2010.

SISTEMAS de colheita de Madeira. **Ambiente Brasil**, c2020. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/exploracao_e_transporte/sistemas_de_colheita_de_madeira.html. Acesso em: 25 de out. 2020.

VALE do Ribeira. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014. Disponível em: <http://www.valedoribeira.ufpr.br/vale.htm>. Acesso em: 13 de Set. 2020.