



IGOR SIQUEIRA DE CASTRO

**ESTRUTURAÇÃO DO PADRÃO DE QUALIDADE DE MUDAS
E OS IMPACTOS DA QUALIDADE NO PLANTIO
MECANIZADO**

LAVRAS – MG

2023

IGOR SIQUEIRA DE CASTRO

**ESTRUTURAÇÃO DO PADRÃO DE QUALIDADE DE MUDAS E OS IMPACTOS
DA QUALIDADE NO PLANTIO MECANIZADO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Lucas Amaral De Melo

Orientador

Eng. Florestal Paulo Victor Evangelista de Castilho

Coorientador

LAVRAS – MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Castro, IGOR Siqueira de.

Estruturação do padrão de qualidade de mudas e os impactos da qualidade no plantio mecanizado / IGOR Siqueira de Castro. - 2023.

38 p.

Orientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Coorientador(a): Paulo Victor Evangelista de Castilho.

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Plantio Mecanizado. 2. Padrão de Mudas. 3. Impactos no Plantio Mecanizado. I. Melo, Lucas Amaral de. II. Castilho, Paulo Victor Evangelista de. III. Título.

IGOR SIQUEIRA DE CASTRO

**ESTRUTURAÇÃO DO PADRÃO DE QUALIDADE DE MUDAS E OS IMPACTOS DA
QUALIDADE NO PLANTIO MECANIZADO**

**STRUCTURING THE QUALITY STANDARD OF SEEDLINGS AND THE IMPACTS OF
QUALITY ON MECHANIZED PLANTING**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel

APROVADO EM 16 DE NOVEMBRO DE 2023.

Dr. Samuel José Silva Soares da Rocha

Dr. Adelson Lemes da Silva Junior

Dr. Juscelina Arcanjo dos Santos

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

Orientador

LAVRAS – MG

2023

Agradecimentos

Agradeço a minha mãe Mônica Beatriz Siqueira Castro e as minhas irmãs Ana Carolina Siqueira de Castro e Amanda Siqueira de Castro por todo apoio fornecido ao longo da minha formação.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) por todo conhecimento e subsídio para o desenvolvimento da minha vida pessoal e profissional, em especial ao corpo docente e funcionários do departamento de ciências florestais (DCF).

À empresa Suzano S/A, unidade de Ribas do Rio Pardo, pela oportunidade, apoio, confiança e suporte no desenvolvimento do trabalho, em especial a Bianca Andreis da Cunha, Carlos Adriano Almeida Fagundes e Valdinei José Aliboski.

Ao meu orientador Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo e coorientador Paulo Victor Evangelista de Castilho, por toda orientação e paciência durante o desenvolvimento da monografia, sem vocês não seria possível.

Aos amigos que fiz durante a minha formação: Marlon Alves, Luana Cristina, Bruna Osawa, Amanda Cortes, Kelvin Ribeiro e Ana Paula.

Aos amigos de Lavras – MG que me apoiam a muito tempo: Leandro Natividade e Caroline Fernandes.

Aos amigos do MS que me proporcionaram um grande crescimento profissional: Michelli Dias, Artur Salomão, Bruna Layara, Rogerio Augusto, Bianca Andreis, Amanda Rithielly, Juliana Lomartire, Renan Speranza, Rodrigo Valani e Saulo Naiverth.

RESUMO

O avanço na mecanização no setor florestal relacionado com a baixa disponibilidade de mão de obra em campo, tem tornado a atividade de plantio mecanizado cada dia mais frequente. Porém, devido ao baixo conhecimento sobre a operação, máquinas e especificações da atividade, não é encontrado um padrão de qualidade de mudas recomendada, além de desconhecimento dos impactos gerados através da utilização de mudas abaixo desse padrão. Portanto o presente trabalho tem o objetivo de estruturar o padrão de qualidade de mudas adequado ao plantio mecanizado e examinar o impacto da qualidade no plantio com a D61 EM Planter Komatsu. As avaliações sucederam no perímetro rural da cidade de Ribas do Rio Pardo, MS, ocorrendo durante a execução da atividade de plantio mecanizado, com a duração do turno de 8 horas. O primeiro passo foi a realização do estudo de tempos e movimentos, mapeando a operação através da classificação das atividades realizadas dentro do tipo de tempo operacional adequado. Em sequência foram levantados os dados de qualidade das mudas utilizadas, para analisar os critérios e os pesos atuais da avaliação de mudas. Após a coleta e avaliação das mudas, foi realizada a avaliação da resposta da máquina à qualidade e aos parâmetros de determinado lote de mudas. Os valores encontrados para os indicadores operacionais foram de 96% de disponibilidade mecânica, 56% eficiência operacional e 54% de índice de eficiência operacional utilização, uma produtividade média de 0,54 hectares por hora, retrabalho de 21% e uma assertividade de 79%. Pode-se concluir que o novo padrão de qualidade de mudas estruturado é mais adequado para atividade mecanizada, pois gera maior assertividade no plantio, com mais impacto de cada parâmetro na qualidade da operação da D61 EM Planter Komatsu.

Palavras-chave: Silvicultura. Operações florestais. Assertividade. Eficiência operacional. Tempos e movimentos.

ABSTRACT

The advance of mechanization in the forestry sector, combined with the low availability of manpower in the field, has made mechanized planting an increasingly common activity. However, due to a lack of knowledge about the operation, machinery and specifications of the activity, there is no recommended standard for the quality of seedlings, nor is there any knowledge of the impacts generated by using seedlings below this standard. The aim of this study was therefore to establish a seedling quality standard suitable for mechanized planting and to examine the impact of quality when planting with the Komatsu D61 EM Planter. The evaluations took place in the rural perimeter of the city of Ribas do Rio Pardo, MS, during the mechanized planting activity, with a shift duration of 8 hours. The first step was to carry out a time and motion study, mapping the operation by classifying the activities carried out within the appropriate type of operating time. Next, data was collected on the quality of the seedlings used, in order to analyze the current criteria and weights for evaluating seedlings. After collecting and evaluating the seedlings, the machine's response to the quality and parameters of a given batch of seedlings was assessed. The values found for the operational indicators were 96% mechanical availability, 56% operational efficiency and 54% utilization rate, an average productivity of 0.54 hectares per hour, 21% rework and 79% assertiveness. It can be concluded that the seedling quality standard recommended for mechanized activity has been structured and the impact of each parameter on the planting quality of the Komatsu D61 EM Planter.

Keywords: Silviculture. Forestry operations. Assertive. Operational efficiency. Time motion study.

Lista de abreviações

CV - Coeficiente de Variação

DDS - Diálogo Diário de Segurança

DM - Disponibilidade Mecânica

EO - Eficiência Operacional

IC - Intervalo de Confiança

IU - Taxa de Utilização

Máx – Máxima

Mín - Mínima

PDCA - Planejar (Plan), Desenvolver (Do), Checar (Check) e Atuar (Act)

PND - Programa Nacional de Desenvolvimento

S² - Variância

S - Desvio Padrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 O setor florestal brasileiro	11
2.2 Métodos de Plantio	12
2.3 Indicadores de Qualidade	14
2.4 Método PDCA e Cronoanálise na Silvicultura	15
3 OBJETIVOS	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
5 RESULTADOS	20
6 DISCUSSÃO	30
7 CONCLUSÃO.....	34
REFERENCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal está inserido no ranking das maiores potências no quesito exportação, seja de produtos florestais madeireiros ou não madeireiros (VALVERDE *et al.*, 2012), chegando a 6% da representatividade na indústria nacional e 4,8% no âmbito da cadeia exportadora. Neste contexto, o Brasil apresenta uma realidade de 9,55 milhões de hectares de florestas plantadas, em sua maioria pelas espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, possuindo uma área de ocupação de 7,47 milhões e 1,7 milhões de hectares respectivamente (IBÁ, 2021). A totalidade do setor florestal engloba as atividades de exploração, conservação, renovação, manejo e implantação de florestas plantadas (RABELO *et al.*, 2020) proporcionando um total de 2,9 milhões de postos de trabalhos de forma direta, indireta e induzida (IBÁ, 2021).

Nas multiplicidades do setor florestal, encontramos o ramo da Silvicultura, ciência aplicada por métodos e técnicas que objetivam a implantação ou regeneração de povoamentos florestais (ALVES *et al.*, 2012). Para o estabelecimento de povoamentos florestais é de suma importância a determinação do método que será empregado para a realização do plantio, podendo ser divididos em três métodos, manual, semimecanizado e mecanizado.

No Brasil o método mais difundido e executado é o manual, em consequência das condições de campo, o histórico da silvicultura, a baixa necessidade de mão de obra especializada e a falta de máquinas com rendimentos operacionais adequados (DE LIMA e DE OLIVEIRA, 2019). Atualmente o investimento em mão de obra no plantio manual é alto, porém, escasso. Por outro lado, o plantio mecanizado não é totalmente capaz de substituí-lo. Por fim, com as evoluções tecnológicas, o interesse e os esforços para as atividades de plantio mecanizado aumentaram, consistindo no plantio realizado estritamente por máquinas, sendo conduzidas normalmente por apenas um colaborador (SEREGHETTI, 2016).

Com o impulsionamento das atividades mecanizadas no setor florestal, torna-se obrigatório o entendimento dos indicadores operacionais que norteiam a atividade (FURLAN, 2017), afinal são essas informações que nos permitem através de melhorias contínuas evoluir o rendimento e a eficiência das máquinas, levando à uma máxima produtividade e à redução de custos operacionais (LINHARES *et al.*, 2012). Os indicadores mais utilizados no ramo de mecanização são a disponibilidade mecânica (DM), eficiência operacional (EO) e a taxa de utilização (IU).

Outra variável que impacta diretamente na produtividade e na qualidade da atividade florestal, é a qualidade das mudas, afinal para o setor florestal este é o insumo principal e quando

encontrado abaixo do padrão recomendado (LOPES, E, *et al.*, 2005), pode acarretar um maior índice de mortalidade, maior intensidade de irrigação e florestas altamente heterogêneas (RUDEK *et al.*, 2013). Para a atividade mecanizada, esta variável pode ocasionar empecilhos no decorrer do plantio como ausência de mudas, plantio duplo ou com mais plantas, substrato exposto, coleto soterrado e muda solta (SOLER, 2020).

O cenário atual possui pouco conhecimento sobre a interação entre qualidade de muda e plantio mecanizado. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi a estruturação do padrão de qualidade de mudas e a análise dos impactos ocasionados na qualidade do plantio mecanizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O setor florestal brasileiro

Atualmente o setor florestal brasileiro faz parte das maiores potências na exportação de produtos florestais madeireiros e não madeireiros (VALVERDE *et al.*, 2012). Nesse contexto, os produtos florestais madeireiros possuem uma participação de 6% de representatividade na indústria nacional e cerca de 4,8% na participação da cadeia de exportação (IBÁ, 2021). O Brasil conta hoje com um cenário de 9,55 milhões de hectares de florestas plantadas, os quais, aproximadamente 78% (7,47 milhões de hectares) da área nacional é composta por plantios de espécies do gênero *Eucalyptus*, seguido por 18% (1,7 milhões de hectares) do gênero *Pinus*, além dos outros 4% com diferentes espécies de interesse econômico (IBÁ, 2021).

A definição do setor florestal brasileiro está ligada a totalidade das atividades produtivas primárias e secundárias, as quais podem ser dissociadas em atividades de exploração, conservação, renovação, manejo e na implantação de florestas plantadas (RABELO *et al.*, 2020). Tal setor fornece em postos de trabalho, um total de 536 mil postos de forma direta, 1,5 milhão de indiretos e 805 mil empregos induzidos, levando a um montante aproximado de 2,9 milhões de postos de trabalho no ano de 2020, além de produzir cerca de 116,6 bilhões de reais na cadeia produtiva do país (IBÁ, 2021). Com isso, é possível percebermos a importância, complexidade e a diversidade nas atividades econômicas do setor florestal brasileiro (DOS SANTOS SAMPAIO *et al.*, 2010).

Na complexidade do setor florestal encontramos um ramo denominado Silvicultura, sendo essa uma ciência aplicada através de métodos e técnicas destinadas ao estabelecimento ou regeneração de povoamentos florestais, seja por meios artificiais ou naturais (ALVES *et al.*, 2012). A silvicultura no Brasil arremete a mais de um século de história (TEIXEIRA *et al.*, 2021), começando a tomar forma no início do período colonial brasileiro devido há alguns aspectos como o aumento da população, o processo de urbanização, desenvolvimento de novas tecnologias e a expansão de áreas agrícolas, que ocasionaram uma necessidade na implantação de povoamentos florestais, a fim de atender as demandas impostas por esse desenvolvimento (SANTOS *et al.*, 2016).

Com o grande crescimento populacional mundial, a necessidade de produtos e subprodutos de base florestal (RABELO *et al.*, 2020) expandiu consideravelmente, em consequente amplificou a pressão sobre florestas nativas (ALVES, K *et al.*, 2012), visto que a demanda de matéria prima em sua maioria era sanada pelo desmatamento de biomas como Mata

Atlântica, Cerrado e de florestas de Araucária (VALVERDE *et al.*, 2012). Porém, a exploração inadequada, a diversidade de espécies, os diferentes estágios de maturação para corte, alavancaram os custos de produção de madeira advinda de florestas nativas, tornando necessária a busca de novas ações (ALVES *et al.*, 2012).

O reflorestamento ou plantio florestal, obteve seu crescimento na década de 60, devido aos incentivos fiscais propostos pela política do Programa Nacional de Desenvolvimento (PND) (MENDES *et al.*, 2004), que possibilitou os tributários de descontar em sua renda bruta os valores gastos no reflorestamento, contemplando assim os contribuintes físicos e jurídicos. Também, foi determinado que todos os consumidores de matéria prima florestal, fossem obrigados a realizar uma compensação pelos impactos gerados (TEIXEIRA *et al.*, 2021). Assim, essas e outras particularidades acabaram por alavancar o suprimento de matéria-prima para as indústrias de papel, celulose e para as siderúrgicas (MENDES *et al.*, 2004).

Os incentivos fiscais previstos nas diretrizes da PND para produção de matéria prima proveniente de reflorestamentos, resultaram na atribuição de elevada importância às espécies de rápido crescimento e desenvolvimento, tais como as espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (RABELO *et al.*, 2020), ambos exóticos no país (TEIXEIRA *et al.*, 2021). Referindo-se ao Eucalipto, que compreende espécies originárias, em grande maioria, da Austrália, destacando-se no Brasil, devido a sua adaptabilidade climática, bem como seu rápido crescimento e sua alta produtividade (TEIXEIRA *et al.*, 2021), por sua vez, o gênero *Pinus* foi introduzido no Brasil pelos imigrantes europeus, destacando-se devido a facilidade no cultivo, em virtude de seu ciclo curto de produção (SHIMIZU *et al.*, 2008) e uma grande capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas das regiões Sul e Sudeste do país (VASQUEZ *et al.*, 2007).

O Brasil é considerado referência na produção de celulose e papel, somente no ano de 2020 por exemplo, a indústria brasileira produziu 21 milhões de toneladas de celulose (IBÁ, 2021), a fim de atender esta demanda por matéria prima, pelas fabricas de papel e demais produtos (RABELO *et al.*, 2020). Sendo assim, é necessária uma grande quantidade de áreas para implantações florestais e uma enorme oferta de mudas de qualidade (FESSEL, 2003).

2.2 Métodos de plantio

Primeiramente, é importante descrever que a forma como as mudas são plantadas determina grande parte do sucesso do povoamento florestal, pois influi diretamente na sobrevivência das mudas em campo. Uma muda plantada corretamente deve ter todo o seu

substrato inserido ao solo, sem cobrir ou “afogar” seu coleto, em posição ereta e com sua cova bem preenchida por terra, a fim de evitar os bolsões de ar que podem causar a morte do sistema radicular e, conseqüentemente, da muda (WILCKEN *et al.*, 2008).

O plantio manual é o método mais comum entre os três existentes no Brasil (DE LIMA e DE OLIVEIRA, 2019) e contém variações na sua execução, a depender do local e da época de plantio. Uma das formas desse tipo de plantio consiste na utilização de uma transplantadora de acionamento manual, mais conhecida como “matraca” (WILCKEN *et al.*, 2008), cuja ação é realizada por uma ou mais pessoas, que manuseando a “matraca” exercem o plantio manual das mudas, que serão colocadas em covas e após a sua inserção no solo são pressionadas com os pés dos colaboradores. A pressão no solo ao redor da muda com pé tem o objetivo de evitar a criação de “bolsões de ar” e aumentar as chances de sobrevivência da mesma (WILCKEN *et al.*, 2008). No entanto, este modo de executar a atividade de plantio possui alguns empecilhos, como condições ambientais desfavoráveis (DE LIMA e DE OLIVEIRA, 2019), riscos de acidentes, suscetibilidade ao aparecimento de lesões nos colaboradores (SILVA *et al.*, 2007), principalmente dores musculares nas regiões da lombar, ombros, cotovelos e pulsos (DE LIMA e DE OLIVEIRA, 2019).

O plantio semimecanizado consiste na operação a qual grande parte do trabalho é realizada por algum equipamento carregado por um colaborador. Geralmente neste método há cinco colaboradores, onde cada um deles carrega uma transplantadora de acionamento manual, que é acoplada a um implemento de irrigação, ligado a algum trator. Logo, nesse método realiza-se o plantio e a primeira irrigação na mesma operação (SEREGHETTI, 2016).

A evolução tecnológica e industrial nas últimas três décadas (VASQUEZ *et al.*, 2007) tornou a utilização de máquinas de alta tecnologia cada vez mais comum na realização de atividades como o preparo do solo, o manejo e a colheita (VOSNIAK *et al.*, 2011; SEREGHETTI, 2016). A técnica manual ainda é predominante nos plantios florestais (FESSEL, 2003), entretanto nos últimos anos o plantio mecanizado tem ganhado espaço. O que explica essa mudança é a superação de obstáculos como a redução de mão de obra para o campo e o baixo rendimento operacional (SOLER, 2016), além de vantagens como a diminuição dos impostos trabalhistas, diminuição de custos (FESSEL, 2003), maior controle e rendimento da produção (SEREGHETTI, 2016).

Define-se como plantio mecanizado aquele que é realizado estritamente por máquinas, conduzidas por apenas um ou mais colaboradores. Sua aplicação é condicionada a locais com topografia mais plana. As atividades realizadas por meio de comandos são a abertura de covas

e distribuição das mudas, podendo realizar simultaneamente as operações de irrigação e adubação (SILVA; BELLOTE, 2021).

Uma grande possibilidade de inovação tecnológica para o plantio mecanizado de florestas é a plantadora criada pela Komatsu, anunciada em 19 de setembro de 2019, denominada D61 EM Planter. Tal máquina realiza 3 operações ao mesmo tempo com a utilização de dois implementos, ou seja, realiza a preparação da cova, o plantio da muda e a primeira irrigação (KOMATSU, 2019). A máquina é composta por três cabeçotes, sendo o cabeçote central fixo e os laterais removíveis e ajustáveis para facilitar o transporte e regulação do espaçamento entre linhas, o plantio ocorre por gravidade sendo possível controlar, espaçamento entre mudas e entre linhas, profundidade, quantidade de água por cova, além de cada muda plantada é georreferenciada. (tentar arrumar uma referência)

2.3 Indicadores de qualidade

Quando tratamos de atividades mecanizadas é extremamente importante entender os indicadores operacionais que norteiam essas atividades (FURLAN, 2017), afinal tais informações podem gerar técnicas e métodos que melhorem o rendimento operacional e a eficiência das máquinas, podendo assim gerar um aumento na produtividade e redução dos custos (LINHARES *et al.*, 2012). Alguns indicadores utilizados, são disponibilidade mecânica (DM), eficiência operacional (EO) (FIEDLER *et al.*, 2008) e índice de utilização (IU) ou taxa de utilização (SCHETTINO *et al.*, 2022).

A DM pode ser definida como o percentual em que a máquina está disponível para a operação, desconsiderando o tempo gasto com manutenções (SIMÕES *et al.*, 2014), bem como a EO está ligada ao percentual do tempo gasto nas atividades necessárias para gerar a produção, relacionando-os com o tempo programado para as atividades (SIMÕES *et al.*, 2010). Ademais, o IU pode ser explicado como produto dos dois indicadores anteriores (SCHETTINO *et al.*, 2022), representando a efetividade do trabalho realizado pela máquina (FURLAN, 2017).

Para que uma floresta de produção atinja altos índices de produtividade e qualidade, além das técnicas silviculturais empregadas no plantio e nas técnicas percussoras faz-se necessário a utilização de insumos de qualidade, sendo a muda o principal insumo do setor florestal (LOPES, E, *et al.*, 2005). A qualidade das mudas florestais impacta diretamente o custo do empreendimento, afinal mudas com baixa qualidade podem gerar maior índice de mortalidade, maior intensidade de irrigação e florestas altamente heterogêneas (RUDEK *et al.*,

2013). Pode-se definir uma muda de qualidade ou também chamada de muda padrão, aquela que atinja certos parâmetros mínimos de qualidade, tais como altura de 15 a 30 cm (REIS *et al.*, 2008), sistema radicular bem desenvolvido, três pares de folhas sem sintomas de doenças ou deficiências nutricionais (LOPES, 2008).

2.4 Método PDCA e cronoanálise na silvicultura

O método de desenvolvimento de projetos PDCA, é amplamente utilizado dentro de grandes empresas, constituindo-se do gerenciamento de processos internos que visam atingir as metas impostas internamente. Nesta técnica há quatro palavras de ação: planejar do acrônimo em inglês “plan” (P) que pode ser compreendido como a definição de metas; fazer, “do” (D) está relacionado com a obtenção de dados sobre o problema; verificar, “check” (C), pode ser definido como a verificação dos diferentes efeitos sobre o problema; agir, “act” (A) é a execução correta do processo ou também a padronização do processo, portanto, o significado de PDCA em português é planejar, fazer, verificar e agir (MARIANI *et al.*, 2005).

O estudo de tempos e movimentos ou cronoanálise, é o estudo dos métodos que estão sendo aplicados em determinada atividade (FERREIRA *et al.*, 2018), e empregá-lo implica em um maior entendimento do processo, afinal é possível determinar o tempo padrão de cada atividade dentro de uma operação, bem como o ritmo ideal de execução e o nível de experiência de cada trabalhador naquela atividade (REZENDE *et al.*, 2016). Dentro da cronoanálise cada atividade executada é classificada em determinado tipo de tempo operacional, sendo eles produtivo, improdutivo, auxiliar, acessório e de manutenção (ALVES, E *et al.*, 2018).

No que se refere as classificações, o tempo produtivo estende-se ao tempo efetivo de produção. Em contrapartida, os improdutivos estão associados a momentos ociosos na atividade, ou seja, a máquina está disponível para operação, porém, não está em uso (KLITZKE *et al.*, 2016). Quanto aos tempos auxiliares estão ligados as funções obrigatórias e essenciais para execução da operação, por outro lado, os acessórios também são funções obrigatórias, porém não essenciais para execução da operação. Por fim, os tempos de manutenção podem ser preventivos ou corretivos, estando ligados ao tempo gasto para manutenção da máquina ou implemento (ALVES, E *et al.*, 2018).

3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem o objetivo de estruturar o padrão de qualidade de mudas adequado ao plantio mecanizado e examinar o impacto da qualidade no plantio com a D61 EM Planter Komatsu.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de operação, onde foram levantados os dados com o plantio mecanizado estão localizadas no perímetro rural da cidade de Ribas do Rio Pardo, no estado de Mato Grosso do Sul - MS. ($20^{\circ} 26' 32''$ S e $53^{\circ} 45' 32''$ O). A operação de plantio foi realizada em duas localidades, sendo na fazenda Mutum ($53^{\circ} 14' 30''$ O e $20^{\circ} 34' 0''$ S), e na fazenda Sol Nascente ($53^{\circ} 36' 0''$ O e $20^{\circ} 30' 30''$ S), em sequência.

Para as operações de plantio foi utilizada a máquina D61 EM Planter da Komatsu (Figura 1.a), que é composta por um trator de esteira Komatsu D61EX-15E0, equipado com os cabeçotes Bracke Forest B10 (Figura 1b) e um tanque de armazenamento de água, da marca BIZMAQ – Pipa de Hidrogel BIZMAQ PI 7000 TDI (Figura 1c). A máquina possui 3 cabeçotes Bracke's, onde cada um tem capacidade para 196 mudas, tendo uma capacidade total de 588 mudas e o tanque da BIZMAQ comporta 7000 mil litros de água. O plantio mecanizado realizado pela Planter consiste no coveamento do solo, no plantio propriamente dito e na primeira irrigação de três mudas ao mesmo tempo, todas essas atividades são executadas em sequência, sendo possível ajustar fatores como espaçamento entre mudas, espaçamento entre linhas, profundidade do plantio e o volume de irrigação por muda, a operação ocorre através da cabine da máquina.

Figura 1 – Máquina D61 EM Planter Komatsu e módulos associados. (a) Máquina base D61. (b) Cabeçote Bracke Forest B10. (c) Pipa de Hidrogel BIZMAQ PI 7000 TDI



Fonte: Do autor (2022).

O estudo foi desenvolvido durante a execução da operação de plantio da máquina, com a finalidade de levantar todas as informações relacionadas às atividades produtivas, improdutivas, auxiliares, acessórias e de manutenção que são realizadas durante um turno rotineiro da operação. O método implementado para gerar o desenvolvimento do projeto foi o PDCA e, conseqüentemente, foi feito o plano de cada etapa do projeto, o mapeamento e levantamento das informações. Posteriormente, foi executada a análise desse método para então ser possível gerar uma padronização da qualidade de mudas para atividade mecanizada.

O primeiro passo da estruturação do padrão, foi a realização de um estudo de tempos e movimentos, sendo aplicado esse método com objetivo de identificar o problema, mapear a atividade e melhorar os processos. O estudo de tempos e movimentos sucedeu mediante o acompanhamento da operação mecanizada, caminhando atrás da máquina, anotando toda parada e sua durabilidade, além da contagem e descrição das falhas de plantio ocasionadas. A

instrumentação utilizada para a cronoanálise, deu-se através da utilização de uma prancheta, folha de campo, cronômetro e um contador de cliques e, posteriormente, organizados em planilhas no programa Microsoft Excel. As primeiras seis avaliações ocorreram diariamente após o dia dezesseis de maio de dois mil e vinte dois (16/05/2022), posteriormente foi realizado mais duas avaliações após um mês, outras duas avaliações dez dias depois, mais uma avaliação após 12 dias e por fim uma última avaliação um mês depois, totalizando 84 horas e 12 minutos avaliados.

Após o levantamento dos dados, foi gerado um fluxo completo e detalhado do pacote de plantio mecanizado. Portanto, o fluxo apresenta cada etapa inserida no processo, a sequência da realização da atividade, as responsabilidades de cada pessoa, sua função e os resultados que precisam ser gerados no final do turno. Para a criação do fluxograma foi utilizado o programa Bizagi Modeler.

O levantamento dos dados em campo fundamenta a realização de uma avaliação das mudas plantadas no dia. Esta avaliação leva em conta alguns critérios e seus pesos como altura (20%), padrão de substrato/raiz (40%), rusticidade (30%) e número de pares de folhas (10%), e nessas mesmas mudas, além dos critérios ressaltados anteriormente, foram coletadas a ocorrência de bifurcação e tortuosidade, que fazem parte da proposta de avaliação adequada para o plantio mecanizado. Essas informações foram colhidas para efetuar uma análise dos critérios e pesos atuais da avaliação de qualidade, de modo a verificar se atende as necessidades da Planter. Para a avaliação proposta, foi realizado uma amostragem de 30 mudas por lote, sendo realizado uma estatística descritiva com intervalo de confiança de 95%, a fim de validar a amostragem e a tomada de decisão de aceitar ou não a carga.

Posterior às avaliações de qualidade das mudas, foi avaliado a resposta da máquina à qualidade e aos parâmetros de determinado lote, portanto, para a obtenção dos dados foi necessário acompanhar a atividade durante todo o turno, cada lote para realização das medições. Esse acompanhamento consiste em avaliar o plantio e averiguar a assertividade e o retrabalho gerado devido a qualidade das mudas. Assim, os critérios para essa avaliação são a ausência de muda, plantio duplo (duas mudas por cova ou mais que duas mudas por covas), muda quebrada, coleto soterrado, substrato exposto e muda solta.

A análise no final do levantamento de todos dados é composta pela construção de uma curva que relaciona a qualidade de muda com os índices de assertividade e o retrabalho gerado. No tocante da análise dos dados, o tratamento realizado foi utilizado o programa Microsoft Excel de acordo com as fórmulas 1 a 5, a seguir:

Disponibilidade mecânica foi encontrada conforme a equação (1).

$$DM (\%) = \frac{(HT-HM)}{HT} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

DM = Disponibilidade mecânica (%);

HT = Horas totais;

HM = Horas em manutenção.

Em sequência para calcular a eficiência operacional foi utilizada a equação (2).

$$EO (\%) = \frac{HT}{DM} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

EO = Eficiência operacional (%).

Com referência a taxa de utilização realizou-se de acordo com a equação (3).

$$IU = \frac{DM (\%) \times EO (\%)}{100} \quad (3)$$

Em que:

IU = Taxa de utilização

Para as avaliações, o resultado de assertividade e retrabalho decorreu das equações (4 e 5).

$$Retrabalho (\%) = \frac{Qt.falha}{Qt.Mudas} \times 100 \quad (4)$$

$$Assertividade (\%) = 100\% - Retrabalho (\%) \quad (5)$$

Em que:

Qt. Falha = Quantidade de falhas no plantio;

Qt. Mudanças = Quantidade recomendada de mudas.

O cálculo da conformidade do novo método proposto consiste na contagem de mudas conformes para cada parâmetro avaliado, ou seja, mudas que atendem as condições estabelecidas de uma muda ideal. Após a contagem, é realizada a equação (6) em cada um dos parâmetros avaliados:

$$\text{Conformidade (\%)} = \frac{T. \text{ Conforme}}{T. \text{ Avaliadas}} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

Conformidade (%) = Altura, número de pares de folhas, rusticidade, substrato e raiz, tortuosidade e bifurcação;

T. Conforme = Total de mudas conformes;

T. Avaliadas = Total de mudas avaliadas.

Em seguida, foi calculado as notas de cada parâmetro de acordo com os pesos estabelecidos e a nota final do lote de mudas, sendo altura (12%), número de pares de folhas (12%), rusticidade (12%), substrato/raiz (30%), tortuosidade (12%) e bifurcação (17%), apresentados nas equações (7 e 8).

$$\text{Parâmetro (\%)} = (\text{Conformidade} \times \text{peso}) \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Nota Final (\%)} = \sum \text{Parâmetros (\%)} \quad (8)$$

Em que:

Parâmetro = Nota de cada parâmetro avaliado;

Conformidade = Conformidade (%) / 100; Peso = Peso (%) / 100;

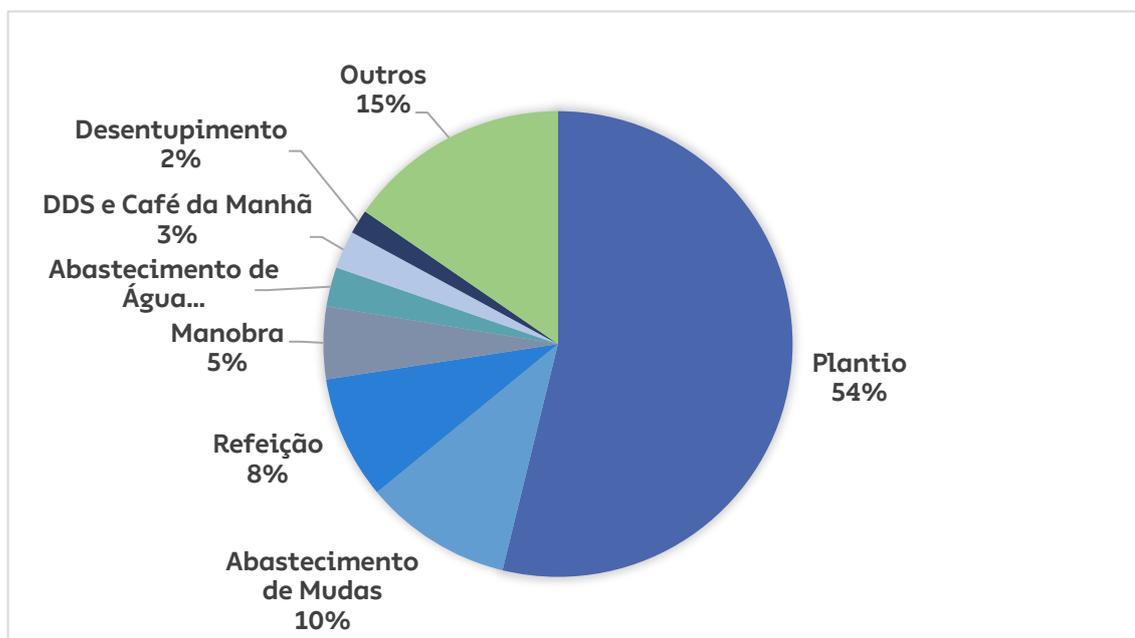
Nota Final = Nota final da avaliação de determinado lote;

\sum Parâmetros (%) = Soma dos parâmetros percentuais.

5 RESULTADOS

Os dados apresentados na Figura 1 caracterizam a razão percentual, em relação ao tempo das atividades que são executadas ao longo do turno da operação de plantio mecanizado, turno este de 8 horas normalmente. Acerca dos percentuais das atividades, estão o plantio (54%), abastecimento de mudas (10%), refeição (8%), manobra (5%), abastecimento de água (3%), Diálogo Diário de Segurança (DDS) e café da manhã (3%), desentupimento (2%) (Figura 3a) e outros (15%). Dentro da categoria outros está incluso diversas atividades fora do escopo da operação, como erros no sistema de telemetria, desvios operacionais, falha na programação diária, entre outros.

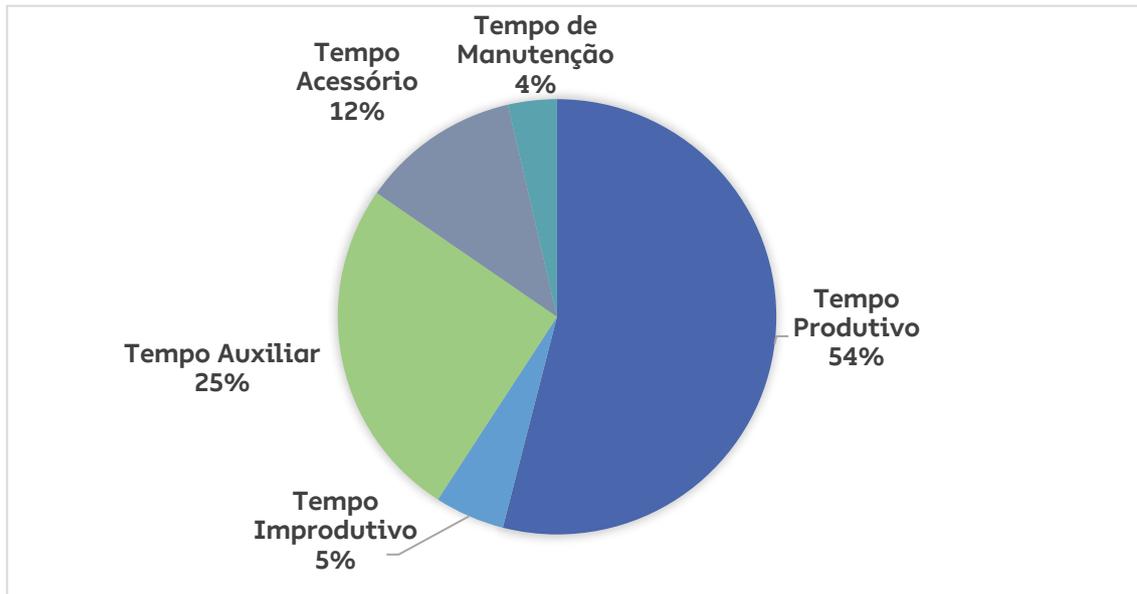
Figura 1 – Atividades executadas ao longo do turno da operação de plantio mecanizado, utilizando a máquina D61 EM Planter da Komatsu.



Fonte: Do autor (2023)

A classificação das atividades pelo tipo de tempo operacional está evidenciada no Figura 2, através da porcentagem do tempo operacional com relação ao tempo total. O tempo produtivo foi de 54% (45 h 27 min), auxiliares 25% (21 h 28 min), acessórios 12% (9 h 54 min), improdutivo 5% (4 h 21 min) e por fim tempos de manutenção com 4% (3 h 2 min), o tempo total avaliado foi de 84 horas e 12 minutos.

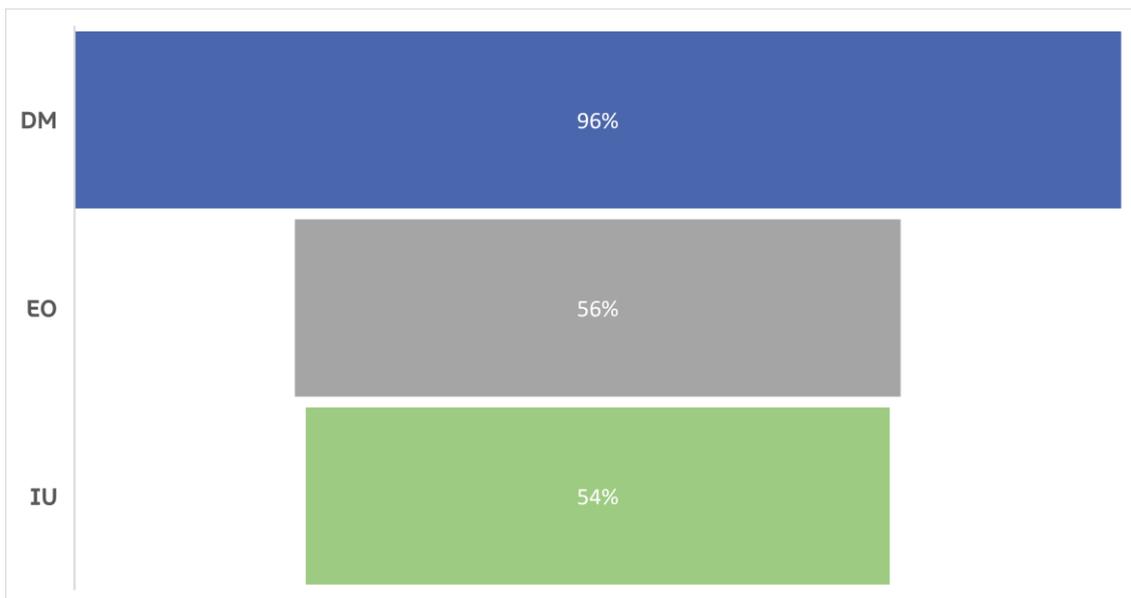
Figura 2 – Classificação das atividades pelos tipos de tempos operacionais na atividade mecanizada.



Fonte: Do autor (2023)

O Figura 3 representa os valores dos indicadores operacionais durante todo o período de avaliação, sendo a disponibilidade mecânica (DM) de 96%, eficiência operacional (EO) atingindo 56% e o índice de utilização (IU) com 54%, respectivamente.

Figura 3 – Indicadores Operacionais ao longo das avaliações.



Fonte: Do autor (2023)

As tabelas 1 e 2 mostram as avaliações de produtividade (ha/h), total de mudas, total de falhas, nota de qualidade pelo método já utilizado, retrabalho e assertividade em função de cada localização. Foram realizadas doze avaliações a respeito da relação de qualidade de muda usual com sua assertividade na operação mecanizada, encontrando valor máximo de produção de 0,72 hectares por hora e uma média geral de 0,54 hectares por hora, relacionados a uma nota de qualidade intermediária de 81%, ocasionado um total de 10.961 falhas e uma assertividade média de 79%, valores estes de produtividade abaixo da condição ideal estabelecida pela empresa onde foi conduzido o estudo, sendo a produtividade ideal de 0,75 hectares por hora. Com relação a tabela 2, quando comparamos algumas notas de avaliação de mudas com retrabalho, notamos que algumas avaliações possuem nota de qualidade maior, porém também possuem um maior retrabalho se comparado a notas menores de qualidade de mudas, isso pode ser explicado pelas ausências dos parâmetros importantes para operação, como tortuosidade e bifurcação.

Tabela 1 – Produtividade e Localização das avaliações realizadas na máquina D61 EM Planter.

Localização	Avaliação	Produtividade (ha/h)	Total de mudas	Total de falhas
Mutum	1	0,55	5152	954
Mutum	2	0,57	5417	1225
Mutum	3	0,51	5606	784
Mutum	4	0,44	5114	639
Mutum	5	0,41	4470	431
Mutum	6	0,41	4760	525
Mutum	7	0,72	6780	1829
Mutum	8	0,47	2904	771
Mutum	9	0,67	3788	1001
Mutum	10	0,65	2778	674
Mutum	11	0,54	4091	1106
Sol Nascente	12	0,51	3763	1022
Total	12	0,54	54621	10961

Fonte: Do autor (2023).

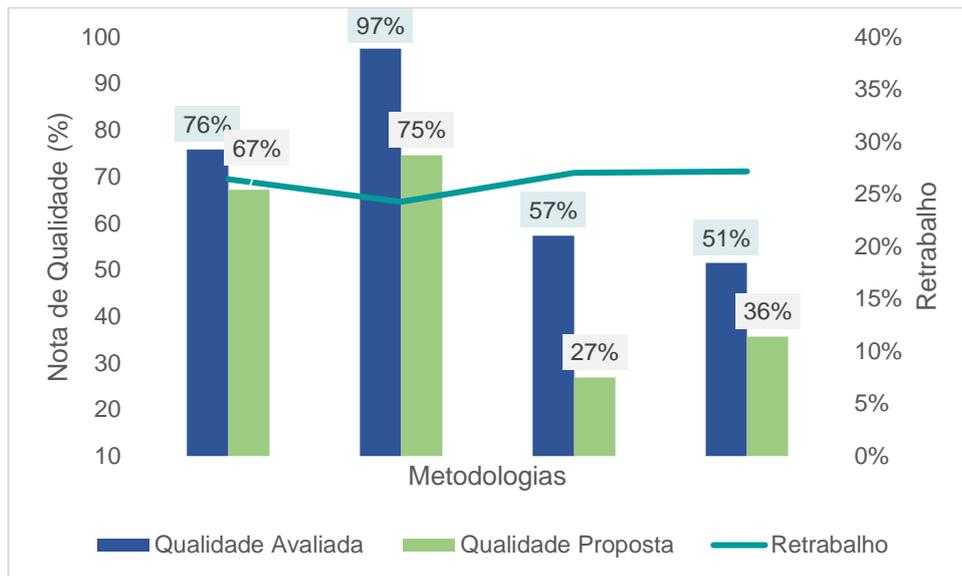
Tabela 2 – Avaliações da relação de qualidade de muda e assertividade da operação mecanizada.

Avaliação	Nota de qualidade	Retrabalho	Assertividade
1	63%	19%	81%
2	63%	23%	77%
3	96%	14%	86%
4	96%	12%	88%
5	96%	10%	90%
6	97%	11%	89%
7	90%	27%	73%
8	91%	27%	73%
9	76%	26%	74%
10	97%	24%	76%
11	57%	27%	73%
12	51%	27%	73%
12	81%	21%	79%

Fonte: Do autor (2023).

O Figura 4 mostra o comparativo entre as duas maneiras de cálculo de avaliação de lotes de muda, a metodologia utilizada anteriormente e a nova proposta de método, relacionando o retrabalho gerado em mesmos lotes de muda. A primeira coluna é composta pelos parâmetros e seus pesos, padrão de substrato e raiz (40%), rusticidade (30%), altura (20%) e mínimo de três pares de folhas com sanidade (10%), a segunda coluna exprime os parâmetros e pesos propostos na nova avaliação, padrão de substrato e raiz (30%), altura (17%), mínimo de três pares de folhas com sanidade (12%), rusticidade (12%) bifurcação (17%) e tortuosidade (12%), a avaliação da primeira coluna foram amostradas em 5% do total de mudas recebidos, referindo-se a 3 mudas por caixa de maneira aleatória, com objetivo de representar melhor o lote todo, já com relação a avaliação proposta foi avaliado 30 mudas por lote, escolhidas de maneira aleatório.

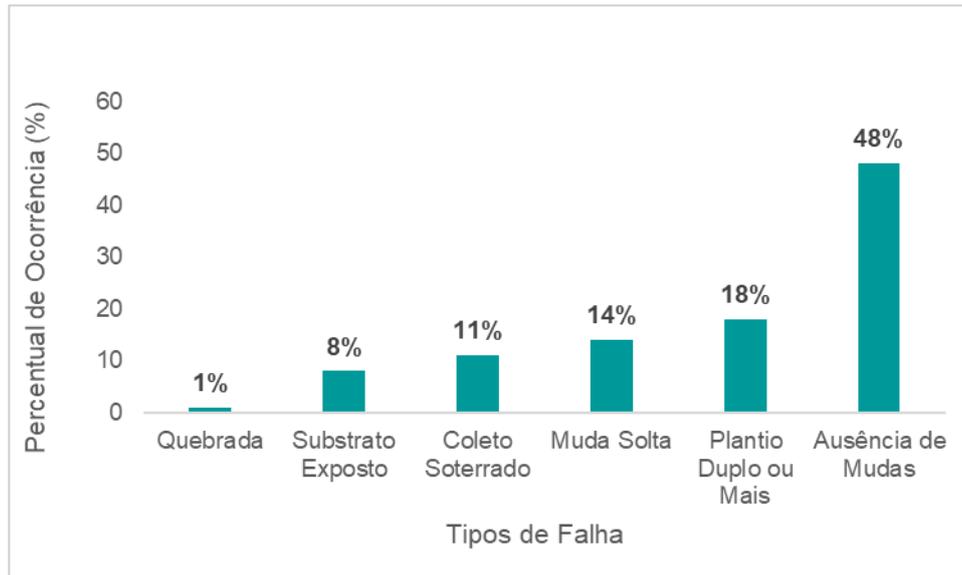
Figura 4 – Comparativo das metodologias de cálculo de avaliação de muda.



Fonte: Do autor (2022).

No Figura 5 podemos visualizar os percentuais de ocorrência de cada tipo de falha no plantio mecanizado, essas falhas estão relacionadas a diversos fatores, mas principalmente a qualidade da muda e a experiência do operador. Para o estudo em questão foram encontrados os valores de 48% das falhas ligadas a ausência de mudas (Figura 6b), 18% plantio de duas ou mais mudas na mesma cova (Figura 6c), 14% de mudas soltas (Figura 6d), ou seja, a plantadora somente liberou a muda ou a compactação não foi suficiente, 11% de colete soterrado, 8% de substrato exposto e por fim 1% de mudas quebradas durante a atividade.

Figura 5 – Percentual de ocorrência das falhas no plantio mecanizado.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 6 – Ocorrência de falhas na operação e no plantio mecanizado. (a) Entupimento do Cabeçote. (b) Ausência de Mudas. (c) Plantio duplo ou de maiores quantidades. (d) Mudas soltas



Fonte: Do autor (2022).

A tabela 3 apresenta as informações de máxima (Máx), mínima (Mín), média, variância (S^2), desvio padrão (S), coeficiente de variação (CV) e o intervalo de confiança (IC) de cada parâmetro avaliado no terceiro lote de mudas, com a finalidade de estabelecer os intervalos de confiança e validar a amostragem para a tomada de decisão, o intervalo de confiança foi construído utilizando 0,05 para o nível de significância, portanto possui 95% de confiança que

as mudas restantes estarão dentro do IC. Onde os valores de altura são estabelecidos em centímetros, rusticidade, área foliar e substrato/raiz são representados por grau de ocorrência, variando de 1 a 10, tortuosidade apresentada em grau de ocorrência de 1 a 5 e por fim, bifurcadas representadas por ocorrência (2) e não ocorrência (1).

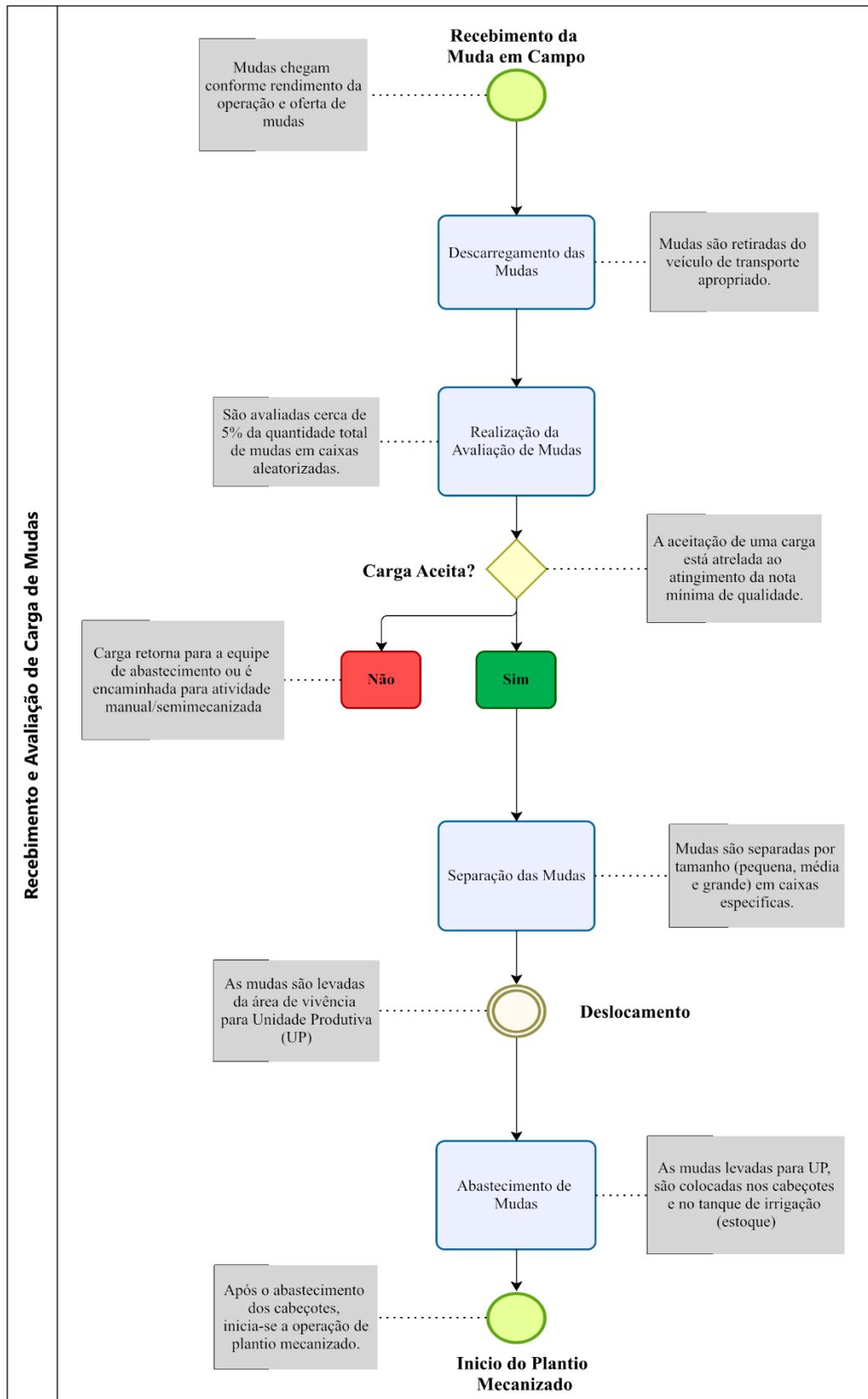
Tabela 3 – Intervalo de confiança lote três. (Max) Máxima. (Mín) Mínima. (S²) Desvio padrão. (CV) Coeficiente de variação.

Parâmetros	Max	Mín	Média	S²	S	CV (%)	Intervalo
Altura (cm)	22	11	16,13	5,98	2,45	15,16	15,26 ≤μ≤17,01
Rusticidade	8	4	6,13	1,91	1,38	22,55	5,64 ≤μ≤6,63
Área Foliar	5	2	3,57	0,46	0,68	19,03	3,32 ≤μ≤3,81
Tortuosidade	5	1	2,50	1,91	1,38	55,34	2,00 ≤μ≤3,00
Substrato/raiz	8	3	5,97	2,93	1,71	28,69	5,35 ≤μ≤6,58
Bifurcadas	2	1	1,10	0,09	0,31	27,74	0,99 ≤μ≤1,21

Fonte: Do autor (2023).

De acordo com as informações observadas no estudo de tempos e movimentos, foi possível confeccionar um fluxograma (Figura 2), o qual representa as etapas do recebimento, avaliação, deslocamento, abastecimento e início da operação mecanizada, especificando o que deve ser realizado em cada momento.

Figura 2 - Fluxograma de recebimento e avaliação de carga de mudas da operação realizada pela D61 EM Planter



Fonte: Do autor (2023).

6 DISCUSSÃO

Com o auxílio das informações levantadas no estudo de tempos e movimentos em campo, foi possível apresentar a classificação das atividades de acordo com cada tempo operacional (Figura 2) usando os dados da classificação das atividades (Figura 1). Para o presente estudo, obteve-se 54% de tempo produtivo (45h 27 min), 25% auxiliares (21h 28 min), 12% acessórios (9h 54 min), 4% de manutenção (3h 2 min) e 5% de tempos improdutivo (4h 21 min) para a operação de plantio mecanizado, totalizando um total de 84 horas e 12 minutos avaliados, onde normalmente o turno tem duração de 8 horas. Fiedler (2020), apresentou resultados médios semelhantes em percentual de tempo produtivo na operação semimecanizada de 58,24%, porém em contrapartida os tempos auxiliares encontrados foram de 5,63%, este fenômeno pode ser explicado pelas diferenças de atividades dentro de cada metodologia de plantio.

O plantio mecanizado possui uma maior quantidade de paradas obrigatórias e essenciais para funcionamento da operação (SEREGHETTI, 2016), e no caso da Planter, essa possui a limitação técnica de 196 mudas por cabeçote, totalizando 588 mudas por ciclo (SOUZA *et al.*, 2022), sendo necessária a parada e abastecimento de mudas de forma manual a cada finalização do ciclo. Segundo Sereghetti (2016), cerca de 14 a 15% do tempo de trabalho é utilizado no reabastecimento das mudas, por outro lado, nos resultados encontrados o valor contabilizado foi de 10% do tempo total de trabalho.

Levando-se em consideração as informações dos tempos operacionais (Figura 3) foi possível estimar a Disponibilidade Mecânica (DM) de 96%, Eficiência Operacional (EO) de 56% e a Taxa de Utilização (IU) de 54%. O baixo valor da EO pode ser explicado pelo alto percentual de paradas para abastecimento de mudas, correções de plantio, desvios operacionais e falhas na programação da atividade. Contudo, os valores observados neste estudo foram superiores aos obtidos por Soler (2020), que encontrou uma EO de 46% e DM de 76,6%, considerando o mesma máquina e sistema de plantio avaliados neste trabalho. Em seu estudo o impacto na EO foi causado pelo reabastecimento de insumos (água e mudas) e deslocamento da máquina, porém com relação ao reabastecimento de insumos apontou a abastecimento de água como fator de bastante impacto. Já Fiedler (2020), encontrou os valores de 96,53% de DM, 58,24% de EO e 60,43% de IU no sistema de plantio semimecanizado, e conforme aponta em seu estudo o impacto na EO estava diretamente ligado à substituição de mudas para correção no plantio, além da abertura e fechamento da estrutura de suporte das mangueiras.

Em vista dos resultados apresentados na Tabela 1 e 2, podemos destacar a nota média de qualidade de 81%, originando valores médios de 21% de retrabalho e 79% de assertividade da operação. A nota de qualidade expressa numericamente as características fisiológicas de um determinado lote de mudas, com objetivo de que os lotes estejam mais próximos possíveis da caracterização de uma muda padrão. De acordo com Reis (2008) e Lopes (2008) a definição de muda padrão está associada a plantas com altura entre 15 a 30 cm, sistema radicular desenvolvido e agregado, e que possuam os três pares de folhas saudáveis. Porém quando relacionamos essa caracterização de muda padrão à operação de plantio mecanizado, torna-se necessária a disposição de outros aspectos da qualidade do insumo que impactam na execução da atividade, tais como tortuosidade e bifurcação.

Através dos parâmetros apresentados no Figura 4, conseguimos observar uma diminuição no percentual de qualidade dos lotes, sendo explicado pelo acréscimo dos novos parâmetros, tortuosidade e bifurcação e por conta das mudanças nos pesos dos parâmetros. O segundo lote de mudas apresentado no Figura 4, evidencia a importância dos novos parâmetros para atividade mecanizada, afinal um lote de mudas com nota de qualidade de 97%, sem a influência de nenhum outro fator na atividade do plantio, não deveria ocasionar 24% de retrabalho. No entanto, quando reavaliamos o lote inserindo os parâmetros de tortuosidade e bifurcação, encontramos uma qualidade do lote de 75%, valor este mais condizente com o percentual de retrabalho gerado. As cargas de mudas avaliadas apresentaram uma redução média de 19% no percentual de qualidade, máxima de 30% e mínima de 9%. Conseqüentemente, esse novo método torna a avaliação mais criteriosa, portanto cargas que obterem notas inferiores a 75% devem ser recusadas e direcionadas para outra frente, na qual seja realizado as atividades de plantio manual ou semimecanizado, para reavaliação ou conduzidas para o viveiro, no sentido de aperfeiçoar as características fisiológicas. Essas ações são necessárias para evitar o descarte e retrabalho excessivo causado pela qualidade das mudas, em especial na atividade mecanizada.

A operação de plantio mecanizado é muito suscetível a qualidade de mudas (SEREGHETTI *et al.*, 2016), o grau de tortuosidade pode gerar paradas operacionais, em decorrer do entupimento do cabeçote (Figura 6a), sendo necessária a parada para limpeza e retirada dos resíduos, levando a uma perda de produtividade (SOUZA *et al.*, 2022) e falhas no plantio. Segundo Souza (2022) em seu estudo realizado na mesma região, foram analisados os parâmetros dos lotes de mudas que mais geraram não conformidade, ou seja, fora do padrão ideal de qualidade, os parâmetros observados foram tortuosidade, substrato, altura e número de

folhas, o parâmetro que gerou maior impacto em seu estudo de avaliação qualitativa de mudas da D61 EM Planter foi a tortuosidade, ocasionando 73% de mudas não conformes.

Para o estabelecimento dos pesos de cada fator da avaliação, foi levado em consideração os maiores impactos na atividade, sendo o padrão de substrato e raiz o fator com maior peso, afinal a ação do cabeçote é realizada através da gravidade, portanto uma muda desagregada ou com baixo peso de substrato, provoca o entupimento do cabeçote, mudas soltas e ausência de mudas. Posteriormente temos a altura, pois mudas com altura elevada durante o plantio podem vir a ter as ponteiros quebradas durante o fechamento da “matraca” após a etapa de plantio mecanizado, além de que lotes com alturas variadas podem levar a impactos de colete soterrado ou substrato exposto, isso acontece por motivo de cada cabeçote estar abastecido com alturas variadas, o que impossibilita a configuração correta do sistema do equipamento. Os parâmetros de rusticidade e número de pares de folhas com sanidade, estão relacionados ao crescimento e desenvolvimento de maneira vigorosa em campo. Por conta das falhas ocasionadas na atividade mecanizada, ainda é necessário durante o decorrer da atividade que um colaborador acompanhe a máquina realizando a correção do plantio mecanizado.

Como já foi descrito anteriormente, a qualidade do plantio mecanizado está associada a experiência do operador (SEREGHETTI *et al.*, 2016) e a qualidade de mudas (FONSECA *et al.*, 2000). Mudas abaixo do padrão ou baixa expertise do operador podem gerar falhas no plantio.

Representadas no Figura 5, as falhas no plantio que tiveram maior ocorrência foi a ausência de mudas (48%), que pode ser ocasionado por alguns parâmetros, como tortuosidade, bifurcação e substrato desagregado. O plantio duplo ou mais mudas obteve 18% (Figura 5), também derivando da ocorrência desses parâmetros, em especial com relação ao substrato desagregado, afinal muitas vezes o plantio duplo é provocado pela ausência de mudas em uma cova, onde na cova subsequente irá ocorrer o plantio ou deposição da muda anterior mais a muda daquela cova.

Outro tipo de falha muito comum na operação de plantio mecanizado é a muda solta ou jogada (Figura 6), que pode ser acarretada por substratos fora do padrão, alta variação na altura das mudas nos cabeçotes da máquina, ou até mesmo pela falta de experiência do operador na configuração do sistema da Planter. Como Sereggetti (2016) trouxe em seu estudo a experiência do operador é muito importante na execução desta atividade, pois as falhas de colete soterrado e substrato exposto estão intimamente ligadas à sua expertise nas configurações da máquina e execuções do plantio mecanizado, sendo necessário executar com uma profundidade correta, em posição vertical (LUORANEN *et al.*, 2011) e compactando as mudas de maneira adequada,

evitando a presença de “bolsões de ar”. Os resultados presentes neste trabalho atestam e corroboram com os trabalhos desenvolvidos por Sereghetti (2016) e Souza (2022). Outro aspecto bastante importante é o impacto da experiência do operador no rendimento e na qualidade do plantio mecanizado, o mapeamento e análise desta curva de aprendizagem, pode ocasionar obtenção do estado ótimo com maior efetividade e rapidez, sendo um bom campo para estudos futuros.

7 CONCLUSÃO

O tempo auxiliar na atividade da Planter está associado ao limitante da quantidade de mudas de cada ciclo completo da máquina, representando um percentual expressivo do tempo total da atividade. Foi possível concluir que a produtividade média da Planter nestas avaliações é 0,54 ha/h e o retrabalho médio é de 21%, e que os parâmetros de maior influência são a tortuosidade e bifurcação.

Com as informações de percentual médio de falhas no plantio mecanizado de acordo com os lotes recebidos e sabendo o que cada parâmetro fora do padrão gera de impacto na atividade mecanizada, portanto, recomenda-se o padrão de qualidade de mudas desenvolvido para as posteriores avaliações dos lotes de mudas recebidos em campo. A silvicultura mecanizada é um tema novo e com variáveis desconhecidas ou pouco estudadas, através da realização do trabalho ficou evidente a necessidade de serem desenvolvidos novos estudos para compreender melhor esta atividade, com objetivo de atingir o máximo rendimento operacional.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Estevão Giacomini et al. Análise comparativa da colheita florestal em regime de manejo de alto fuste e talhadia. **Nativa**, v. 6, n. 3, p. 288-292, 2018.
- ALVES, Ketiane Dos Santos; DE OLIVEIRA, Ivanoel Marques; DE ARAUJO, Iraciara Santos. **Silvicultura**. Saraiva Educação SA, 2012.
- BREPOHL, Ditmar. A contribuição do setor florestal à economia brasileira. **Floresta**, v. 11, n. 1, 1980.
- SILVA, E.P.da; MINETTE, L.J.; SOUZA, A.P.de. Análise ergonômica do trabalho de coveamento semimecanizado para o plantio de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.76, p.77-83, dez. 2007.
- DE LIMA, Antonio Luciano; DE OLIVEIRA, Felipe Martins. Postura e Biomecânica de Trabalhadores no Plantio Florestal Manual com Ferramenta Convencional Versus Novos Protótipos. **Revista Técnico-Científica**, 2019.
- DOS SANTOS SAMPAIO, Fernando; DA SILVA MAZZOCHIN, Marinez. Espacialidade da economia: inovação e estratégias espaciais no setor de base florestal brasileiro. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 20, 2010.
- FERREIRA, Leticia Ali Figueiredo et al. Engenharia de Métodos: Uma revisão de literatura sobre o estudo de tempos e movimentos. **Refas-Revista Fatec Zona Sul**, v.4, n. 3, p. 31-46, 2018.
- FESSEL, Vitor Augusto Graner. **Qualidade, desempenho operacional e custos de plantios, manual e mecanizado, de Eucalyptus grandis, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- FIEDLER, Nilton Cesar et al. Economic and operational analysis of mechanized forest implementation. **Revista Árvore**, v. 44, 2020.
- FIEDLER, Nilton José; DA ROCHA, Eduardo Braga; DA SILVA LOPES, Eduardo. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás. **Floresta**, v. 38, n. 4, 2008.
- FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2000. 113 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, 2000
- FURLAN, Raphael Eduardo Jasper. **Análise do desempenho das etapas de arraste e processamento de uma empresa florestal**. 2017.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual IBÁ 2021**. São Paulo, 2021. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf?utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=Iba-lanca-Relatorio-Anual-2021 . Acesso em: 20 set 2022.

KLITZKE, Wally Nilza. **Influência de adaptações em adubadeiras sobre a produtividade de subsoladores em plantios de eucalipto.** 2016.

KOMATSU. **O Komatsu D61EM-23M0 Planter, uma máquina dedicada ao plantio florestal, foi apresentado pela Komatsu Forest.** Komatsu, 2019. Disponível em: <Komatsu Forest apresentou o Komatsu D61EM Planter> Acesso em: 30/08/2023

LINHARES, M., Sette Júnior, C. R., Campos, F., & Yamaji, F. M. (2012). Eficiência e desempenho operacional de máquinas harvester e forwarder na colheita florestal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42, 212-219.

LOPES, E. D.; AMARAL, C. L. F.; NOVAES, A. B. de. **Desempenho no Campo de Mudanças de *Eucalyptus urophylla*, *E. camaldulensis* e *Corumbya citriodora* Produzidas em Blocos Prensados e em Tubetes.** FIXA CATALOGRÁFICA, p. 55.

LOPES, Jane Luísa Wadas. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos.** 2008.

LUORANEN, Jaana; RIKALA, Risto; SMOLANDER, Heikki. **Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance.** 2011.

MAIS FLORESTA. **Komatsu levou para a Expoforest equipamentos e soluções para o ciclo completo das operações florestais.** MAIS FLORESTA, 2023 Disponível em: <Komatsu levou para a Expoforest equipamentos e soluções para o ciclo completo das operações florestais – Mais Floresta> Acesso em: 08/09/2023

MARIANI, Celso Antonio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **RAI-Revista de Administração e Inovação**, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

MENDES, Jefferson B. Incentivos e mecanismos financeiros para o manejo florestal sustentável na Região Sul do Brasil. **Relatório da FAO–Food And Agriculture Organization of the United Nation: Curitiba**, 2004.

RABELO, Livia Karine Lima et al. Cenário das árvores plantadas no Brasil. **Biodiversidade**, v. 19, n. 3, 2020.

REIS, Eduardo Righi dos et al. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, v. 32, p. 809-814, 2008.

REZENDE, Polyane Avelar; MARTINS, Taciana Lopes Rezende; ROCHA, Mônica Ferreira. Aplicação do estudo de tempos e movimentos no setor administrativo: estudo de caso em uma empresa mineradora. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 653-665, 2016.

RUDEK, Alynne; GARCIA, Flávio Augusto; PERES, Fabiana. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

- SANTOS, Mauricio Castro dos et al. **Inventário florestal utilizando técnicas de silvicultura de precisão em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2016.**
- SANTOS, Mauricio Castro dos et al. Inventário florestal utilizando técnicas de silvicultura de precisão em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. ***Floresta e Ambiente***, v. 24, 2016.
- SCHETTINO, Stanley et al. Influência de fatores ergonômicos na produtividade do sistema homem-máquina na colheita florestal mecanizada. ***Sci. For.***, v. 50, p. e3779, 2022.
- SEREGHETTI, Guilherme Corrêa. **Qualidade do plantio manual e mecanizado para eucalipto e pinus.** 2016.
- SHIMIZU, Jarbas Yukio. **Pinus na silvicultura brasileira.** Colombo: Embrapa Florestas, 2008., 2008.
- SILVA, Helton Damin; BELLOTE, Antônio Francisco Jurado. **Plantio.** Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/eucalipto/producao/implantacao/plantio>> Acesso em: 30/08/2023
- SIMÕES, Danilo; FENNER, Paulo Torres; ESPERANCINI, Maura Seiko Tsutsui. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. ***Ciência florestal***, v. 24, p. 621-631, 2014.
- SIMÕES, Danilo; FENNER, Paulo Torres; ESPERANCINI, Maura Seiko Tsutsui. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. ***Scientia Forestalis***, p. 611-618, 2010.
- SOLER, Rafael Ribeiro. **Desempenho operacional e econômico do ensaio de uma plantadora tripla automatizada de mudas florestais.** 2020.
- SOLER, Rafael Ribeiro. **Influência do relevo e da presença de resíduos da colheita florestal no rendimento e na qualidade silvicultural de um sistema de plantio mecanizado.** 2016.
- SOUZA, Matheus et al. Análises qualitativas de uma plantadora tripla automatizada. In: **9º Congresso Florestal Brasileiro.** 2022. p. 635-638.
- TEIXEIRA, Georgia; RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos. Trajetória geográfica da silvicultura em Minas Gerais. ***Mercator (Fortaleza)***, v. 20, 2021.
- VALVERDE, Sebastiao Renato. **Silvicultura brasileira: oportunidades e desafios da economia verde.** 2012.
- VASQUEZ, André Germano et al. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. ***Floresta***, v. 37, n. 3, 2007.
- VOSNIAK, Janaine et al. Avaliação da postura de trabalhadores nas atividades de plantio e adubação em florestas plantadas. ***Revista Ceres***, v. 58, p. 584-592, 2011.
- WILCKEN, Carlos Frederico et al. Guia prático de manejo de plantações de eucalipto. ***Botucatu: FEPAF***, v. 19, 2008.