

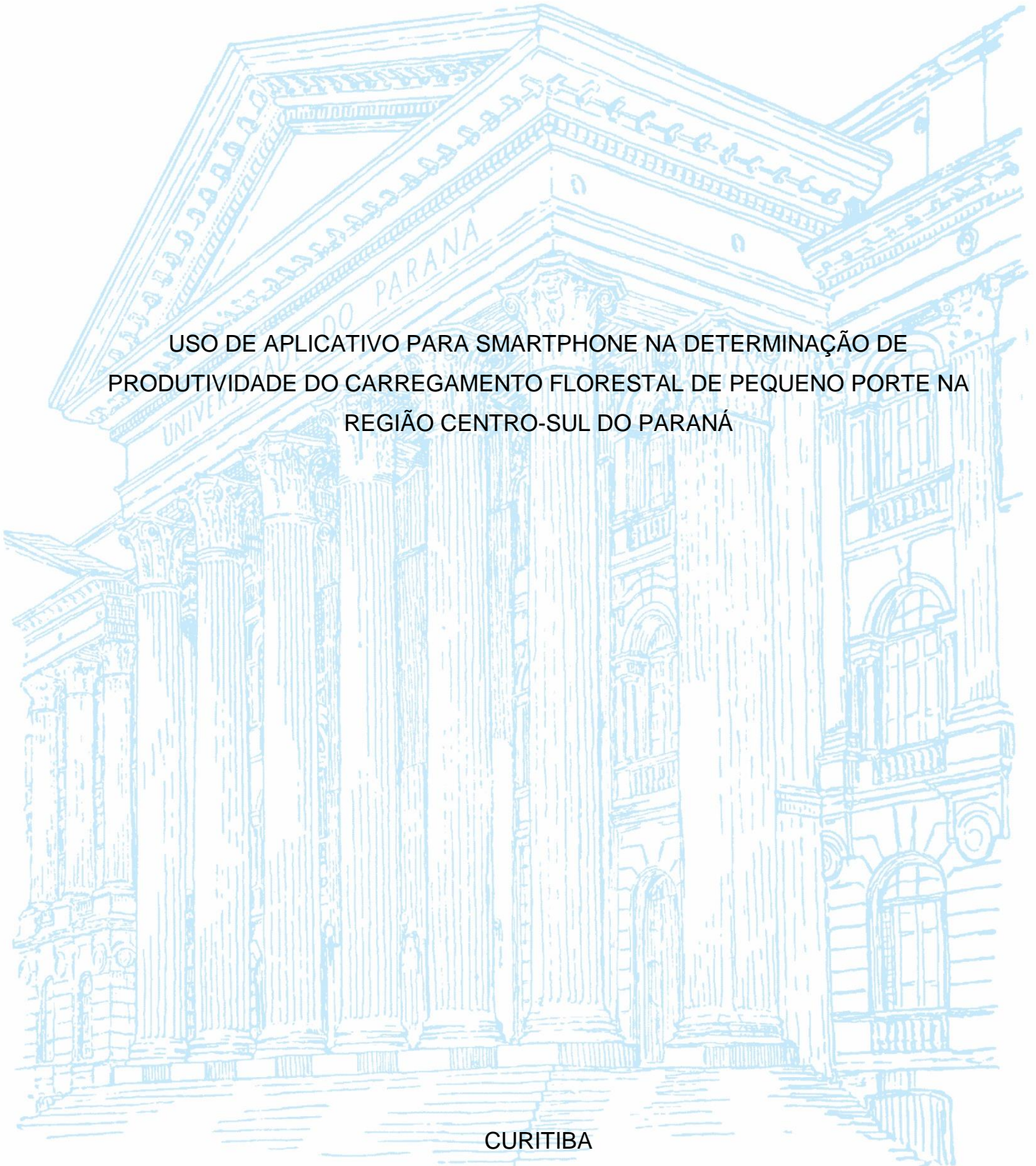
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEON LUCAS MIERZVA

USO DE APLICATIVO PARA SMARTPHONE NA DETERMINAÇÃO DE
PRODUTIVIDADE DO CARREGAMENTO FLORESTAL DE PEQUENO PORTE NA
REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ

CURITIBA

2022



LEON LUCAS MIERZVA

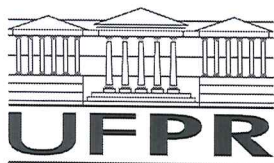
USO DE APLICATIVO PARA SMARTPHONE NA DETERMINAÇÃO DE
PRODUTIVIDADE DO CARREGAMENTO FLORESTAL DE PEQUENO PORTE NA
REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ

TCC apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert

CURITIBA

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PARECER

Defesa nº 292

A Banca Examinadora, instituída pelo Colegiado do Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir **Leon Lucas Mierzva** em relação ao seu Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Uso de aplicativo para smartphone na determinação de produtividade do carregamento florestal de pequeno porte na região Centro-Sul do Paraná**, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** na Disciplina ENGF010 - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, condicionada a entrega da versão final corrigida.


Profa. Dra. Carla Krulikowski Rodrigues Pelissari
1ª. Avaliadora


Me. Rafael Oliveira Brown
2º. Avaliador


Prof. Dr. Renato Cesar Golçalves Robert
Orientador - Presidente da Banca

Curitiba, 06 de maio de 2022.


Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari
Vice-Coordenador do Curso de Engenharia Florestal em exercício

RESUMO

O carregamento é uma etapa essencial na logística florestal, pois é o elo entre a extração e o transporte principal. Entretanto, o tempo despendido nessa atividade pode afetar a eficiência do transporte, sendo necessário um melhor planejamento e controle logístico. Desta forma, o uso de aplicativos em smartphones se tornou uma alternativa para melhorar a eficiência operacional das operações envolvidas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o desempenho operacional do carregamento de toras de duas espécies florestais, colhidas com diferentes sortimentos, e em duas composições veiculares para transporte florestal, utilizando dois aplicativos para otimizar a mensuração das cargas de madeira. Para isso, o estudo foi conduzido em três localidades na região centro-sul do Paraná, sendo avaliados os povoamentos de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, em corte raso. Inicialmente, realizou-se um inventário florestal de pré-corte e a definição dos sortimentos solicitados pelos clientes. Para o carregamento foi utilizado um trator Valtra BM100 autocarregável acoplado a um implemento de carregador florestal de marca Implemater. Os veículos de transporte avaliados foram dois caminhões trucados e um baminhão. As cargas foram mensuradas em metros cúbicos (m³) ou estéreo (st), no campo, ou toneladas (t) mensurada na balança da unidade consumidora, variando conforme necessidade dos clientes. Para auxiliar nessa etapa, dois aplicativos para *android* foram desenvolvidos. Por meio de estudo de tempos, obteve-se o tempo total do carregamento de cada veículo, sendo avaliados 20 ciclos operacionais. Os tempos médios para o carregamento dos dois tipos de veículos foram comparados pelo teste t de Student ($\alpha \leq 0,05$). Logo, verificou-se que houve diferenças estatisticamente significativas entre os tempos médios de carregamento do baminhão e dos caminhões truck, uma vez que a caixa de carga do baminhão é o dobro do caminhão truck. Os sortimentos tiveram pouca influência no tempo de carregamento, assim como o tipo de espécie também não teve diferenças significativas no tempo médio de carregamento, além disso, os aplicativos obtiveram resultados positivos em campo e reduziram o tempo para realização da determinação do volume das toras, em m³ e st, respectivamente.

Palavras-chave: Estudos de Tempos. Colheita Florestal. Transporte Florestal. Trator Autocarregável.

ABSTRACT

Loading is an essential step in forest harvesting as it is the link between harvesting and main transport. However, the time spent on this activity may affect the transportation efficiency, requiring better planning and logistical control. In this scenario, the use of applications on smartphones has become an alternative to improve the operational efficiency of the operations involved. In this context, the aim of this study was to evaluate the operational performance of the loading of logs of two forest species, harvested with different assortments, and in two vehicular compositions for forest transportation, using two applications to optimize the measurement of wood loads. For this, the study was carried out in three locations in the central-southern region of Paraná, analyzing stands of *Pinus taeda* and *Eucalyptus dunnii*, in shallow cut. At first, a pre-cut forest inventory was carried out and the assortments requested by customers were defined. A self-loading Valtra BM100 tractor, coupled to an Implemter forestry loader implement, was used for loading. The transportation vehicles evaluated were two 6x2 trucks and a twin-trailer truck. Loads were measured in cubic meters (m³) or stereo (st), in the field, or tons (t), measured on the scale of the consumer unit, varying according to customer needs. To assist in this step, two applications for android were developed. Through a time study, the total loading time of each vehicle was obtained, with 20 operational cycles evaluated. The mean times for loading of the two types of vehicles were compared using Student's t test ($\alpha \leq 0.05$). There were statistically significant differences between the average loading times of the twin-trailer truck and the 6x2 trucks, given that the cargo box of the twin-trailer truck is twice the size of the 6x2 trucks' ones. Assortments had little influence on the loading time, as well as species type have presented no significant differences in mean loading time (st h⁻¹). Thus the applications presented positive results in the field and reduced the time to process the volume of the logs, in m³ and st, respectively.

Keywords: Forest Harvesting. Forest Transportation. Self-loading Tractor. Time Studies.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO, MALLET E RIO AZUL - PARANÁ	19
FIGURA 2 - CONTADOR UTILIZADO PARA A CONTAGEM (A) E CONTAGEM MANUAL DAS ÁRVORES COM SPRAY (B).	20
FIGURA 3 - EXTRAÇÃO DA MADEIRA (A) COM TRATOR FORD TRAÇADO (B)..	22
FIGURA 4 - TRATOR VALTRA BM 100 AUTOCARREGÁVEL (A) E ESTRUTURA DO CARREGADOR IMLEMATER (B)	23
FIGURA 5 – A. CAMINHÃO TRUCADO SIMPLES; E, B. CAMINHÃO TRUCADO TRAÇADO.....	23
FIGURA 6 - BIMINHÃO	24
FIGURA 7 – ETAPAS DOS CICLOS DE CARREGAMENTO ANALISADOS DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMLEMATER CF5550.	26
FIGURA 8 - TORAS DE <i>P. taeda</i> (m ³) SOB O SOLO MEDIDAS E RISCADAS COM GIZ DE CERA	28
FIGURA 9 - TELAS DO APLICATIVO DE TORAS EM METRO CÚBICO (m ³)	29
FIGURA 10 - TELAS DO APLICATIVO DE TORETES/LASCAS EM ESTÉREO (st)	32
FIGURA 11 - ESTRADAS SECUNDÁRIAS, SENDO A. LOCAL 3 DANIFICADA PELA CHUVA; B. LOCAL 1 DANIFICADA PELA CHUVA E, C. LOCAL 2 EM PERFEITA CONDIÇÕES.....	35
FIGURA 12 - CARGA DE 1ª TORA DE <i>P. taeda</i> CARREGADA NO LOCAL 1 COM 41,08 m ³ E 73,80 st.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - GRÁFICO BOX-PLOT DA DISPERSÃO DO TEMPO DE CARREGAMENTO DOS VEÍCULOS FLORESTAIS	38
GRÁFICO 2 – PRODUTIVIDADE st h^{-1} DO CARREGADOR FLORESTAL ENTRE AS ESPÉCIES <i>P. taeda</i> E <i>E. dunnii</i>	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - SORTIMENTOS OBTIDOS NOS POVOAMENTOS FLORESTAIS AVALIADOS.....	21
TABELA 2 - INVENTÁRIO DE PRÉ-CORTE DAS ÁREAS DE ESTUDO	27
TABELA 3 - CARGAS MENSURADAS NA UNIDADE DE METRO CÚBICO (m ³)....	30
TABELA 4 - CARGAS MENSURADAS NA UNIDADE DE MEDIDA ESTEREO (st) .	34
TABELA 5 - CARGAS AVALIADAS NO VEÍCULO FLORESTAL BIMINHÃO E SEUS RESPECTIVOS TEMPO DE CARREGAMENTO	35
TABELA 6 - CARGAS AVALIADAS NO VEÍCULO FLORESTAL TRUCK E SEUS RESPECTIVOS TEMPO DE CARREGAMENTO	37
TABELA 7 - RESULTADO ESTATÍSTICO DO TESTE PARA DADOS ORIUNDOS DO TEMPO DE CARREGAMENTO CAMINHÕES TRUCK E BIMINHÃO	37
TABELA 8 - MENSURAÇÕES EM METRO ESTÉREO E TONELADAS DE CARGAS DE <i>E. dunnii</i> PARA O CÁLCULO DE CONVERSÃO DE UNIDADES	39
TABELA 9 - MENSURAÇÕES EM METRO ESTÉREO E METRO CÚBICO DE CARGAS DE <i>P. taeda</i> PARA O CÁLCULO DE CONVERSÃO DE UNIDADES.....	41
TABELA 10 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMPLMATER CF 5550 NA ESPÉCIE <i>P. taeda</i> PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM METRO CÚBICO	42
TABELA 11 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMPLMATER CF 5550 NA ESPÉCIE <i>P. taeda</i> PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM ESTÉREO.....	42
TABELA 12 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMPLMATER CF 5550 NA ESPÉCIE <i>E. dunnii</i> PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM TONELADAS	43
TABELA 13 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMPLMATER CF 5550 NA ESPÉCIE <i>E. dunnii</i> PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM ESTÉREO.....	43
TABELA 14 - RESULTADO ESTATÍSTICO DO TESTE t PARA DADOS ORIUNDOS DA PRODUTIVIDADE (st h ⁻¹) DAS ESPÉCIES <i>P. taeda</i> e <i>E. dunnii</i> .	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo geral	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 ÁREA COM ÁRVORES PLANTADAS NO PARANÁ	13
2.2 COLHEITA FLORESTAL.....	14
2.3 CARREGAMENTO FLORESTAL.....	15
2.4 TRANSPORTE FLORESTAL.....	16
2.5 VOLUME DE MADEIRA EMPILHADA	17
2.6 ROMANEIO.....	17
2.7 TEMPOS E MOVIMENTOS	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO	19
3.2 INVENTÁRIO FLORESTAL DE PRÉ-CORTE E SORTIMENTOS SOLICITADOS PELOS CLIENTES.....	20
3.3 SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA EMPREGADO	21
3.4 CARREGAMENTO E TRANSPORTE FLORESTAL AVALIADO	22
3.5 CONTROLE DA CARGA.....	24
3.6 APLICATIVOS DESENVOLVIDOS	25
3.7 ESTUDO DE TEMPOS	25
3.8 AMOSTRAGEM E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 INVENTÁRIO FLORESTAL DE PRÉ-CORTE.....	27
4.2 APLICATIVOS DESENVOLVIDOS	27
4.3 ESTUDO DE TEMPOS	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

No Brasil o setor florestal ocupa uma área de aproximadamente 9 milhões de hectares de área plantadas, colocando-o em primeiro lugar no *ranking* mundial, com uma produção média de $39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de eucalipto e $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de pinus. Essa colocação se deve a melhor engenharia genética, produtividade, prática de manejo e tecnologia. Esse setor tem grande importância para nossa economia pois representa 1,2% do PIB (Produto Interno Bruto) movimentando uma receita de R\$ 97,4 bilhões no ano de 2019 (IBÁ, 2020).

O setor florestal é amplo e diversificado, bem como contribui para o desenvolvimento e a sustentabilidade socioeconômica do país. As atividades florestais e as cadeias produtivas a elas associadas caracterizam-se pela diversidade de produtos, abrangendo uma gama de atividades e segmentos, desde a produção até a conversão de madeira natural em celulose, papel, pranchas de madeira, pisos laminados, madeira serrada, carvão e móveis, e produtos não-madeireiros (MACHADO et al., 2011).

Para atender às demandas do mercado, toda madeira produzida precisa ser entregue continuamente à fábrica ou destino na quantidade, condição, local e tempo corretos com o menor custo possível (GUIMARÃES, 2014). Desta forma, o transporte florestal torna-se um fator fundamental para operações eficientes de extração de madeira (MACHADO et al., 2011). Entretanto, devido a sua importância, o transporte torna-se a atividade mais cara do setor florestal no Brasil e no exterior, sendo o frete responsável por uma média de 60% dos gastos logísticos na maioria das empresas de transporte (RODRIGUES, 2007).

Bowersox e Closs (2001) colocam o custo do transporte entre dois pontos geográficos diferentes e o tempo necessário para executar o carregamento, como os fatores mais críticos para o bom desempenho do transporte florestal. Como a redução dos custos de colheita é fundamental para qualquer empresa, a análise detalhada das operações desempenha um papel importante para entendê-las, além de ajudar a facilitar as pesquisas que visam melhorar a eficiência operacional (ARCEGO, 2015).

Segundo Simões et al. (2010) uma das técnicas utilizadas para planejar e otimizar as operações de colheita florestal é o estudo de tempos e movimentos. Para tanto, o método de temporização pode ser utilizado para mensurar o tempo gasto e determinar o período de operação, pois por este método o tempo e parte das

atividades que compõem a operação podem ser determinados e estudados de forma semelhante, com a objetivo de proporcionar um desenvolvimento mais favorável da operação.

O transporte florestal pode ocorrer de diferentes formas: ferroviário, aquaviário, aéreo, dutoviário e rodoviário. Ao passo que, o transporte rodoviário é dominante em todas as regiões do Brasil, pois sua extensa malha rodoviária conecta várias localidades do país e é o meio de transporte mais conveniente para cargas mais pesadas (MACHADO et al., 2011).

Um fator que influencia a eficiência operacional é o carregamento da madeira após a sua extração. Segundo Minetti et al. (2008) o carregamento refere-se à operação de colocação de madeira em um veículo de transporte e é o elo entre a extração e o transporte principal. Essa atividade pode ser realizado de forma manual ou mecanizada, sendo este último utilizado pelas empresas devido à sua alta eficiência operacional, possibilidade de trabalho em turno, baixa disponibilidade de mão de obra e por apresentar condições ergonômicas mais favoráveis que o carregamento manual.

Alguns estudos descritos a seguir avaliaram o transporte florestal, considerando as diferentes fases operacionais do ciclo de transporte. Na Áustria, as fases de carregamento e descarregamento corresponderam a 21% e 7% do ciclo operacional do transporte rodoviário de madeira, respectivamente (HOLZLEITNER; KAZNIAN, 2011). Na Finlândia a operação de carregamento de madeira representou também 21% do ciclo operacional, enquanto o descarregamento correspondeu a 16% (NURMINEN; HEINONEN, 2007). Na Irlanda, a etapa de carregamento representa 15% do ciclo da operação do transporte rodoviário e a etapa de descarregamento, 4% (LACOWICZ et al., 2002). Isso se deve a diferentes características das florestas, desde o sistema de colheita empregado, maquinários e veículos utilizados, sortimento empregado e entre outros.

O carregamento tem fatores limitantes que influenciam na sua eficiência. Segundo Masioli (2019) os fatores limitantes no carregamento são a distribuição ideal das máquinas de corte e extração que pode ser influenciada pelo planejamento da rede de estradas florestais, topografia, nível de organização da extração, altura da pilha e posicionamento das máquinas no carregamento. Leite et al. (2014) observaram que o menor custo foi obtido em terrenos com distâncias menores e declividades baixas. Segundo Lopes et al. (2016), maiores distâncias de extração e declives

acentuados reduzem a produtividade da colheita e aumentam os custos operacionais, que devem ser considerados no planejamento operacional.

Além disso, vale ressaltar que a escolha dos veículos de transporte depende do comprimento da tora, densidade da madeira, fator de empilhamento, capacidade do guindaste, volume do feixe, eficiência do operador e da máquina, organização da madeira, tempo de ciclo do guindaste e disponibilidade dos veículos de carga e descarga (MINETTI et al., 2008).

De acordo com Machado et al. (2006) os fatores que podem influenciar o desempenho operacional dos veículos no transporte da madeira são: o número de carregadores florestais disponíveis no campo para realização do carregamento e a qualidade das estradas florestais, de forma a minimizar o tempo de espera e formação de filas de veículos. Enquanto Machado e Lopes (2000) ressaltam que o comprimento da madeira influencia nos custos do transporte, desta forma, quanto maior o comprimento das toras, menores são os custos do transporte, devido, principalmente, ao melhor aproveitamento da carga sobre os veículos e menor tempo para execução do carregamento.

A escolha do meio de transporte também deve ser levada em conta no planejamento operacional, pois com o desenvolvimento tecnológico dos veículos pesados surgiram novas opções, desde combinações mais simples como romeu e julieta, também denominado de biminhão (reboques normais) ao treminhão (caminhão com dois reboques) ou rodotrem (cavalo-mecânico mais dois semi-reboques ou um semi-reboque e um reboques) (BERGER et al., 2003).

Vale ressaltar que o tempo que os veículos passam em filas nas operações de carga e descarga afeta a eficiência do transporte, sendo necessário um melhor planejamento e controle logístico, bem como a utilização de tecnologias de comunicação como os dispositivos via satélite e móvel (GPRS), que além de ajudar os gestores na tomada de decisões, fornece um controle operacional mais eficiente e preciso, e proporciona o acesso mais rápido a informações confiáveis (LOPES et al., 2016).

Com as inovações tecnológicas atuais, o uso crescente de smartphones, acompanhado de uma série de aplicativos desenvolvidos para diferentes finalidades, também se tornou uma alternativa destinada a reduzir o tempo e melhorar a eficiência operacional (URBANO et al., 2014). Registros em plataformas digitais reduzem a possibilidade de perda de formulários e elimina o tempo despendido para plotagem

dos dados em planilhas. Isso também reduz custos devido a quantidade de mão de obra envolvida.

Com base nestas informações surge o seguinte questionamento: Como otimizar o tempo de carregamento de toras de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden com diversos comprimentos e sortimentos e diferentes tipos de transportes?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho operacional do carregamento de toras de duas espécies florestais colhidas com diferentes sortimentos e em duas composições veiculares para transporte florestal.

1.1.2 Objetivos específicos

- ◁ Desenvolver dois aplicativos para otimizar a mensuração das cargas de madeira;
- ◁ Comparar os tempos consumidos no carregamento de toras de *P. taeda* e *E. dunnii* com diferentes sortimentos e em dois tipos de veículos florestais; e,
- ◁ Apresentar fatores de conversão de unidades de medidas de carga de toras de madeira para cada espécie e tipos de veículos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁREA COM ÁRVORES PLANTADAS NO PARANÁ

A exploração madeireira foi uma das principais atividades econômicas do estado do Paraná e teve como base o corte de araucária e da imbuia, porém, a escassez dessas espécies e a Lei de Incentivos Fiscais (LEI n. 5.106, de 1966) impulsionou o crescimento dos plantios florestais (COUTINHO et al., 2017). Além disso, em 2019 o estado do Paraná apresentou 1,01 milhões de hectares de área plantada, sendo 0,72 milhões de hectares de pinus e 0,27 milhões de hectares de eucalipto, os outros 0,02 milhões com outras espécies. Atualmente, o Paraná é o principal produtor de pinus, e o sexto em produção de eucalipto, o que corresponde a 44% da produção de pinus e 4% da produção de eucalipto, tendo uma produtividade média de $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de pinus e $34 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de eucalipto (IBÁ, 2020).

Do total de áreas plantadas com eucalipto no estado do Paraná, o núcleo regional de Ponta Grossa apresenta 42,3%, sendo Telêmaco Borba, Ortigueira, Reserva, Tibagi e Arapoti, os municípios com maior área de eucalipto do estado do Paraná. A alta concentração de plantios de eucalipto neste núcleo regional deve-se à presença de muitas empresas florestais, principalmente na indústria de papel e celulose e painéis de madeira (COUTINHO et al., 2017). Já em relação as áreas plantadas com pinus no Paraná, esta também se concentra no núcleo regional de Ponta Grossa e representa 9,8% do total de áreas plantadas do estado, sendo os municípios de Sengés, Jaguariaíva e Telêmaco Borba os maiores em produção de pinus do estado (EISFELD et al., 2018).

Dentre as espécies cultivadas no estado do Paraná, destacam-se as espécies *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*. Essas espécies são cultivadas nesta região devido a sua resistência a geada, facilidade de manejo cultural, rápido crescimento, alta produtividade (SHIMIZU, 2008; DOBNER JR. et al., 2017). A espécie *P. taeda*, conhecida como pinheiro americano, origina-se das planícies que fazem fronteira com o Golfo do México e a costa atlântica do sudeste dos Estados Unidos, a 800 m acima do nível do mar, e é a espécie madeireira comercial predominante no país. É considerada a espécie lenhosa de maior importância econômica do mundo e a espécie arbórea mais plantada no sul do Brasil nas terras altas da Serra Gaúcha e Planalto Catarinense (KRONKA et al. 2005), bem como no norte do estado do Paraná (SHIMIZU, 2008). Já a espécie *E. dunnii* é nativo dos estados australianos de Queensland e Nova Gales do Sul, entre 900 e 1.600 m acima do nível do mar, com

temperatura média anual de 16 °C a 19 °C (FLORES, 2016). Essa espécie é amplamente cultivado no sul do Brasil, nos estados de Santa Catarina e Paraná, em altitudes entre 500 e 1.000 m (LORENZI, 2003).

As florestas plantadas de pinus têm sido geridas para produzir madeira (multiprodutos) para diversos fins. As toras de grande diâmetro são utilizadas em laminadoras e serrarias, enquanto as de pequeno e médio diâmetro são utilizadas nos setores de celulose e papel, painéis e energia (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). O eucalipto também é utilizado em diversos produtos, nos seguintes setores: celulose e papel, painéis reconstituídos, indústria madeireira, carvão, lenha industrial, madeira tratada etc. (IBÁ, 2017).

2.2 COLHEITA FLORESTAL

A colheita florestal consiste em uma série de elementos e processos que envolvem a cadeia produtiva e todas as atividades parciais, desde o corte até a madeira colocada no pátio (MALINOVSKI; CAMARGO, 2008). Esse setor é muito importante, e responde a mais de 50% do custo total da madeira utilizada na indústria (MACHADO; LOPES, 2000), sendo a atividade que mais têm recebido investimentos na área de mecanização, e visa à redução dos custos de mão de obra e produção e à melhoria da segurança e eficiência operacional (ARCEGO, 2015).

Malinovski et al. (2006) dividiram as principais variáveis relacionadas às operações de colheita em três grupos: atributos físicos do terreno, povoamento e planejamento florestal. As variáveis relacionadas ao terreno levam em consideração a presença de pilhas, pedregosidade, formação de sub-bosque, resistência e tipo de solo e inclinação do terreno. Em relação ao povoamento, existem vários fatores que afetam a colheita, como: volume médio por árvore, volume médio por hectare, espaçamento e espécies arbóreas selecionadas. Quanto às variáveis relacionadas ao planejamento operacional, destacaram-se o tipo de intervenção, classificação única ou distinta, empilhamento, distância média de extração e qualidade operacional.

A colheita florestal pode ser feita por meio de diferentes tipos de sistemas. Esses sistemas de classificação são projetados para garantir a racionalização de recursos, a máxima utilização das máquinas e um fluxo contínuo de madeira (MACHADO, 2008). Os principais sistemas usados no Brasil são: o sistema de toras curtas, o sistema de toras longas e o sistema de árvores inteiras. No sistema de toras curtas, as árvores são processadas no local de colheita, transportadas em toras

pequenas para a beira da estrada ou pátio temporário, sendo o Forwarder e o Harvester as máquinas que podem ser usadas neste sistema (MACHADO, 2008).

No sistema de toras longas, as árvores são semiprocessadas (descascadas, desgalhadas e destopadas) no local da colheita e levadas para a beira da estrada ou pátio temporário em forma de fuste, sendo Slasher, o Feller-buncher, o Skidder e as motosserras com outras máquinas que podem ser usadas neste sistema. No sistema de árvores inteiras as árvores são derrubadas e colhidas intactas, incluindo a extração de galhos para a beira da estrada ou pátios intermediários, onde são processadas, sendo usualmente empregadas as máquinas neste processo o Fellerbuncher e o Skidder (MACHADO, 2008).

2.3 CARREGAMENTO FLORESTAL

O carregamento e o transporte são realizados de forma organizada, respeitando as normas de segurança e as condições climáticas, por se tratar de uma atividade que utiliza máquinas e grande número de pessoas. Essas operações são realizadas durante condições climáticas favoráveis para evitar danos à infraestrutura e garantir um transporte eficiente e de baixo custo (PINHEIRO, 2011). O processo de carregamento de madeira deve ser cuidadosamente planejado e executado de forma eficaz, pois afeta a produtividade e os custos de transporte para a indústria. Desta forma, o carregamento é definido como a ligação entre a colheita florestal e as operações de transporte (ARCEGO, 2015).

O tempo de carregamento é o tempo gasto esperando, pesando, verificando, emitindo documentos e efetivamente carregando a madeira (MACHADO et al., 2009). Os tempos de carga e descarga são baseados nos custos do terminal e tornam-se muito importantes no transporte em distâncias curtas, com mais operações de carga e descarga e menos expressivas em distâncias maiores (MALINOVSKI, 2010). Vale ressaltar que a redução do tempo de carga e descarga do veículo leva à redução do tempo efetivo de viagem e ao aumento da quantidade de madeira transportada por unidade de tempo (MACHADO et al., 2009).

Dependendo do sistema de colheita utilizado, o veículo pode ser carregado: na área de corte para baldeio; em área ou pátio pré-determinado, para transporte de longa distância; e diretamente na área de corte do veículo de transporte de longa distância (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

2.4 TRANSPORTE FLORESTAL

No Brasil, o modo de transporte florestal mais utilizado é o rodoviário, devido à existência de diferentes marcas e modelos de veículos, disponibilidade de estradas, mobilidade, flexibilidade e capacidade de permitir o transporte porta a porta. Além disso, as estradas possuem algumas vantagens: grande disponibilidade de vias de acesso rápidas; o tempo de carga e descarga dos veículos é menor; fácil substituição de veículos em caso de acidente ou quebra dos veículos e; possibilidade de despachar cargas em etapas (MACHADO et al., 2009; GUIMARÃES, 2014).

Entretanto, esse tipo de transporte apresenta algumas desvantagens, pois, apesar do peso da madeira ser grande, o valor agregado a ela é baixo, o que dificulta a redução do custo de transporte florestal nas estradas. Além disso, o compartimento de carga do veículo é muito específico, o que favorece viagens só de ida, o que também aumenta o custo do transporte. Longas viagens em estradas de má qualidade podem aumentar os custos de pedágio e combustível. Vale ressaltar que o custo do combustível, que representa cerca de 35% do custo total de uma empresa de transporte, é um dos fatores que inviabiliza e onera essa atividade (MACHADO et al., 2009; GUIMARÃES, 2014).

Para Silva et al. (2007) um estudo de transporte rodoviário florestal deve ser realizado para determinar o tipo de veículo mais adequado para o transporte de madeira de uma determinada região ou empresa. Os tipos de veículos são classificados de acordo com a forma, tamanho e massa específica da madeira (MACHADO et al., 2009). De acordo com Berger et al. (2003), os tipos de veículos rodoviários utilizados no Brasil são: caminhão tradicional, Romeu e Julieta ou biminhão (um caminhão simples e um reboque), bitrem (um cavalo-mecânico e dois semirreboques), tritrem (um cavalo-mecânico e três semirreboques), rodotrem (um veículo articulado e um semirreboque) e treminhão (um caminhão simples e dois semirreboques).

A importância dos caminhões como meio de transporte é um dos fenômenos mais importantes da atualidade. Essa importância não se deve apenas ao grande volume de mercadorias movimentadas entre empresas produtoras, intermediárias e consumidoras, mas também por ser crucial na interligação entre a origem ou destino das mercadorias (BERGER et al., 2003).

2.5 VOLUME DE MADEIRA EMPILHADA

O volume representa a informação mais importante quando se pretende avaliar o potencial aproveitável de uma floresta, tanto que um único volume fornece informações que podem estimar os estoques totais de madeira e prever o potencial produtivo de uma floresta (THOMAS et al. 2006).

Geralmente existem duas unidades de identificação de volume para pilhas de madeira: o volume em estéreo (aparente) e o volume sólido em metros cúbicos. O metro estéreo é muito utilizado por ser prático, fácil e rápido para obter o volume de madeira empilhada, permitindo o cálculo mais ágil de cargas ao sair da propriedade florestal ou chegar à indústria ou ambos. Muitas vezes, os pagamentos em determinadas etapas da exploração da matéria-prima (corte, empilhamento, transporte) e comercialização da madeira é feita por meio do volume estéreo (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014; FOELKEL, 2015).

O volume estéreo é o volume de uma pilha de madeira, obtido pela multiplicação de suas dimensões e incluindo o espaço vazio entre as toras (SILVA, 2005). Desta forma, mede-se o tamanho da pilha de madeira (altura, comprimento e largura), para se obter o seu volume que é dada em estere (ou estéreo). Vale ressaltar que as dimensões devem ser tomadas em diferentes locais da pilha para obter uma média representativa, pois não são perfeitamente regulares (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Por outro lado, o volume sólido corresponde no volume real que constitui a estrutura da madeira, independente dos espaços vazios da pilha. O volume sólido é medido em metros cúbicos (m³) (BATISTA; COUTO, 2002) e pode ser obtido pela medição direta ou indireta da madeira. No método direto, o volume é obtido de três maneiras: usando o xilômetro, por expressões aproximadas (formatos geométricos) ou pela relação entre peso e densidade. Já no método indireto, o volume de madeira empilhada pode ser obtido por fatores de empilhamento, pelo recebimento de madeira por peso ou estimado por equação de regressão (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

2.6 ROMANEIO

O romaneio é um documento que controla a produção antes do transporte. As atividades realizadas no romaneio são: cálculo do volume de cada tora; registro de cada tora, número da árvore de origem, tipo de espécie, tamanho e qualidade das toras (PINHEIRO, 2011). A ficha de romaneio documenta a chegada das toras no pátio

da empresa. A partir dos tipos de dados contidos nessa tabela, podem ser rastreadas as explorações em campo (SILVA, 2008). Para melhorar a eficiência, o volume ou tamanho da madeira deve ser determinado durante o romaneio, ou seja, após o tronco ser dividido e transportado para um pátio dentro da floresta explorada (DA SILVA et al., 2019).

2.7 TEMPOS E MOVIMENTOS

O estudo de tempos e movimentos (medição do trabalho) foi registrado pela primeira vez em 1881 e 1885 por Frederick Taylor e Frank B. Gilbreth. Taylor foi pioneiro no desenvolvimento de estudos de tempo com o objetivo de determinar o tempo padrão para a execução de tarefas específicas. Gilbreth, por outro lado, concentra-se na pesquisa de movimentos, visando encontrar a melhor forma de realizar um trabalho específico (BARNES, 1977).

Desta forma, o estudo de tempos é uma técnica para mensurar o trabalho por meio da observação e cronometragem dos operadores, tendo como resultado o tempo gasto na execução de uma tarefa, sob determinadas situação (VIJAYAN et al., 2017). Já o estudo de movimentos, por outro lado, visa auxiliar na melhoria das operações de forma a simplificar e aperfeiçoar sua execução por meio da análise das atividades realizadas pelo homem e pela máquina, bem como todos os movimentos associados a ela, levando em conta a parte econômica e o esforço do operário, para proteger sua saúde e manter sua segurança (SHINDE; JADHAV, 2012).

Assim, os estudos de tempo e movimento caracterizam-se pelo estudo sistemático de sistemas de trabalho com os principais objetivos: desenvolver um sistema e um método preferencial, geralmente aquele de menor custo; padronizar esse sistema e método; determinar o tempo gasto por profissionais qualificados e pessoal devidamente treinado e direcionar os trabalhadores para o método preferido de treinamento (DIAS; NUNES, 2015).

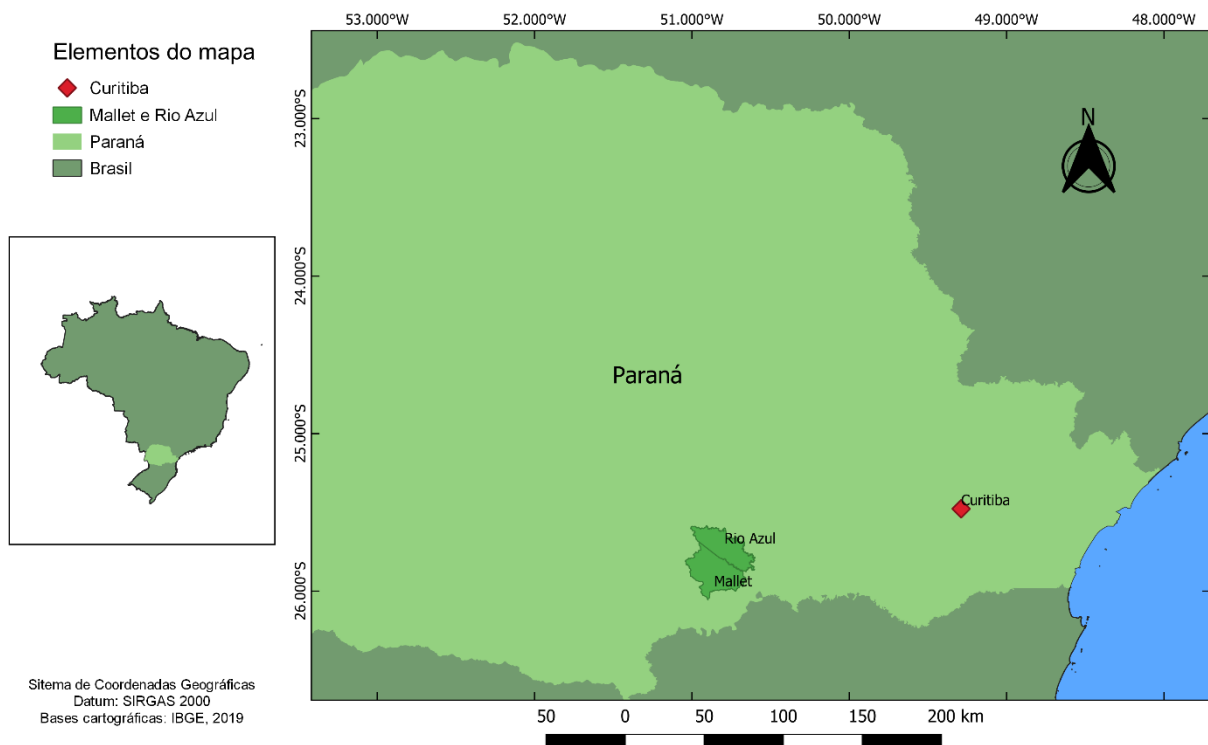
Seixas et al. (2004) consideram o estudo de tempos e movimentos uma técnica vital, pois o tempo consumido por cada elemento do ciclo de trabalho permite organizá-lo, com o objetivo de otimizar o sistema operacional em menor tempo possível. Entretanto, para atingir os objetivos do estudo de tempos e movimentos, é necessário conhecer o tempo parcial e total necessário para realizar cada atividade, o rendimento (produção) obtido e os resultados que afetam direta ou indiretamente o trabalho de desenvolvimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em três localidades na região centro-sul do Paraná, pertencentes a uma pequena empresa florestal local, sendo: (1) povoamento de *P. taeda* com idade de corte de 18 anos e localizado no distrito de Dorizon pertencente ao município de Mallet (coordenadas geográficas: 25°57'18.5"S e 50°51'13.6"W; e, altitude média: 816 m); (2) povoamento de *E. dunnii*, com idade de corte de 16 anos e localizado na cidade de Rio Azul na localidade denominada Invernadinha (coordenadas geográficas: 25°45'37.1"S e 50°41'43.3"W; e, altitude média: 794 m); e, (3) povoamento de *E. dunnii* com idade de corte de 11 anos e localizado na cidade de Rio Azul na localidade denominada Porto Soares (coordenadas geográficas: 25°48'01.4"S e 50°39'15.7"W; e, altitude média: 773 m).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO, MALLET E RIO AZUL - PARANÁ



FONTE: O autor (2022).

Na região de estudo o clima predominante na região é o subtropical úmido (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa) (CITY, 2022). O solo predominante no local 1 é classificado como Latossolos Vermelhos Distrofícos e nos locais 2 e 3 é classificado como Gleissolos Háplicos Tb Distrofícos (SANTOS et al., 2006). O relevo

das localidades foi classificado como relevo plano (0 – 3 %) segundo classificação proposta pela Embrapa (2018).

3.2 INVENTÁRIO FLORESTAL DE PRÉ-CORTE E SORTIMENTOS SOLICITADOS PELOS CLIENTES

O inventário florestal foi realizado por meio da contagem das árvores existentes nos povoamentos. Para isso, utilizou-se um contador manual veeder root (Figura 2A) e a cada árvore contada pintava-se com um spray (Figura 2B). Em todas as áreas descritas coletaram-se DAP (cm) de pelo menos 50% da população e para a contagem das árvores abordaram-se 100% dos indivíduos (censo).

FIGURA 2 - CONTADOR UTILIZADO PARA A CONTAGEM (A) E CONTAGEM MANUAL DAS ÁRVORES COM SPRAY (B).



FONTE: O autor (2022).

Os sortimentos empregados foram definidos pelos clientes (Tabela 1). Os toretes denominados como “lasca”, são produtos florestais de pequenas dimensões (sortimentos “A, B, C, F e G”) e na maioria das vezes com baixo valor de mercado, dessa forma como o volume individual (m^3) demanda de um grande esforço, optou-se em vender em estéreo (st). Nos sortimentos de “D e E” da espécie *P. taeda*, como o valor de mercado é maior, a empresa vendeu a madeira a partir do volume individual de cada tora (m^3). Além disso, os sortimentos “D e E” foram separados ainda no ato de venda nas classes diamétricas de 18 a 24 cm, 25 a 29 cm, 30 a 34 cm, 35 a 39 cm e acima de 40 cm, conforme necessidade do silvicultor local, onde o mesmo tem diferenciação de preços para essas classes diamétricas.

Já para a espécie *E. dunnii*, como o valor de mercado também estava baixo, as toras de sortimento “H e I” também foram vendidas em estéreo ou toneladas (t). O

sortimento A foi destinado para empresa de produto final pasta mecânica, o sortimento B foi destinado a empresa de serraria e os sortimentos C, D, E, F, G, H e I foram destinados a empresa de laminados (compensados).

TABELA 1 - SORTIMENTOS OBTIDOS NOS POVOAMENTOS FLORESTAIS AVALIADOS

Espécie	Sortimento	Comprimento (m)	Diâmetro mínimo (cm)	Diâmetro máximo (cm)	Unidade de medida para volume
<i>P. taeda</i>	A	1,90	5	9	st e t
	B	1,80	10	12	st
	C	2,00	13	17	st
	D	2,60	18	52	m ³
	E	2,00	18	52	m ³
<i>E. dunni</i>	F	2,65	13	17	st e t
	G	2,00	13	17	st e t
	H	2,55	18	35	st e t
	I	2,00	18	35	st e t

FONTE: O autor (2022).

3.3 SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA EMPREGADO

O sistema de colheita empregado para os três locais de estudos foi de toras longas com o método de corte semimecanizado. Para isso, empregou-se uma motosserra da marca STIHL, de modelo MS 382, com motor dois tempos, potência de 5,3 cv e 72,2 cilindradas, peso de 6,2 kg, com nível de pressão sonora 105 dBA e capacidade de tanque de 680 ml. Nessa etapa as árvores foram semiprocessadas (desgalhamento e destopamento) no local de derrubada e levadas para a margem da estrada (figura 3A) com um trator Ford 6630 de tração 4x4 (figura 3B) para posterior traçamento com motosserra das mesmas em seus devidos sortimentos. A distância média de arraste das áreas foi de 100 m.

Após o traçamento e empilhamento manual da madeira nas margens das estradas, as toras permaneceram estocadas em campo aguardando o carregamento. O tempo de estocagem variou de 7 a 28 dias. As pilhas eram alocadas na margem do talhão, sendo dispostas no sentido paralelo as estradas em uma altura média de 1,30m.

FIGURA 3 - EXTRAÇÃO DA MADEIRA (A) COM TRATOR FORD TRAÇADO (B)



FONTE: O autor (2022).

3.4 CARREGAMENTO E TRANSPORTE FLORESTAL AVALIADO

Para o carregamento foi utilizado um trator autocarregável BM 100 Valtra, de 100 cv, acoplado a um implemento de carregador florestal da marca Implemater, de modelo CF-5550 com lança de 5,50 m e garra com uma abertura de 1,50 m (Figura 4) e sua área de garra de 0,75 m², com capacidade no seu alcance máximo de 800 kg. O operador da máquina era do gênero masculino, com idade de 39 anos e tempo de experiência na função de 5 anos.

No momento do carregamento, o operador rotacionava a cadeira a 180° para ser realizada a operação, a partir de 8 alavancas, sendo:

1. Sapata esquerda;
2. Sapata direita;
3. Giro da torre;
4. Levanta a torre;
5. Cotovelo da torre;
6. Giro da garra;
7. Fecha e abre a garra; e,
8. Aciona o telescópio.

FIGURA 4 - TRATOR VALTRA BM 100 AUTOCARREGÁVEL (A) E ESTRUTURA DO CARREGADOR IMPLMATER (B)



FONTE: O autor (2022).

Todos os veículos de transporte avaliados são terceirizados, sendo a frota composta por dois caminhões trucados (um traçado 4x4 e outro simples 4x2) (Figura 5) e um biminhão (caminhão traçado 4x4) (Figura 6). Portanto foi dividido em duas composições veiculares para transporte florestal (caminhões trucados e biminhão), porém em três veículos florestais diferentes, uma vez que nos caminhões trucados existe um caminhão traçado e outro simples.

FIGURA 5 – A. CAMINHÃO TRUCADO SIMPLES; E, B. CAMINHÃO TRUCADO TRAÇADO.



FONTE: O autor (2022).

FIGURA 6 - BIMINHÃO



FONTE: O autor (2022).

Os caminhões trucados possuem 3 eixos, dos quais contemplam um peso bruto total (PBT) de 23,0 t, enquanto o biminhão (romeu e julieta) dispõe de 6 eixos fixando um peso bruto combinado (PBTC) de 50,0 t. A capacidade de carga do caminhão trucado simples (figura 5A) é de 38,08 st, do caminhão trucado traçado (figura 5B) é de 41,18 st e do biminhão traçado (figura 6) é de 81,51 st.

3.5 CONTROLE DA CARGA

Cada carga foi mensurada em pelo menos uma unidade de medida, sendo em metros cúbicos (m^3) ou estéreo (st), no campo, ou toneladas (t) mensurada na balança da unidade consumidora, porém todas as cargas sem exceção foram mensuradas em estéreo (st). As medidas variaram conforme a necessidade dos clientes (Tabela 1), pois as cargas foram entregues para diversas empresas e de diversas distâncias de transporte, conseqüentemente houve diversos sortimentos.

A obtenção das medidas em st foi realizada após o carregamento do veículo, sendo coletado a média das alturas, a largura e o comprimento da carga. Em toneladas, os veículos foram pesados com a madeira carregada e novamente coletada a tara do caminhão após o descarregamento no pátio da fábrica. Já a mensuração em m^3 , mensurou-se cada tora com seu devido diâmetro do lado da ponta mais fina da tora (sem considerar a casca) através de uma trena e calculado o volume da mesma através da fórmula do cilindro (equação 1), adaptado de Machado e Figueredo Filho (2014). Para isso, desenvolveu-se um aplicativo para o referido cálculo.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

(1)

Em que: V é o volume da tora, em m^3 ; d é o diâmetro da tora na extremidade mais fina, em metros; e , é o comprimento da tora, em metros.

A escolha da coleta do diâmetro na extremidade mais fina da tora se deve ao fato do comprador exigir que a tora seja cubada nesse requisito, pois no momento do beneficiamento da tora na fábrica é necessário ter-se um bloco de madeira homogêneo, para que todas as peças beneficiadas (madeira serrada ou lâmina) sejam de comprimentos iguais ao da tora.

3.6 APLICATIVOS DESENVOLVIDOS

Para facilitar a coleta e organização dos dados para o referido trabalho, foi desenvolvido um aplicativo juntamente com a equipe da área de T.I, na qual criou-se um aplicativo para *android* a fim de mensurar e gravar as cargas que eram vendidas em metro cúbico (m^3) e outro aplicativo para mensurações de cargas que eram vendidas em estéreio (st). Para as medições em toneladas simplesmente foi coletado o peso provindo da balança da fábrica.

A linguagem utilizada para criação do aplicativo foi Javascript e HTML, Vue.js foi empregado como framework e cordova utilizado para gerar o aplicativo.

3.7 ESTUDO DE TEMPOS

Para o estudo de tempos, realizou-se a cronometragem pelo método contínuo, ou seja, sem a interrupção dos tempos, com auxílio de um cronometro centesimal, prancheta e formulários desenvolvidos previamente.

Para a coleta dos tempos de carregamento foi considerado apenas o tempo total do carregamento de cada veículo, sendo considerado o tempo inicial o momento em que a máquina estava estacionada ao lado da pilha e final o momento de guardar a garra no implemento do carregador após a última garrada arrumada em cima do caminhão. Dentro desse tempo, considerou-se os seguintes movimentos: deslocamento da garra vazia até a pilha (Figura 7A), abertura da garra para a coleta das toras e deslocamento da garra carregada até a plataforma do veículo de transporte (Figura 7B e C), abertura da garra soltando as toras (Figura 7D), e deslocamento da garra de volta para realizar mais “garradas” (Figura 7A). Pequenos ajustes na carga com a garra no meio do carregamento também foram considerados.

FIGURA 7 – ETAPAS DOS CICLOS DE CARREGAMENTO ANALISADOS DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMPLMATER CF5550.



FONTE: O autor (2022).

3.8 AMOSTRAGEM E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram avaliados no total 20 ciclos operacionais, em que se utilizou a equação (2) proposta por Murphy (2005) para quantificar o limite de erro de amostragem encontrado nos ciclos avaliados.

(2)

Em que: n é número necessário de ciclos; α valor de , para o nível de probabilidade desejado em (n-1) graus de liberdade; C_v é o coeficiente de variação, em percentual; e E é o limite de erro admissível, em percentual.

Os valores médios dos tempos de carregamento dos veículos florestais e produtividade em $st\ h^{-1}$ (estéreo por hora) nas diferentes espécies foram comparados pelo teste de Student ao nível de 95% de probabilidade e 5% de significância através do software *Excel*. Tendo como tratamento $st\ h^{-1}$ e as mensurações das cargas como repetição.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INVENTÁRIO FLORESTAL DE PRÉ-CORTE

Os povoamentos avaliados apresentavam as seguintes características dendrométricas, conforme apresentadas na tabela 2.

TABELA 2 - INVENTÁRIO DE PRÉ-CORTE DAS ÁREAS DE ESTUDO

Local	Idade (anos)	DAP médio (cm)	C.V. (%)	Número de Árvores	Área da floresta (ha)	Arv ha ⁻¹
1	18	29,41	16,64	962	1,67	576
2	16	24,67	24,78	1.831	3,17	578
3	11	24,38	17,41	162	0,35	463

Em que: **local 1:** *P. taeda* em Mallet (PR); **local 2:** *E. dunnii* em Rio Azul (PR); **local 3:** *E. dunnii* em Rio Azul (PR); **ha:** hectare; **DAP:** Diâmetro a altura do peito; **C.V:** Coeficiente de variação e **Arv:** Árvore.

FONTE: O autor (2022).

Todos os povoamentos apresentados na tabela 2 estavam em etapa de corte raso. O povoamento do local 1 com espaçamento inicial de plantio 2,5 m x 2,5 m foi manejado com um desbaste seletivo por baixo (retirada das árvores com diâmetro mais fino) com intensidade média de 50%, com uma poda realizada aos 6 anos para a obtenção de toras livres da presença de nós. O povoamento do local 2 com espaçamento inicial de plantio 2 m x 2 m foi manejado com um desbaste seletivo por baixo com intensidade média de 50% com ausência de poda. Em contrapartida, o povoamento do local 3 com espaçamento inicial de plantio 2 m x 2 m não apresentou nenhum tipo de intervenção silvicultural de poda e desbaste.

4.2 APLICATIVOS DESENVOLVIDOS

Para medição da carga quando mensurada em metro cúbico (m³), decorreu-se da medida do diâmetro das toras na extremidade mais fina sob o solo quando já traçadas, estaleiradas e prontas para o carregamento. O aplicativo para medições da carga em m³, decorre da seguinte maneira (Figura 9):

- A. Insere a identificação do comprador da madeira;
- B. Adiciona o comprimento da madeira para cálculo do cilindro das toras;
- C. Adiciona os diâmetros de cada tora, arredondando sempre para números inteiros;
- D. Aba para retirada de algumas toras que ficaram sem carregar por conta do tamanho excessivo da carga;
- E. Coloca-se o valor em reais de cada classe diamétrica;

- F. Insere-se todos os dados da carga, como data, hora, localidade, carregador florestal, operador da máquina, empreiteiro (cortador), placa (s) do veículo de transporte, medidor da carga e motorista do caminhão;
- G. Tira-se fotos da lateral e da traseira do veículo carregado e da nota fiscal da carga;
- H. Confere o romaneio através de uma finalização prévia;
- I. Finaliza o romaneio.

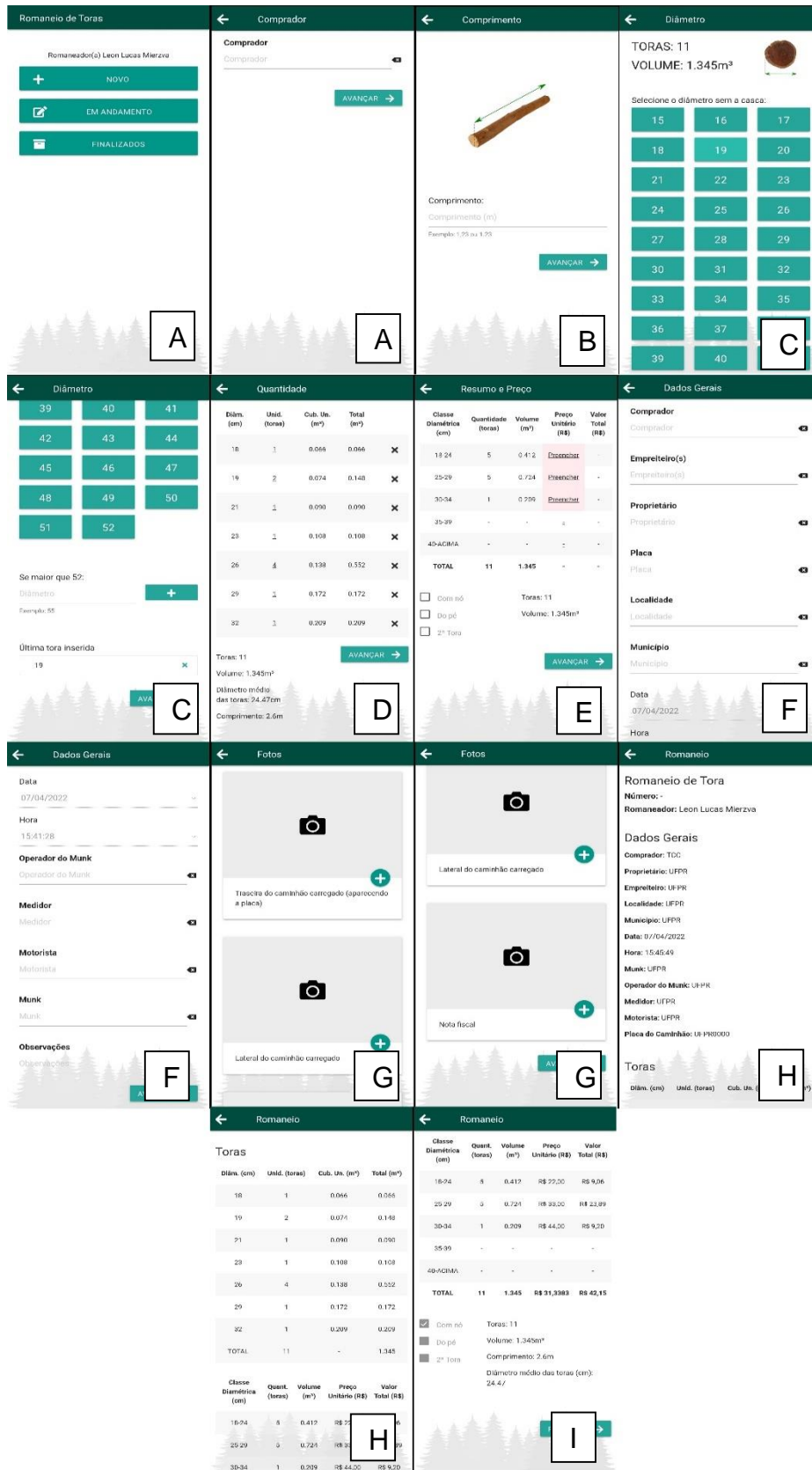
Na aba “A” foi elaborada para fácil controle das cargas, na aba “B” insere-se o comprimento da tora da referida carga que está sendo carregada, podendo ser alterada em qualquer momento. Na aba “C” insere-se o diâmetro de cada tora que se mede, ou seja, coleta-se o diâmetro na tora no chão com uma trena sem considerar a casca (faz uma demarcação da mesma com giz de cera conforme a figura 8 para evitar medir a mesma novamente) e clica no quadrado referente ao diâmetro da tora no aplicativo, automaticamente no momento do clique na tela do celular o mesmo vibra (para identificar que a tora foi inserida) e também o aplicativo atualiza e aumenta-se o número de toras cubadas e o volume em m^3 já medido pelo medidor. Nessa aba também, se o medidor clicou em algum diâmetro na tela do celular não correspondente ao do solo, pode-se excluir o último diâmetro inserido.

FIGURA 8 - TORAS DE *P. taeda* (m^3) SOB O SOLO MEDIDAS E RISCADAS COM GIZ DE CERA



FONTE: O autor (2022).

FIGURA 9 - TELAS DO APLICATIVO DE TORAS EM METRO CÚBICO (m³)



FONTE: O autor (2022).

A aba “D” foi criada para casos de retirada de toras depois de já mensurada sob o solo, por exemplo, mensurou-se 400 toras para uma carga de biminhão, porém no ato do carregamento observou-se que no final do carregamento, a carga já estava muito grande e não caberia mais toras ou até mesmo o motorista observava que a carga já estava suficiente e restou 8 toras medidas sob o solo, para resolver e retirar as 8 toras já inseridas no aplicativo, media-se novamente para encontrar o diâmetro delas e as retirava do romaneio nessa aba do aplicativo.

A aba “E” serve para apresentar o resumo geral da carga, onde se coloca o valor de cada classe diamétrica vendida e se obtém o valor total da carga e o volume total da carga com os respectivos volume e toras por sortimento (18 a 24 cm, 25 a 29 cm, 30 a 34 cm, 35 a 39 cm e 40 cm acima).

Na aba “F”, as informações já descritas são inseridas, e na aba “G” são inseridas as fotos solicitadas, em seguida, faz-se uma conferência do romaneio como forma de pré finalização e após conferido o romaneio é finalizado, o qual gera um arquivo dentro do celular *android* que gera arquivos em PDF e excel, como também apresenta as fotos que foram tiradas.

Para validação do aplicativo, foram mensuradas sete cargas de toras, sendo elas 5 para o biminhão e 2 para o caminhão truck (Tabela 3). O diâmetro médio das toras encontrado nas cargas do sortimento “D” foi de 23,1 cm e para o sortimento “E” 22,9 cm. Contudo, somente para a espécie *P. taeda* nos sortimentos “D e E” foi utilizado o aplicativo de toras em metro cúbico, uma vez que é a madeira que apresenta maior valor de mercado, enquanto todas as cargas da espécie *E. dunnii* foram mensuradas em st e t, devido ao menor valor de mercado e exigência dos compradores.

TABELA 3 - CARGAS MENSURADAS NA UNIDADE DE METRO CÚBICO (m³)

Local	Veículos	Espécie	Sortimento	Volume (m ³)	Número de toras mensuradas	Volume (st)
1	1	<i>P. taeda</i>	D	41,077	309	73,80
1	1	<i>P. taeda</i>	D	41,676	395	67,67
1	1	<i>P. taeda</i>	D	40,977	411	66,12
1	1	<i>P. taeda</i>	D	40,423	397	66,79
1	2	<i>P. taeda</i>	D	21,101	198	34,96
1	2	<i>P. taeda</i>	D	19,672	178	32,57
1	1	<i>P. taeda</i>	E	40,180	486	66,93
Total				245,106	2.374	408,84

Em que: **Local 1:** *P. taeda* 18 anos em Mallet (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **sortimento D:** 18 a 52 cm com comprimento 2,60 m; **sortimento E:** 18 a 52 cm com comprimento 2,00 m; **m³:** metro cúbico e **st:** estéreo.

FONTE: O autor (2022).

Já para medição da carga quando mensurada em estéreo (st), decorre-se quando a carga já está carregada em cima da plataforma dos veículos de transporte. Logo, o aplicativo para medições da carga em st, decorre da seguinte maneira (Figura 10):

- A. Insere a identificação do comprador da madeira;
- B. Escolhe o número de alturas a ser coletadas;
- C. Insere todas as alturas em questão como também o comprimento da carga e a largura da carga;
- D. Digita-se os dados da madeira que foi carregada, como classe diamétrica, espécie da madeira, comprimento de corte da madeira, preço unitário por st, se o frete está incluso no valor ou não e, conseqüentemente, apresenta o valor total da carga e o volume total;
- E. Insere-se todos os dados da carga, como data, hora, localidade, carregador florestal, operador da máquina, empreiteiro (cortador), placa (s) do veículo, medidor da carga e motorista;
- F. Tira-se fotos da lateral e da traseira do veículo carregado e da nota fiscal da carga;
- G. Confere o romaneio através de uma finalização prévia;
- H. Finaliza o romaneio.

Na aba “B” insere-se a quantidade de alturas a ser coletadas e isso pode variar entre veículos de transporte. Cada pacote carregado em cima da plataforma do caminhão é colocado entre os fúrios, dessa forma para mensuração de altura, cada pacote necessita da coleta de duas alturas, uma de cada lado para melhor determinação da média de altura do pacote/carga. Um biminhão, é carregado em média com 6 pacotes de madeira (Figura 6), logo adiciona-se doze alturas no aplicativo. Ao passo que, para o caminhão truck pode haver três pacotes (Figura 5B), logo, adiciona-se seis alturas. Contudo, para o segundo caminhão truck (Figura 5A) as vezes as toras são dispostas perpendicularmente a plataforma do caminhão, portanto não existe pacotes, porém escolhe-se de seis a oito alturas (coleta-se metade de cada lado da carga) para ser medidas e ter uma altura média mais coerente da carga.

FIGURA 10 - TELAS DO APLICATIVO DE TORETES/LASCAS EM ESTÉREO (st)

A Inicializados
Nenhum romaneio iniciado.
VER FINALIZADOS

A Dados Comprador
Comprador
PRÓXIMO

B Número de Alturas
1 ALTURA 2 ALTURAS
3 ALTURAS 4 ALTURAS
6 ALTURAS 8 ALTURAS
10 ALTURAS 12 ALTURAS
PRÓXIMO

C Dados da Carga
Altura 1 m Altura 2 m
Altura 3 m Altura 4 m
Altura 5 m Altura 6 m
Média das Alturas: m
Comprimento Carga m Largura da Carga m
Volume: st
PRÓXIMO

D Dados da Carga
Classe Diamétrica
Tipo da Madeira
Comprimento da Madeira m
Preço unitário R\$
Frete Incluso no valor unitário?
R\$ Total
Volume 29,59 st
PRÓXIMO

E Data 07/04/2022 Hora 15:46:27
Placa
Motorista
Medidor
Carregamento
Operador Munk
Observações
PRÓXIMO

E Dados Gerais
Proprietário
Local UFPR
Município UFPR
Comprador UFPR
Empreiteiro
Data 07/04/2022 Hora 15:46:27
Placa

F Fotos
Foto Traseira Caminhão
Foto Lateral Caminhão
Foto da Nota Fiscal

G Local: UFPR
Município: UFPR
Data: 07/04/2022 Hora: 15:46:27
Proprietário(s): TCC
Comprador: UFPR
Motorista: UFPR
Medidor: UFPR
Carregamento: UFPR
Operador Munk: UFPR
Placa(s) Caminhão: UFPR0000
Empreiteiro(s): UFPR
FLORESTAL MIERZVA - Manejo de Florestas
Tipo da Madeira: Eucalipto
Comprimento da Madeira: 2,05 m

H Comprimento da Madeira: 2,05 m
Diâmetro: 10 a 12 cm
Preço Unitário: R\$ 103,00
Frete incluso no valor unitário?: Não
Altura 1: 1,55m Altura 2: 2,12m
Altura 3: 1,98m Altura 4: 1,78m
Altura 5: 1,95m Altura 6: 2,00m
Média das Alturas: 1,8967 m
Comprimento da Carga: 7,80 m
Largura da Carga: 2,00 m
Volume: 29,59 st
Total: R\$ 3.047,77
VOLTAR FINALIZAR

FONTE: O autor (2022).

Na aba “C”, insere-se todas as alturas selecionadas e coloca-se o comprimento e a largura do caminhão/biminhão. A multiplicação de todos os elementos (largura, comprimento e altura média) tem-se o volume em estéreo (st). A largura e comprimento do caminhão varia de acordo de como a madeira foi carregado em cima da plataforma. Por exemplo:

1. Se a madeira for carregada paralelamente a plataforma do caminhão (Figura 5B e 6), o comprimento da carga seria o comprimento que a madeira foi cortada multiplicado pela quantidade de pacotes que foram carregados e a largura seria o “entre fueiro”, que nada mais é que a largura de um fueiro até o outro fueiro.
2. Se a madeira for carregada perpendicularmente a plataforma do caminhão (Figura 5A), o comprimento da carga seria o comprimento da plataforma do caminhão e a largura seria o comprimento que a madeira foi cortada.

As demais abas são as mesmas informações que se coloca no romaneio de toras (m³) já explicado anteriormente.

Todas as cargas observadas no referido trabalho foram mensuradas no aplicativo de lascas (toretas), apresentadas na TABELA 4, sendo elas 8 para o biminhão e 12 para os caminhões trucks.

4.3 ESTUDO DE TEMPOS

No estudo de tempos foram observados 20 ciclos operacionais, que compreendem os veículos caminhão truck e biminhão, apresentando um limite de erro de 10,4% com 12 ciclos e 14,9% com 8 ciclos, respectivamente. Tais valores se devem as intempéries (chuvas) que ocorreram no decorrer do mês de março e abril de 2022 (data de coleta dos dados), que causaram danos nas estradas secundárias existentes nos locais (Figura 11), impedindo o carregamento dos veículos e obtenção de mais dados. Além disso, a empresa não possui um banco de dados histórico com tempos de carregamento.

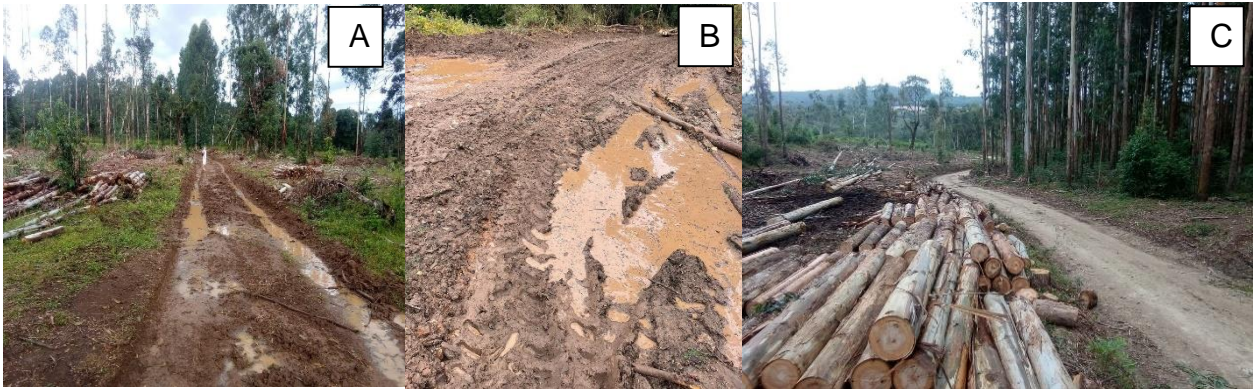
TABELA 4 - CARGAS MENSURADAS NA UNIDADE DE MEDIDA ESTEREO (st)

Local	Veículos	Espécie	Sortimento	Volume (st)	Quantidade de alturas coletadas	Volume (t)
1	1	<i>P. taeda</i>	D	67,67	12	-
1	1	<i>P. taeda</i>	D	66,12	12	-
1	1	<i>P. taeda</i>	D	73,80	12	-
1	1	<i>P. taeda</i>	D	66,79	12	-
1	1	<i>P. taeda</i>	E	66,93	12	-
1	2	<i>P. taeda</i>	A	33,96	6	19,52
1	2	<i>P. taeda</i>	C	28,43	6	-
1	2	<i>P. taeda</i>	D	34,96	6	-
1	2	<i>P. taeda</i>	D	32,57	6	-
1	3	<i>P. taeda</i>	B	30,24	6	-
2	1	<i>E. dunnii</i>	H	62,61	12	-
2	1	<i>E. dunnii</i>	H	60,56	12	-
2	1	<i>E. dunnii</i>	I	60,43	12	53,99
2	2	<i>E. dunnii</i>	F	32,72	6	27,27
2	2	<i>E. dunnii</i>	H	24,60	6	-
2	3	<i>E. dunnii</i>	I	32,17	6	27,93
3	2	<i>E. dunnii</i>	I	29,59	6	26,69
3	2	<i>E. dunnii</i>	I	31,92	6	-
3	3	<i>E. dunnii</i>	G	33,80	6	26,16
3	3	<i>E. dunnii</i>	I	32,32	8	26,56
Total				902,19		208,12

Em que: **local 1:** *P. taeda* 18 anos em Mallet (PR); **local 2:** *E. dunnii* 16 anos em Rio Azul (PR); **local 3:** *E. dunnii* 11 anos em Rio Azul (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **veículo 3:** Mercedes-Benz - LS1630 – Truck; **sortimento A:** 5 a 9 cm com comprimento 1,90 m; **sortimento B:** 10 a 12 cm com comprimento 1,80 m; **sortimento C:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento D:** 18 a 52 cm com comprimento 2,60 m; **sortimento E:** 18 a 52 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento F:** 13 a 17 cm com comprimento 2,65 m; **sortimento G:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento H:** 18 a 35 cm com comprimento 2,55 m; **sortimento I:** 18 a 35 cm com comprimento 2,00 m; **st:** estéreo e **t:** tonelada.

FONTE: O autor (2022).

FIGURA 11 - ESTRADAS SECUNDÁRIAS, SENDO A. LOCAL 3 DANIFICADA PELA CHUVA; B. LOCAL 1 DANIFICADA PELA CHUVA E, C. LOCAL 2 EM PERFEITA CONDIÇÕES.



FONTE: O autor (2022).

TABELA 5 - CARGAS AVALIADAS NO VEÍCULO FLORESTAL BIMINHÃO E SEUS RESPECTIVOS TEMPO DE CARREGAMENTO

Local	Veículos	Espécie	Sortimento	Volume (m³)	Volume (st)	Volume (t)	Tempo estocagem (semanas)	Tempo total (horas)
1	1	<i>P. taeda</i>	D	41,676	67,67	-	1	1,23
1	1	<i>P. taeda</i>	D	40,977	66,12	-	1	1,12
1	1	<i>P. taeda</i>	D	41,077	73,80	-	1	1,42
1	1	<i>P. taeda</i>	D	40,423	66,79	-	1	1,12
1	1	<i>P. taeda</i>	E	40,180	66,93	-	1	1,01
2	1	<i>E. dunnii</i>	H	-	60,56	-	1	1,28
2	1	<i>E. dunnii</i>	H	-	62,61	-	1	1,62
2	1	<i>E. dunnii</i>	I	-	60,43	53,99	2	1,42
Total				204,333	524,91	53,99	Média	1,28

Em que: **local 1:** *P. taeda* 18 anos em Mallet (PR); **local 2:** *E. dunnii* 16 anos em Rio Azul (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **sortimento D:** 18 a 52 cm com comprimento 2,60 m; **sortimento E:** 18 a 52 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento H:** 18 a 35 cm com comprimento 2,55 m; **sortimento I:** 18 a 35 cm com comprimento 2,00 m; **m³:** metro cúbico; **st:** estéreo e **t:** tonelada.

FONTE: O autor (2022).

O tempo médio de carregamento para o veículo florestal biminhão (Tabela 5) com diferentes sortimentos e espécies, foi de 1 hora, 16 minutos e 47 segundos, tal resultado está acima dos valores encontrados por Ramos et al. (2016), que ressaltam um tempo gasto de 19,60 minutos de um carregador florestal de escavadeira CAT

320D em um desbaste de *P. taeda*, tal motivo do qual o carregador florestal avaliado ter consumido 3 vezes mais para poder carregar um biminhão pode ser explicado pelo comprimento da tora, uma vez que foi carregado toras de 2,00, 2,55 e 2,60 metros, fazendo com que o biminhão tivesse 6 pacotes e em contra partida o carregamento do maquinário de Ramos et al. (2016), muito possivelmente necessitou só de 4 pacotes em cima do caminhão, visto que o corte das toras foram de comprimento 3,60 metros, ou seja, diminuindo o tempo de carregamento (2 pacotes a menos pra carregar), além de que a estrutura da escavadeira acoplada ao carregador de Ramos, é de maior tamanho e rapidez quando comparado ao autocarregável.

O coeficiente de variação dos dados do romeu e julieta é de 15,63%, ou seja, relativamente uma baixa dispersão, podendo os dados coletados ser considerados como homogêneos. Em contrapartida, utilizado a equação 2 de Barnes identificou que os 8 ciclos coletados do biminhão, contemplaram um limite de erro amostral de 14,9%.

Já para os caminhões trucks, constatou-se que o tempo médio de carregamento (tabela 6) para esse veículo florestal de diferentes sortimentos e de espécies diferentes, 31 minutos e 17 segundos, com um coeficiente de variação de 18,99%, ou seja, relativamente uma média dispersão. Examinando o limite de erro amostral encontrado na equação 2 de Barnes identificou que os 12 ciclos coletados dos trucks contemplaram um limite de erro amostral de 10,4%, um pouco menor quando comparado ao limite de erro do biminhão.

TABELA 6 - CARGAS AVALIADAS NO VEÍCULO FLORESTAL TRUCK E SEUS RESPECTIVOS TEMPO DE CARREGAMENTO

Local	Veículos	Espécie	Sortimento	Volume (m³)	Volume (st)	Volume (t)	Tempo estocagem (semanas)	Tempo total (horas)
1	2	<i>P. taeda</i>	C	19,672	32,57	-	1	0,58
1	2	<i>P. taeda</i>	D	-	28,43	-	2	0,61
1	2	<i>P. taeda</i>	D	21,101	34,96	-	1	0,51
1	2	<i>P. taeda</i>	D	-	33,96	19,52	3	0,68
1	3	<i>P. taeda</i>	D	-	30,24	-	4	0,42
2	2	<i>E. dunnii</i>	F	-	32,72	27,27	1	0,61
2	2	<i>E. dunnii</i>	H	-	24,60	-	1	0,33
2	3	<i>E. dunnii</i>	I	-	32,17	27,93	1	0,54
3	2	<i>E. dunnii</i>	I	-	29,59	26,69	2	0,60
3	2	<i>E. dunnii</i>	I	-	31,92	-	2	0,45
3	3	<i>E. dunnii</i>	G	-	33,80	26,16	2	0,46
3	3	<i>E. dunnii</i>	I	-	32,32	26,56	2	0,45
<i>Total</i>				40,773	377,28	154,13	Média	0,521

Em que: **local 1:** *P. taeda* 18 anos em Mallet (PR); **local 2:** *E. dunnii* 16 anos em Rio Azul (PR); **local 3:** *E. dunnii* 11 anos em Rio Azul (PR); **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **veículo 3:** Mercedes-Benz - LS1630 – Truck; **sortimento C:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento D:** 18 a 52 cm com comprimento 2,60 m; **sortimento F:** 13 a 17 cm com comprimento 2,65 m; **sortimento G:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento H:** 18 a 35 cm com comprimento 2,55 m; **sortimento I:** 18 a 35 cm com comprimento 2,00 m; **m³:** metro cúbico; **st:** estéreio e **t:** tonelada.

FONTE: O autor (2022).

Ao comparar os tempos médios de carregamento, entre veículos, pelo teste de t de student, constatou-se que houve diferenças estatisticamente significativas a 5% de probabilidade (Tabela 7).

TABELA 7 - RESULTADO ESTATÍSTICO DO TESTE PARA DADOS ORIUNDOS DO TEMPO DE CARREGAMENTO CAMINHÕES TRUCK E BIMINHÃO

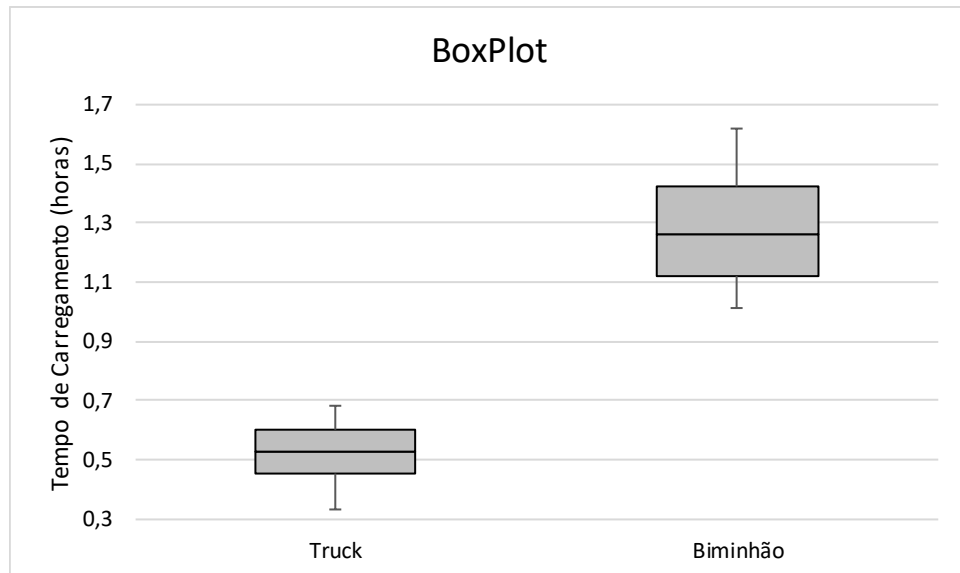
Valor	crítico bi-caudal	Valor p	Hipóteses
9,94	2,26	0,00038%	Rejeita

Em que: : a média dos desvios é igual a zero, ou seja, não existe diferença entre as médias.

FONTE: O autor (2022).

O comportamento da distribuição e simetria do conjunto de dados em relação aos valores médios do tempo de carregamento (horas) pode ser observado nos gráficos de Box-plot, com seus devidos valores máximos, mínimos, médias e quartis.

GRÁFICO 1 - GRÁFICO BOX-PLOT DA DISPERSÃO DO TEMPO DE CARREGAMENTO DOS VEÍCULOS FLORESTAIS



FONTE: O autor (2022).

Porém salienta que, um biminhão tem o dobro de caixa carga de um caminhão truck, uma vez que apresenta a plataforma do caminhão e mais um reboque, ou seja, consome o dobro de tempo, fazendo com que os valores das médias sejam diferentes (gráfico 1) e apresentando uma diferença entre elas (teste).

O desempenho do carregamento está interligado com o posicionamento de pilha que pode estar associado ao alinhamento das toras durante a formação das mesmas na extração, o que aumenta o número de movimentações para organização dos feixes formados, e conseqüentemente, reflete no tempo de carregamento (MASIOLI, 2019), uma vez que a posição de alinhamento paralelo em relação a estrada das toras no estaleiro utilizado pela empresa pode estar comprometendo o desempenho do carregamento.

Deve-se determinar a melhor forma de realizar a extração da madeira, otimizar a distância e aproveitar os benefícios da capacidade de produção. E por fim, realizar o posicionamento ideal das pilhas na borda do talhão, isso pode aumentar a produtividade da extração de madeira e o carregamento do veículo de transporte principal (MALINOVSKI et al., 2006).

Para a conversão de unidades, apresentou-se nas tabelas 8 e 9 as mesmas cargas que foram mensuradas em pelo menos duas unidades de medidas diferentes, para poder realizar uma conversão. Vale enfatizar que as cargas que não tiveram duas unidades de medidas diferentes mensuradas, não foram incluídas nas tabelas.

Na tabela 8 está demonstrado todas as cargas de *E. dunnii* que foram mensuradas em campo em estéreo (st) e o peso na balança da empresa (t). Logo, conseguiu-se realizar a conversão de toneladas para estéreo e de estéreo para toneladas. Observou-se que 1,00 st de *E. dunnii* obtém em média 0,85 t e que 1,00 t de *E. dunnii* obtém em média 1,18 st, sendo valores discrepantes quando comparado ao encontrado por Envalma (2014), que diz que 1,00 st de Eucalipto com casca tem-se 0,607 t verdes e que 1,00 t de Eucalipto com casca verde tem-se 1,65 st. Em equivalência, Florestar Estatístico (2004) comprova que, 1,00 st de Eucalipto com casca tem-se 0,608 t e que 1,00 t de Eucalipto com casca tem-se 1,65 st.

Verificou que as cargas que foram estocadas duas semanas (madeira ficou uma semana a mais secando) em campo (média de 0,83 t por st) sofreram poucas mudanças no fator de conversão quando comparadas a madeira que ficou estocada apenas uma semana (madeira mais verde) em campo (média de 0,86 t por st). Também examinou que os diferentes sortimentos com diferentes comprimentos de toras, não influenciaram as conversões, ou seja, os sortimentos “F, G e I” obtiveram quase o mesmo peso por metro estéreo.

TABELA 8 - MENSURAÇÕES EM METRO ESTÉREO E TONELADAS DE CARGAS DE *E. dunnii* PARA O CÁLCULO DE CONVERSÃO DE UNIDADES

Local	Veículos	Sortimento	Tempo estocagem (semanas)	Volume (st)	Volume (t)	Conversão t para st	Conversão st para t
2	2	F	1	32,72	27,27	0,83	1,20
2	3	I	1	32,17	27,93	0,87	1,15
2	1	I	1	60,43	53,99	0,89	1,12
3	2	I	2	29,59	26,69	0,90	1,11
3	3	G	2	32,32	26,56	0,82	1,22
3	3	I	2	33,80	26,16	0,77	1,29
Média						0,85	1,18

Em que: **local 2:** *E. dunnii* 16 anos em Rio Azul (PR); **local 3:** *E. dunnii* 11 anos em Rio Azul (PR); **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **veículo 3:** Mercedes-Benz - LS1630 – Truck; **sortimento F:** 13 a 17 cm com comprimento 2,65 m; **sortimento G:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento I:** 18 a 35 cm com comprimento 2,00 m; **st:** estéreo e **t:** tonelada.

FONTE: O autor (2022).

Para a espécie *P. taeda*, os fatores de conversão apresentados na Tabela 9 decorrem-se nas unidades de medida mensuradas em campo, uma delas em estéreo (st) e outra em metro cúbico (m^3) sem considerar a casca das toras. Logo, conseguiu-se realizar a conversão de metro cúbico sem casca para estéreo e de estéreo para metro cúbico sem casca. Assim, observou-se que 1,00 st de *P. taeda* obtém em média 0,60 m^3 sem casca, e que 1,00 m^3 sem casca de *P. taeda* obtém em média 1,67 st. Assim, observa-se que os valores são parecidos ao encontrado por Envalma (2014), que diz que 1,00 st de Pinus sem casca tem-se 0,70 m^3 e que 1,00 m^3 de Pinus sem casca tem-se 1,75 st. Já Florestar Estatístico (2004), descreve que, 1,00 st de Pinus sem casca tem-se 0,57 m^3 e que 1,00 m^3 de Pinus sem casca tem-se 1,75 st.

Averiguou-se que apenas uma carga em questão obteve um fator de conversão fora da média, que foi a carga do sortimento “D” de tempo de estocagem de duas semanas, com fator de conversão de 1,80 st para um m^3 e 0,56 m^3 para um st e isso se deve ao fato de que essa carga (Figura 12) foi a única a ser carregada somente de todas primeira tora das árvores traçadas em campo, foram carregadas neste caminhão para venda de toras “clear”, livre da presença de nós (para capa de compensado). Logo, como foi carregado só a primeira tora, existe a presença de uma “saia” no início dessas toras, ou seja, uma tora não muito cilíndrica e sim como uma forma geométrica denominada neilóide, o que faz que a carga seja muito desparelha e com muito altura por conta do neilóide (formando gaiolas nos pacotes da carga).

Observou-se que as demais cargas que eram da segunda tora em diante da árvore, obtiveram favor de conversão próximo a média de 1,67 st por m^3 e 0,60 m^3 por st.

TABELA 9 - MENSURAÇÕES EM METRO ESTÉREO E METRO CÚBICO DE CARGAS DE *P. taeda* PARA O CÁLCULO DE CONVERSÃO DE UNIDADES

Local	Veículos	Sortimento	Tempo estocagem (semanas)	Volume em m ³	Volume (st)	Conversão st para m ³	Conversão m ³ para st
1	1	E	1	40,180	66,93	1,67	0,60
1	1	D	1	41,676	67,67	1,62	0,62
1	2	D	1	21,101	34,96	1,66	0,60
1	1	D	1	40,977	66,12	1,61	0,62
1	1	D	2	41,077	73,80	1,80	0,56
1	2	D	1	19,672	32,57	1,66	0,60
1	1	D	1	40,423	66,79	1,65	0,61
Média						1,67	0,60

Em que: **local 1:** *P. taeda* 18 anos em Mallet (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **sortimento D:** 18 a 52 cm com comprimento 2,60 m; **sortimento E:** 18 a 52 cm com comprimento 2,00 m; **m³:** metro cúbico e **st:** estéreo.

FONTE: O autor (2022).

FIGURA 12 - CARGA DE 1ª TORA DE *P. taeda* CARREGADA NO LOCAL 1 COM 41,08 m³ E 73,80 st



FONTE: O autor (2022).

O carregador florestal obteve um rendimento médio de 34,168 m³ de toras de *P. taeda* sem casca por hora efetiva trabalhada (tabela 10), com um coeficiente de variação de 17,64% nos diferentes sortimentos (toras com comprimentos variados).

TABELA 10 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMLEMATER CF 5550 NA ESPÉCIE *P. taeda* PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM METRO CÚBICO

Local	Veículos	Sortimento	Volume (m ³)	Tempo total (horas)	Produtividade (m ³ h ⁻¹)
1	1	D	41,676	1,014	41,105
1	1	D	40,977	1,234	33,210
1	1	D	41,077	1,423	28,860
1	1	D	40,423	1,121	36,065
1	1	E	40,180	1,620	24,807
1	2	D	21,101	0,512	41,195
1	2	D	19,672	0,580	33,933
Média					34,168

Em que: **local 1:** *P. taeda* 18 anos em Mallet (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **sortimento D:** 18 a 52 cm com comprimento 2,60 m; **sortimento E:** 18 a 52 cm com comprimento 2,00 m; **m³:** metro cúbico e **h:** hora.

FONTE: O autor (2022).

Abordando na outra unidade de medida (estéreo) na mesma espécie, o carregador florestal estudado obteve um rendimento médio de 56,54 st de *P. taeda* por hora efetiva trabalhada (tabela 11), com um coeficiente de variação de 17,58%, valor próximo ao encontrado no rendimento do *P. taeda* na unidade de medida metro cúbico.

TABELA 11 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMLEMATER CF 5550 NA ESPÉCIE *P. taeda* PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM ESTÉREO

Local	Veículos	Sortimento	Volume (st)	Tempo total (horas)	Produtividade (st h ⁻¹)
1	1	D	67,67	1,014	66,74
1	1	D	66,12	1,234	53,59
1	1	D	73,80	1,423	51,85
1	1	D	66,79	1,121	59,59
1	1	E	66,93	1,620	41,32
1	2	A	33,96	0,680	49,94
1	2	C	28,43	0,614	46,29
1	2	D	34,96	0,512	68,25
1	2	D	32,57	0,580	56,18
1	3	B	30,24	0,422	71,62
Média					56,54

Em que: **local 1:** *P. taeda* 18 anos em Mallet (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **veículo 3:** Mercedes-Benz - LS1630 – Truck; **sortimento A:** 5 a 9 cm com comprimento 1,90 m; **sortimento B:** 10 a 12 cm com comprimento 1,80 m; **sortimento C:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento D:** 18 a 52 cm com comprimento 2,60 m; **sortimento E:** 18 a 52 cm com comprimento 2,00 m; **st:** estéreo e **h:** hora.

FONTE: O autor (2022).

Para a espécie *E. dunnii* e contemplando as cargas que foram avaliadas em toneladas, o carregador florestal alcançou um rendimento médio de 49,88 t de *E.*

dunnii por hora efetiva trabalhada (tabela 12), com um coeficiente de variação de 13,47%, nos diferentes sortimentos (toras com comprimentos variados).

TABELA 12 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMLEMATER CF 5550 NA ESPÉCIE *E. dunnii* PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM TONELADAS

Local	Veículos	Sortimento	Volume (t)	Tempo total (horas)	Produtividade (t h ⁻¹)
2	1	I	53,99	1,264	42,73
2	2	F	27,27	0,606	45,03
2	3	I	27,93	0,543	51,40
3	2	I	26,69	0,595	44,86
3	3	G	26,16	0,465	56,29
3	3	I	26,56	0,451	58,95
Média					49,88

Em que: **local 2:** *E. dunnii* 16 anos em Rio Azul (PR); **local 3:** *E. dunnii* 11 anos em Rio Azul (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **veículo 3:** Mercedes-Benz - LS1630 – Truck; **sortimento F:** 13 a 17 cm com comprimento 2,65 m; **sortimento G:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento I:** 18 a 35 cm com comprimento 2,00 m; **t:** tonelada e **h:** hora.

FONTE: O autor (2022).

Se tratando da outra unidade de medida (estéreo) na mesma espécie, o carregador florestal estudado obteve um rendimento médio de 61,34 st de *E. dunnii* por hora efetiva trabalhada (tabela 13), com um coeficiente de variação de 17,82%, nos diferentes sortimentos (toras com comprimentos variados).

TABELA 13 - RENDIMENTO DO CARREGADOR FLORESTAL VALTRA BM 100 IMLEMATER CF 5550 NA ESPÉCIE *E. dunnii* PARA SORTIMENTOS MENSURADOS EM ESTÉREO

Local	Veículos	Sortimento	Volume (st)	Tempo total (horas)	Produtividade (st h ⁻¹)
2	1	H	62,61	0,933	67,10
2	1	H	60,56	1,282	47,23
2	1	I	60,43	1,264	47,82
2	2	F	32,72	0,606	54,03
2	2	H	24,60	0,334	73,62
2	3	I	32,17	0,543	59,21
3	2	I	29,59	0,595	49,73
3	2	I	31,92	0,454	70,24
3	3	G	33,80	0,465	72,73
3	3	I	32,32	0,451	71,73
Média					61,34

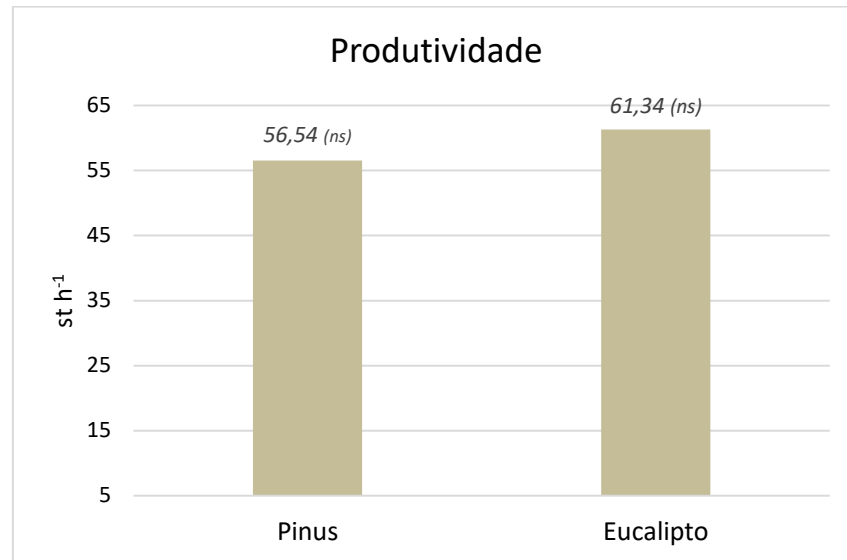
Em que: **local 2:** *E. dunnii* 16 anos em Rio Azul (PR); **local 3:** *E. dunnii* 11 anos em Rio Azul (PR); **veículo 1:** Scania P124 – Biminhão; **veículo 2:** Scania P124 – Truck; **veículo 3:** Mercedes-Benz - LS1630 – Truck; **sortimento F:** 13 a 17 cm com comprimento 2,65 m; **sortimento G:** 13 a 17 cm com comprimento 2,00 m; **sortimento H:** 18 a 35 cm com comprimento 2,55 m; **sortimento I:** 18 a 35 cm com comprimento 2,00 m; **st:** estéreo e **h:** hora.

FONTE: O autor (2022).

De primeiro momento constatou-se que uma hora efetiva do carregador florestal carregando caminhões da espécie *E. dunnii* carrega-se mais estéreos (Tabela

13) do que quando comparado a espécie *P. taeda* (tabela 11), no qual também pode ser observado no GRÁFICO 2.

GRÁFICO 2 – PRODUTIVIDADE st h^{-1} DO CARREGADOR FLORESTAL ENTRE AS ESPÉCIES *P. taeda* E *E. dunnii*



Em que: ns : valor não significativo entre os grupos

FONTE: O autor (2022).

Porém após realizar o teste de t de student, foi observado que os tempos de carregamentos por metro estéreo (st h^{-1}) do carregador florestal avaliado entre as espécies *P. taeda* e *E. dunnii* não obtiveram diferenças estatisticamente significantes ao nível de 5 % de probabilidade entre as médias, o valor p (tabela 14) é maior que 5%, assim a diferença entre os grupos não é significativa, ou seja, aceita a hipótese de .

TABELA 14 - RESULTADO ESTATÍSTICO DO TESTE t PARA DADOS ORIUNDOS DA PRODUTIVIDADE (st h^{-1}) DAS ESPÉCIES *P. taeda* e *E. dunnii*

Valor t	t crítico bi-caudal	Valor p	Hipóteses
1,734064	2,10092204	31,71%	Aceita

Em que: : a média dos desvio é igual a zero, ou seja, não existe diferença entre as médias.

FONTE: O autor (2022).

Para a espécie *P. taeda*, encontrou-se um rendimento de 56,54 st/hora , utilizando a conversão do presente trabalho de que 1,00 metro estéreo de *P. taeda* obtém em média 0,60 metros cúbicos sem casca, chega-se então um rendimento de 33,92 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$, que quando comparado ao encontrado por Masioli (2019), no carregador florestal (máquina-base da marca Doosan, modelo DX 138LC, rodado de esteiras e

lança com tamanho de 10 m e equipada com garra de 1,2 m²) obteve-se uma produtividade efetiva de 146,78 m³ h⁻¹, quase 5 vezes maior.

Já Ramos et al. (2016), encontrou uma produtividade média de 125,7 t por hora efetiva de trabalho do carregador florestal (escavadeira florestal com rodados de esteiras, motor de 117 kW, garra Hultdins) e para fins de comparação, utilizou a conversão de Florestar Estatístico (2004) de que 1,00 m³ sem casca é igual a 0,946 t, desta forma, o carregador florestal autocarregável do presente trabalho atingiu-se uma produtividade de 28,32 toneladas por hora efetiva de trabalho, uma produtividade 4 vezes e meia menor ao comparado ao trator de esteira.

Essas diferenças extravagantes aqui comentadas, se deve ao fato de que os carregadores florestais dos referidos trabalhos citados são de rodados de esteiras com lanças de comprimentos maiores, conseqüentemente área de garra superior, comandos de trabalhos mais rápidos e máquinas mais potentes com estruturas com maior rigorosidade, como também as pilhas são de maiores alturas fazendo com que o operador se desloque menos a outras pilhas evitando o cansaço no deslocamento que por ventura pode afetar a produtividade da máquina/operador.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises dos resultados obtidos, concluiu-se que:

- ◁ Os aplicativos desenvolvidos para o presente trabalho obtiveram resultados positivos em campo, uma vez que reduziram tempo na hora da coleta dos diâmetros para cubagem de toras e eliminaram erros que eram cometidos frequentemente em campo com cálculos feitos a mão;
- ◁ Aplicativo de toras e de lascas, já implantados em escala operacional, podem ser empregados como um método *lean*, introduzindo mais valor à organização de dados para o empreendedor, além de reduzir tempos e tornando o processo mais simples e eficiente, fazendo com que qualquer um da organização exerça o referido serviço apenas com uma simples explicação;
- ◁ O tempo de carregamento do carregador florestal para o biminhão é o praticamente o dobro de tempo quando comparado ao caminhão trucado, uma vez que a caixa de carga do biminhão é o dobro do caminhão trucado;
- ◁ Não houve diferenças estatisticamente significativas nas médias do tempo de carregamento médio da produtividade $st\ h^{-1}$ (estéreo por hora) entre as espécies *P. taeda* e *E. dunnii* com o trator autocarregável, que respectivamente obtiveram 56,54 e 61,34 $st\ h^{-1}$; e,
- ◁ Com a conversão de unidades percebeu-se que cargas que forem carregadas com alguma condição específica deve-se tomar cuidado, uma vez que podem afetar drasticamente o fator de conversão médio, comprometendo um planejamento logístico.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Posteriormente ao presente estudo, identificou-se algumas sugestões que possam ajudar aos trabalhos futuros:

- ⟨ Realizar a coleta de dados de carregamento com mais observações para minimizar o erro de amostragem;
- ⟨ Analisar mais comprimentos de toras para identificar se há diferenças no tempo de carregamento entre toras;
- ⟨ Analisar mais operadores no carregamento com a mesma máquina e com as mesmas condições para analisar se há diferenças significativas de operadores em sua produtividade; e,
- ⟨ Realizar conversões de unidades com maior tempo de estocagem em campo para analisar o comportamento do peso da madeira em relação a outras unidades.

REFERÊNCIAS

- ARCEGO, H. **Avaliação Técnica do Aumento no Comprimento de Toras nas Operações de Carregamento, Descarregamento e Transporte Florestal**. 2015, 31 f. Monografia (Especialização em Gestão Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – Paraná, 2015.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. **O Estéreo**. Laboratório de Métodos Quantitativos do Depto. de Ciências Florestais, ESALQ-SP, 2002.
- BERGER, R.; TIMOFEICZYK JR, R.; CARNIERI, C.; LACOWICZ, P. G.; JUNIOR, J. S.; BRASIL, A. A. Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. **Floresta**, v. 33, n. 1, p. 53-62, 2003.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo da integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 600 p, 2001.
- CITY, Db. **Mallet**. Disponível em: <<https://pt.db-city.com/Brasil--Paran%C3%A1--Mallet>>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- COUTINHO, V. M.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; HENTZ, Â. M. K.; EISFELD, R. L.; DO NASCIMENTO, F. A. F. MAPEAMENTO DAS ÁREAS PLANTADAS DE *Eucalyptus* spp. NO ESTADO DO PARANÁ. **Biofix Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p. 32-43, 2017.
- DA SILVA, M. C.; AMARO, M. A.; FERREIRA, E. J. L. Teste de equações para determinação do volume de madeira para uso em serraria usando dados de romaneio florestal. **X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Fortaleza/CE – 04 a 07/11/2019.
- DIAS, V. M.; NUNES, D. M. Estudo de tempos e movimentos para determinação da capacidade produtiva do processo de carregamento do terminal de transbordo de fertilizantes. **e-RAC**, v. 4, n. 1, p. 1-18, 2015.
- DOBNER JR, M.; BATISTA, K. M.; SARTÓRIO, I. P.; ARCE, J. E.; QUADROS, D. S. Crescimento e Desempenho Econômico de *Eucalyptus dunnii* em Diferentes Sítios no Planalto Sul do Brasil. **Floresta**, v.47, n.4, p. 397-406, 2017.
- EISFELD, R. L.; DO NASCIMENTO, F. A. F.; HENTZ, Â. M. K.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. (2018). Mapeamento das áreas plantadas de *Pinus* spp. no estado do Paraná. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 3, p. 403-409, 2018.
- EMBRAPA. **MAPA DE SOLO DO BRASIL**. 2020. Elaborada por Ricardo. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- ENVALMA. **Como calcular os metros cúbicos de madeira sólida numa pilha de madeira**. Balsa Nova: Envalma Máquinas Para Madeira, 2014. 15 p.

FLORES, T. B. **Eucalyptus no Brasil, Zoneamento Climático e Guia para Identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.

FLORESTAR ESTATÍSTICO. São Paulo: Editoração Eletrônica, 2004.

FOELKEL, C. Medição da madeira na forma de toras empilhadas. **Eucalyptus Newsletter**, n. 48, out., 2015.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2000. 421 p.

GUIMARÃES, P. P. **Consumo de combustível em duas combinações veiculares de carga no transporte rodoviário florestal**. 2014, 108 f. [Tese de doutorado em Engenharia Florestal]. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 2014.

HOLZLEITNER, F.; KANZIAN, C. Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. **European Journal of Forest Research**, v. 130, p. 293-301, 2011.

IBÁ – Indústria brasileira de árvores. **Relatório 2017**, report 2017, São Paulo, 2017, 80p.

IBÁ, **Relatório 2020. O Setor Brasileiro de Árvores Plantadas em 2019**. São Paulo, 2020, 66 p.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 158 p.

LACOWICZ, P. G.; BERGER, R.; TIMOFEICZYK JR., R.; SILVA, J. C. G. L. Minimização dos custos de transporte rodoviário florestal com o uso da programação linear e otimização do processo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p.75-87, 2002.

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”. **Árvore**, Viçosa, v.38, n.5, p.879-887, 2014.

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

LOPES, E. S.; VIEIRA, T. P.; RODRIGUES, C. K. Avaliação técnica e de custos do transporte rodoviário com diferentes espécies e sortimentos de madeira. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 297-306, 2016.

LORENZI, H. **Arvores Exóticas no Brasil: Madeireiras, Ornamentais e Aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.

MACHADO C.C., LOPES S.E, BIRRO B.H.M., MACHADO R.R. **Transporte Rodoviário Florestal**. 2ª edição, editora UFV: Viçosa, 2011. 217p.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2a ed.; Viçosa, 2008. 501 p.

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.; BIRRO, M. H. B.; MACHADO, R. R. **Transporte rodoviário florestal**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa; 2º Edição, 217 p, 2009.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa: Editor UFV, 2. ed., 2009. 167 p.

MACHADO, R. R.; SILVA, M. L.; MACHADO, C. C.; LEITE, H. G. Avaliação do desempenho logístico do transporte rodoviário de madeira utilizando rede de petri em uma empresa florestal de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 999-1008, 2006.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro. 2014, p. 315.

MALINOSKI, R. J.; CAMARGO, C. M. S.; **SISTEMAS**. In: Colheita Florestal / Carlos Cardoso Machado (Org.). Viçosa: UFV, 2º Ed., p. 161-184, 2008. 468p.

MALINOVSKI, R. A. **Modelo matemático para otimização dos custos operacionais de transporte de toras com base na qualidade de estradas**. 180f. [Tese de doutorado em Ciências Florestais]. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na Região Sul do Brasil**. Curitiba: Editora FUPEF, 1ª Edição, 138 p, 1998.

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

MASIOLI, W. **Otimização do Microplanejamento na Colheita de Madeira em Plantios de Eucalipto**. 2019, 93 f. [Dissertação de mestrado em Ciências Florestais]. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati, Paraná, 2019.

MINETTI, L. J.; SOUZA, A. P.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E. N. Carregamento e descarregamento. In: MACHADO, C. C. (org.). **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, cap. 5, p. 146–160, 2008.

MURPHY, G. Determining sample size for harvesting cost estimation. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v. 35, n. ½, p. 166 - 169, 2005.

NURMINEN, T.; HEINONEN, J. Characteristics and time consumption of timber trucking in Finland. **Silva Fennica**, v. 41, n. 3, p. 471-487, 2007.

PINHEIRO, A. D. L. **Avaliação da produção florestal em uma empresa certificada na Amazônia**. 2011, 57 f. [Dissertação de mestrado em Ciências Florestais]. UFAM / Faculdade de Ciências Agrárias. 2011.

RAMOS, J. R.; BROWN, R. O.; SCHUSTER, L. K.; NAKAJIMA, N. Y; ROBERT. R. C. G. **Análise técnica de um sistema de colheita mecanizada de toras curtas em desbaste na região do norte pioneiro do paraná**. Curitiba: Centro Científico Conhecer, 2016. 14 p.

RODRIGUES, P. R. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 4. ed., 2007. 243 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SEIXAS, F.; BARBOSA, R. F.; RUMMER, R. **Tecnologia protege saúde do operador**. Revista da Madeira, São Paulo, v. 14, n. 82, p. 68-73, 2004.

SHIMIZU, Jarbas Yukio. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 223 p.

SHINDE, G. V.; JADHAV, V. S. Ergonomic analysis of an assembly workstation to identify time consuming and fatigue causing factors using application of motion study. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 4, n. 4, p. 220–227, 2012.

SILVA, J. N. M. **Manual da ferramenta Planejo: planejamento da colheita e controle da produção florestal**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 106 p.

SILVA, M. C.; SOARES, V. P.; PINTO, F. D. A. C.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, C. A. Á. S. Determinação do volume de madeira empilhada através de processamento de imagens digitais. **Scientia Forestalis**, n. 69, p.104-114, 2005.

SILVA, M. L.; OLIVEIRA, R. J.; VALVERDE, S.R.; MACHADO, C. C.; PIRES, V. A. V. Análise do custo e do raio econômico de transporte de madeira de reflorestamentos para diferentes tipos de veículos. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1073-1079, 2007.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**, p. 611-618, 2010.

THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.

URBANO, E.; PEREIRA, P.R.; CACAU, F.V.P. Comparação de diferentes equipamentos para medição da altura de árvores em plantio de eucalipto. **Atualidades em mensuração florestal**. Curitiba: UFPR, 2014.

VIJAYAN, R. et al. Patrol inspection and time study to improve quality. **International Journal on Smart and Intelligent Systems**, n. Special Issue, p. 459–470, 2017.