

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**ANÁLISE TÉCNICA E GESTÃO DE CUSTO E QUALIDADE NO
PROCESSO DE COLHEITA FLORESTAL SEMIMECANIZADA**

JOANNA LETÍCIA DINIZ MELO

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
JUNHO – 2024**

JOANNA LETÍCIA DINIZ MELO

**ANÁLISE TÉCNICA E GESTÃO DE CUSTO E QUALIDADE NO
PROCESSO DE COLHEITA FLORESTAL SEMIMECANIZADA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Luís Carlos de Freitas (UESB)

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
JUNHO - 2024**


JOANNA LETÍCIA DINIZ MELO

**ANÁLISE TÉCNICA E GESTÃO DE CUSTO E QUALIDADE NO
PROCESSO DE COLHEITA FLORESTAL SEMIMECANIZADA**


Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 05 de junho de 2024.


Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **FLAVIO CIPRIANO DE ASSIS DO CARMO**
Data: 25/04/2025 21:32:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Flávio Cipriano de Assis do Carmo (D.Sc., Ciências Florestais) - UFCG

Documento assinado digitalmente
 **LINIKER FERNANDES DA SILVA**
Data: 26/04/2025 07:11:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Liniker Fernandes da Silva (D.Sc., Ciências Florestais) – UFRB

Documento assinado digitalmente
 **LUIS CARLOS DE FREITAS**
Data: 30/04/2025 14:02:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Luís Carlos de Freitas (D.Sc., Ciências Florestais) - UESB
Orientador

M486a

Melo, Joanna Letícia Diniz.

Análise técnica e gestão de custos e qualidade no processo de colheita florestal semimecanizada. / Joanna Letícia Diniz Melo, 2024.

54f. : il.

Orientador(a): Dr. Luiz Carlos de Freitas.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2024.

Inclui referências F. 19 - 21

1. Colheita semimecanizada. 2. *Eucalyptus*. 3. Produtividade (Colheita semimecanizada). I. Freitas, Luiz Carlos de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD 634.973766

Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

"Nenhum de nós aqui hoje fez isso sozinho. Cada um de nós é uma colcha de retalhos daqueles que nos amaram, daqueles que acreditaram em nosso futuro, daqueles que nos mostraram empatia e bondade ou nos disseram a verdade mesmo quando não era fácil de ouvir. Aqueles que nos disseram que poderíamos fazer quando não havia absolutamente nenhuma prova disso."

- Taylor Swift

*A memória eterna do meu avô Vicente e minha madrinha/tia, Adriana,
Suas memórias vivem em cada palavra destas páginas
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – PPGCIFLOR, e aos professores que o compõem, pela oportunidade de aprendizado.

Ao meu orientador, professor Luís, cuja orientação, paciência e conhecimento foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, professores Flávio e Liniker, pelas contribuições significativas e pelo tempo dedicado à leitura e avaliação desta dissertação.

Aos meus pais por serem meu alicerce e por acreditarem em mim em todos os momentos. Seus ensinamentos e valores me moldaram como pessoa e me inspiraram a sempre buscar o meu melhor. Ao meu irmão, por sempre estar ao meu lado. Aos meus avôs, que sempre me inspiraram com sua sabedoria e carinho.

Aos meus irmãos de alma, Eveline, Natielly, Dahyene e Reybson, por estarem sempre presentes. Vocês são uma parte essencial da minha vida.

Às amigas do Rosa Branca 201, Zilda e Isa, por todas as conversas, risadas e oferecendo apoio constante.

Aos meus amigos Aldair (Aldas), Ana Caetano e Ronaldo, pela amizade e apoio.

Aos colegas do laboratório de Silvicultura, Ana Ruth, Lucas, Carol, Júlia, Rebeca e Zilda, pelo companheirismo nessa jornada.

Ao Célio e Kelvin, pela colaboração e apoio que foram essenciais para a realização desta pesquisa.

Ao seu Aroaldo, dona Adelize e Danilo, por me acolheram em sua casa durante o período de coleta de dados.

À Fabrícia, secretária da coordenação do curso, por todo o auxílio e amizade.

A todos que, por algum motivo, não foram mencionados, mas que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. COLHEITA FLORESTAL	13
2.2. SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA	13
2.3. CUSTOS NA COLHEITA FLORESTAL.....	14
2.3.1. CUSTOS FIXOS.....	15
2.3.2. CUSTOS VARIÁVEIS	15
2.3.3. CUSTOS ADMINISTRATIVOS.....	16
2.4. RENDIMENTO OPERACIONAL NAS ATIVIDADES DE COLHEITA FLORESTAL.....	16
2.5. QUALIDADE NA COLHEITA SEMIMECANIZADA.....	17
3. REFERÊNCIAS	19
4. ARTIGO 1: ANÁLISE DA QUALIDADE OPERACIONAL NO CORTE FLORESTAL SEMIMECANIZADO	22
5. ARTIGO 2: ANÁLISE TÉCNICA ECONÔMICA NO CORTE SEMIMECANIZADO	37
6 CONCLUSÕES GERAIS	54

RESUMO

MELO, Joanna Letícia Diniz Melo, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, junho de 2024. **Análise técnica e gestão de custo e qualidade no processo de colheita florestal semimecanizada.** Orientador: Luís Carlos de Freitas.

A colheita florestal é uma atividade essencial dentro do setor florestal, destacando-se por seu valor técnico e econômico. Trata-se de um conjunto de operações que envolvem o preparo e o transporte da madeira desde o interior do talhão até os pontos de escoamento, exigindo um planejamento rigoroso para garantir eficiência, qualidade e redução de custos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo promover uma análise integrada – técnica, econômica e de qualidade – da operação de corte florestal semimecanizado em plantios de eucalipto localizados no estado de Sergipe, com foco nas realidades de pequenos e médios produtores. A análise da qualidade do corte baseou-se na identificação de sete indicadores relacionados à conformidade das operações: altura das cepas fora do padrão, faixa de fratura elevada, presença de espetos, rachaduras e danos nas cepas, além de toras com comprimento inadequado e presença de ganchos. Para cada item, foram analisadas 100 amostras. Os resultados demonstraram fragilidades na execução das operações: 84,5% das cepas apresentaram altura fora dos padrões estabelecidos, 48,5% tinham faixa de fratura fora do limite, e 61% dos toretes estavam fora do comprimento adequado. Adicionalmente, registrou-se presença de espetos em 27% das cepas, rachaduras em 39,1%, danos em 20% e ganchos em 13,5%. Esses dados indicam uma qualidade irregular do processo, reforçando a necessidade de capacitação dos operadores como medida estratégica para minimizar falhas e perdas no campo. A análise técnica concentrou-se no estudo de tempos e movimentos das principais etapas do corte: deslocamento, corte de abate, desgalhamento e traçamento. Observou-se que a maior parcela do tempo efetivo de operação foi consumida no desgalhamento, sendo essa uma etapa crítica para o rendimento global do processo. A produtividade observada foi de 3,10 m³ por hora efetiva de trabalho, com uma eficiência operacional de 83,24% e disponibilidade mecânica de 91,70%, indicadores considerados satisfatórios para os padrões da colheita semimecanizada. Na análise econômica, foram determinados o custo operacional e o custo total de produção. O

custo operacional por hora efetiva de trabalho foi de R\$ 85,44, sendo a depreciação o principal componente de custo fixo, e a mão de obra o principal componente de custo variável. O custo de produção foi de R\$ 27,60 por metro cúbico colhido. Na análise de sensibilidade, constatou-se que um aumento de 20% no custo da mão de obra geraria um acréscimo de R\$ 4,42 no custo de produção, evidenciando sua influência sobre a viabilidade econômica da atividade. Conclui-se que, para uma colheita florestal sustentável, torna-se essencial a integração dos fatores técnicos, operacionais, econômicos e gerenciamento dos processos de qualidade.

Palavras-chave: colheita semimecanizada, *eucalyptus*, produtividade da colheita semimecanizada.

ABSTRACT

MELO, Joanna Letícia Diniz Melo, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, June, 2024. **Technical analysis and cost and quality management in the semi-mechanized forest harvesting process.** Adviser: Luís Carlos de Freitas.

Forest harvesting is an essential activity in the forestry sector, notable for its technical and economic value. It is a set of operations involving the preparation and transportation of wood from the interior of the stand to the disposal points, requiring rigorous planning to ensure efficiency, quality and cost reduction. In this context, the aim of this study was to carry out an integrated analysis - technical, economic and quality - of semi-mechanized forest felling operations in *eucalyptus* plantations located in the state of Sergipe, focusing on the realities of small and medium-sized producers. The analysis of felling quality was based on the identification of seven indicators related to the compliance of operations: non-standard stump height, high fracture range, presence of spikes, cracks and damage to the stumps, as well as logs with inadequate length and the presence of hooks. For each item, 100 samples were analyzed. The results showed weaknesses in carrying out the operations: 84.5% of the stumps were not of the same height as the established standards, 48.5% had a fracture band outside the limit, and 61% of the logs were not of the right length. In addition, there were skewers in 27% of the stumps, cracks in 39.1%, damage in 20% and hooks in 13.5%. These data indicate irregular quality in the process, reinforcing the need to train operators as a strategic measure to minimize failures and losses in the field. The technical analysis focused on studying the times and movements of the main cutting stages: moving, felling, delimiting and tracing. It was observed that the largest portion of the effective operating time was consumed in delimiting, which is a critical stage for the overall performance of the process. The productivity observed was 3.10 m³ per effective hour of work, with an operational efficiency of 83.24% and mechanical availability of 91.70%, indicators considered satisfactory for semi-mechanized harvesting standards. In the economic analysis, the operating cost and the total cost of production were determined. The operating cost per effective hour of work was R\$ 85.44, with depreciation being the main fixed cost component and labor the main variable cost component. The cost of production was R\$ 27.60 per cubic meter

harvested. The sensitivity analysis showed that a 20% increase in the cost of labor would generate an increase of R\$ 4.42 in the cost of production, showing its influence on the economic viability of the activity. The conclusion is that the integration of technical, operational and economic factors and the management of quality processes is essential for sustainable forest harvesting.

Keywords: semi-mechanized harvesting, *eucalyptus*, semi-mechanized harvesting productivity.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A colheita florestal destaca-se pela sua importância técnico-econômica, podendo ser descrita como o conjunto de operações que visa preparar e conduzir a madeira de dentro do talhão até o local do transporte (MACHADO et al., 2014).

Esta atividade requer um planejamento criterioso, considerando a qualidade da matéria-prima, preços, aproveitamento do produto florestal a ser ofertado e otimização do processo produtivo (RODRIGUES, 2018; VATRAZ, 2012). Tais quesitos são de fato objetivos das empresas que buscam redução de desperdícios, falhas no processo, otimização do custo de produção, além da melhoria da qualidade do produto, fatores estes decisivos na competitividade das empresas no mercado (COLETTI, 2010; OLIVEIRA, 2019).

A análise do processo de colheita envolvendo aspectos técnicos e econômicos conferem ao produtor uma visão ampla do funcionamento da atividade, sendo possível detectar falhas, gargalos de produção e pontos críticos, em que se pode aplicar as melhorias sugeridas e, assim, alcançar um sistema de colheita florestal mais produtivo e sustentável do ponto de vista econômico, com redução de falhas (MOURA, 2019).

Percebe-se, portanto, que a colheita florestal é uma atividade dinâmica e de constante renovação, tornando evidente a necessidade da realização de estudos que tenham como meta o aumento da produtividade e a redução de custos. Isso pode ser alcançado por meio do estudo de tempos e movimentos, o que permite conhecer de forma mais concreta o rendimento em cada etapa do ciclo operacional. Um outro aspecto importante é a determinação dos custos operacionais relacionados aos maquinários que integram o processo. Por meio do custo operacional de máquinas é possível estabelecer um planejamento econômico, com maior controle de gastos nas operações.

Por fim, ressalta-se a necessidade de se inserir a gestão de qualidade, buscando minimizar as falhas nos processos e nas atividades florestais, com reflexo na melhoria de qualidade e no preço da matéria-prima ofertada, bem como na redução de desperdícios, aumento do rendimento operacional e redução dos custos de produção. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo promover uma análise técnica, econômica e de qualidade na operação de corte florestal semimecanizado, em plantios de eucalipto, localizado no estado de Sergipe.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Colheita Florestal

Segundo Machado et al. (2014), colheita florestal pode ser definida como o conjunto de operações realizadas no interior dos talhões, que tem como objetivo preparar e transportar a madeira até o local de utilização, visando transformá-la em um produto final.

As atividades de colheita e transporte florestal impactam significativamente os custos finais da madeira posto fábrica (MACHADO e LOPES, 2000), podendo representar 60% e 70% do valor do produto final (MALINOVSKI et al., 2008).

Entre as principais vantagens do método mecanizado, estão a alta produtividade, redução de custos de produção, maior segurança e conforto ao operador e possibilidade de se trabalhar durante três turnos diários. Em relação ao método semimecanizado, este apresenta como desvantagens a baixa produtividade, quando comparado com o método mecanizado, alto risco de acidentes, maior demanda de mão de obra e exigência de maior esforço físico nas operações. Algumas das vantagens são facilidade para operar em florestas nativas, em terrenos declivosos (ANDREON, 2011) e apresentar baixo custo de implementação.

2.2. Sistemas de Colheita de Madeira

O sistema de colheita de madeira compreende um conjunto de elementos e processos que envolvem a cadeia de produção e todas as atividades parciais, desde a derrubada até a madeira posta no pátio da indústria transformadora (MALINOVSKI et al., 2014). Segundo definição da *Food and Agriculture Organization of United Nations* (FAO), os sistemas de colheita florestal são classificados basicamente pela forma que a madeira é extraída do talhão, sendo:

a) Sistema de toras curtas (*cut-to-length*): Neste sistema, a árvore é derrubada e processada no interior do talhão, sendo extraída para às margens das estradas em forma de toretes, com comprimento inferior a seis metros (LEHTIMAKI, 2011; LOPES e DINIZ, 2015; SANTOS et al., 2018).

b) Sistemas de toras longas (*tree-length*): Neste sistema, as árvores são derrubadas, desgalhadas e destopadas no interior do talhão, sendo a madeira, na forma fuste, arrastada para a margem do talhão ou pátio temporário para a execução do processamento final (MALINOVSKI, 2014; RODRIGUES et al., 2018).

c) Sistema de árvores inteiras (*full-tree*): Neste sistema, as árvores são derrubadas no interior do talhão e, em seguida, extraídas para a margem das estradas, onde é realizado o processamento (LABELLE et al., 2016; LASPA e NURMI, 2018; RODRIGUES et al., 2018).

d) Sistema de árvores completas (*whole-tree*): Neste sistema, a árvore é arrancada com parte de seu sistema radicular e extraída para a margem do talhão ou pátio intermediário, onde ocorre o processamento final (RODRIGUES et al., 2018).

e) Sistema de cavaqueamento (*chipping*): Neste sistema, as árvores são derrubadas e processadas no próprio local, sendo extraídas em forma de cavacos para um pátio de estocagem ou diretamente para a indústria (MALINOVSKI et al., 2014).

2.3. Custos na colheita florestal

O gerenciamento do custo de produção florestal é essencial em quaisquer etapas do processo produtivo, tendo como premissa nortear o planejamento econômico e garantir a sustentabilidade do setor. Para se definir o custo de produção deve-se buscar uma metodologia consistente para determinação do custo operacional total de equipamentos e maquinários envolvidos no processo.

Na colheita florestal, os custos são associados às operações que vão desde a roçada pré-corte até o empilhamento da madeira na beira da estrada. Segundo Machado e Malinovski (1988), os custos compreendidos na colheita e transporte florestal diversificam conforme as condições locais, bem como outros fatores, como: o desempenho das equipes de trabalho, a supervisão, as condições climáticas, as máquinas e equipamentos disponíveis, entre outros.

Harry et al. (1991) definem o custo operacional de máquinas como o resultado do valor investido no equipamento mais os custos de operação e manutenção, podendo ser dividido em custos fixos, variáveis e administrativos.

Conhecendo, portanto, o custo operacional total das operações que integram o processo de colheita, bem como o volume de madeira colhido, pode-se estabelecer o custo de produção, ou seja, o custo do metro cúbico colhido, seja ele mecanizado, seja semimecanizado.

O conhecimento dos custos é de suma importância para o planejamento econômico e controle de gastos nas operações de colheita florestal.

2.3.1. Custos Fixos

Os custos fixos podem ser definidos como aqueles que não variam com a quantidade de horas de operação e independem da produção, ou seja, ocorrem independentemente se a máquina está produzindo ou não (LOPES, 2007).

Destacam-se como componentes de custo fixo a depreciação, seguros, juros e o custo de abrigo, sendo a depreciação de maior expressividade (SAMPAIO et al., 2021). A depreciação refere-se ao processo natural de desvalorização da máquina ao longo de sua vida útil, podendo ocorrer em razão do uso, tempo (ferrugem, desgaste) e desatualização ou obsolescência (BALASTREIRE, 1990).

Os juros são obtidos a partir do capital destinado à compra de um determinado ativo, assim, à medida que ocorre o investimento o empreendedor deixa de auferir os juros referentes ao valor do equipamento ou maquinário, passando a contextualizar custo de oportunidade (SANTOS et al., 2013). Quando se compra uma máquina ou equipamento com resgate de capital de fundo de investimentos, perde-se os juros auferidos, resultando no custo em questão.

2.3.2. Custos Variáveis

Os custos variáveis podem ser definidos como aqueles que variam em razão da produção (VELTER e MISSAGIA, 2010), ocorrendo a partir de uma unidade produzida. Para os maquinários, destacam-se como componentes de custo variável o combustível, manutenção e reparos, óleos e lubrificantes e custos de mão de obra. O custo de combustível corresponde a um dos principais itens formadores do custo operacional de máquinas florestais, sendo o cálculo baseado no preço do combustível e nas taxas de consumo do maquinário (FERNANDES e LEITE, 2001; ASAE, 2001).

O custo com lubrificantes refere-se ao consumo de óleos, graxas e demais lubrificantes, podendo ser estimado por um percentual de 25% do custo de combustível (SANTOS et al., 2013).

Os reparos e manutenções correspondem a uma modalidade de custos destinados às manutenções e reparos das máquinas durante sua vida útil. Segundo a ASAE - *American Society Of Agricultural Engineers* (2001), tais custos apresentam grande variabilidade, sendo normalmente uma tarefa complexa a sua estimativa. Ocorrem em decorrência das condições operacionais, com tendência de aumento em razão da vida útil da máquina.

O custo de mão de obra normalmente corresponde ao custo com operadores e está diretamente ligado ao pagamento de salários, encargos sociais, seguros e benefícios (KANTOLA e HARSTELA, 1994; SILVA et al., 2005).

2.3.3. Custos Administrativos

São os custos indiretos relacionados com a administração do trabalho e do maquinário. Pode ser definido em relação a um percentual do somatório dos custos fixos e variáveis, normalmente, de 5% a 10% (MACHADO, 2014).

2.4. Rendimento operacional nas atividades de colheita florestal

A realização de estudos que visem conhecer a capacidade produtiva e as possíveis variáveis que interferem no rendimento de máquinas e equipamentos da colheita florestal tornou-se uma preocupação crescente das empresas florestais, visando ao desenvolvimento de técnicas que melhorem o desempenho operacional e a eficiência das máquinas, maximizando a produtividade e reduzindo os custos de produção (SILVA et al., 2003). Seixas (1998) e Malinovski et al. (2008) afirmam que o rendimento operacional na colheita depende de diversos fatores dos quais se destacam: aspectos climáticos, capacidade de suporte do terreno, relevo, características das árvores, características da floresta e do sistema de colheita, capacitação do operador e características dos maquinários e equipamentos empregados.

2.5. Qualidade na colheita semimecanizada

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre o controle de qualidade na área florestal se deram no início dos anos 1980 (TRINDADE et al., 2007). A partir de 1993, com a implantação nas indústrias de sistemas de Qualidade Total, as empresas florestais integradas também implantaram programas de Qualidade. De acordo com Campos (1992), o controle de qualidade é um modelo gerencial centrado no controle do processo, tendo como meta a satisfação das necessidades das pessoas. Para Lourenço Filho (1981), o processo de qualidade vai além de uma simples inspeção realizada no produto acabado, destacando que o moderno controle de qualidade deve atuar em todas as fases do processo produtivo, sendo a sua diretriz evitar a produção de itens de qualidade insatisfatória, em lugar de separá-los no final da produção.

Apesar de a gestão de qualidade apresentar uma relação mais sólida com o setor industrial, esta prática tem se apresentado cada vez mais relevante nas atividades de produção florestal, incluindo a silvicultura e colheita florestal. Terezan et al. (2016) destacaram a aplicação do controle de qualidade na colheita em uma empresa do setor de celulose e papel, localizada nos estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo.

Para atender ao processo de qualidade, faz-se necessário atender não apenas a qualidade propriamente dita, mas também outros quesitos relacionados ao custo, atendimento, moral, segurança e meio ambiente. Muitos são os problemas de qualidade no processo de colheita semimecanizada, principalmente pelos tipos de equipamentos utilizados, baixa qualificação profissional e falta de capacitação dos operadores. A colheita destaca-se como a fase mais importante do ponto de vista técnico-econômico e inclui as etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento); e de extração e carregamento (MACHADO et al., 2008). Os problemas nesta atividade se relacionam ao corte, muitas vezes realizado fora das técnicas corretas, ocasionando perdas de produção e de qualidade e aumento dos custos, seja pelo toco remanescente fora do padrão (perda de madeira), escoriações nas cepas (impactos na produção futura), formação de espetos, rachaduras, despadronização no tamanho dos toretes, recobrimento dos tocos com

mortalidade das brotações, entre outras. Segundo Jacovine et al. (2005), a melhoria da qualidade do processo pode ser alcançada com investimento em treinamento dos operadores e com a implantação de um sistema efetivo de controle.

A padronização das atividades por meio do desenvolvimento de procedimentos operacionais deve ser estabelecida para manter a empresa dentro dos padrões previamente definidos, passando, assim, para um ciclo SDCA (Standard - Do - Check - Act), até que uma nova melhoria seja possível, situação que devemos voltar novamente ao planejamento (SOARES, 2018). O aperfeiçoamento das técnicas e das operações de colheita florestal alcançadas na gestão de qualidade proporcionam aumento da produtividade, redução dos custos, minimização de danos ao meio ambiente e dos riscos de acidentes, contribuindo com o desenvolvimento sustentável e competitividade das empresas florestais (PEREIRA et al., 2015).

Normalmente, os maiores ganhos de qualidade são relacionados com a minimização de perdas, e não com ganhos diretos. Isto é, evitando os prejuízos causados pela não qualidade (MOURA et al., 2013). Estudos realizados por Machado et al. (1990) indicaram que 14,82% das cepas atingidas durante o arraste florestal não brotaram, em virtude dos danos mecânicos, indicando a importância na adoção de técnicas adequadas para melhoria da qualidade do processo.

Existem várias técnicas para padronização e implementação de gestão de qualidade no processo de colheita florestal, incluindo brainstorming, fluxogramas, ferramentas 5W + 2H, diagrama de espinha de peixe e histogramas, podendo ser utilizadas de forma integrada para maior eficiência (TRINDADE et al., 2007). Segundo o mesmo autor, com a necessidade de as empresas serem cada vez mais competitivas, elas têm sido forçadas a buscar novos modelos de sobrevivência e de desenvolvimento, com a implantação de diversas normas de padronização.

3. REFERÊNCIAS

- ANDREON, B. C. **Análise de custos do corte florestal semimecanizado em regiões declivosas no sul do Espírito Santo**. Jerônimo Monteiro-ES: UFES, 2011, 33 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Espírito Santo).
- ASAE (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS). **Standards 2001: machinery, equipment and buildings: operating costs**. Iowa, Ames, 2001.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990, 307 p.
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle de qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992, 220 p.
- COLETTI, J.; BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S. Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheira dos com uso de ferramentas de controle de qualidade. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 135 – 140, 2010.
- FERNANDES, H. C.; LEITE, A. M. P. Proposta de uma metodologia para ensaio de máquinas colhedoras de madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5, 2001, Porto Seguro. **Anais...** Viçosa: UFV, 2001. p. 227- 239.
- HARRY, G. G.; FONTES, J. M.; MACHADO, C. C.; SANTOS, S. L. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV, 1991, p. 57-75.
- JACOVINE, L. A. G; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. D.; LEITE, H. G.; MINETTI, L. J. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005.
- KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriadas as operações florestais em países em desenvolvimento**: parte 2: transporte de madeiras e construção de estradas. Helsinki: Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo, 1994. 202 f.
- LABELLE, E. R.; SOUCY, M.; CYR, A.; PELLETIER, G. Effect of Tree Form on the Productivity of a Cut-to-Length *Harvester* in a Hardwood Dominated Stand. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 37, p. 175-183, 2016.
- LASPA, O.; NURMI, J. Geometrical thinning in energy wood harvesting. **International Journal of Forest Engineering**, v. 29, p. 171-178, 2018.
- LEHTIMAKI, J.; NURMI, J. Energy wood harvesting productivity of three harvesting methods in first thinning of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 3383-3388, 2011.

LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de Pinus com cabeçote *Harvester* em diferentes condições operacionais. **Revista Floresta**, v. 37, n. 3, p. 305-313, 2007.

LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. C. Produtividade do trator florestal *chocker skidder* na extração de madeira em terrenos declivosos. **Revista Floresta**, v. 45, n. 3, p. 625-634, 2015.

LOURENÇO FILHO, R. C. B. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981, 223p.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3.ed. Editora UFV, Viçosa, 2014, 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**, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Editora UFV, Viçosa, 1988, 65p.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (coord.). **Colheita florestal**. Editora UFV, Viçosa, 2008, p. 15-42.

MACHADO, C. C.; IGNÁCIO, A. S.; VALE, A. B.; SOUZA JÚNIOR, H. S. S. Efeito da extração de madeira com guincho arrastador na brotação do *Eucalyptus alba*. **Revista Árvore**, v. 14, n. 1, p. 55-60, 1990.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2.ed. Editora UFV, Viçosa, 2008, p. 161-184.

MEGLIORINI, E. **Custos: Análise e Gestão**. 3.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

MOURA, A. C. A.; RAMIRO, G. A.; ANDRADE, C. M. **Controle de qualidade de operações florestais na Fibria Celulose S/A**. In: Internacional Pulp and Paper Congress, 46, 2013, São Paulo. 10p.

MOURA, J. P. V. M.; MELO, R. A. T.; LIMA CHAVES, M. P.; MÔRA, R. Análise técnica e econômica de sistema de extração de toras longas de *Tectona grandis* com trator arrastador adaptado em floresta plantada. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 4, p. 783-789, 2019.

OLIVEIRA, G. S.; GARCIA, B. M.; SOARES, P. R. C.; SILVA, M. T. S.; SAMPIETRO, J. A.; DINIZ, C. C. C. Gestão da qualidade com ênfase no setor florestal. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 97-105, 2019.

- PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. S.; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do *feller buncher* e *skidder* na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 981-989, 2015.
- RODRIGUES, C. K.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA, D.; SAMPIETRO, J. A. Influência do volume das árvores no desempenho do processador florestal *harvester* em povoamento de eucalipto. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 2, p. 237-242, 2018.
- SAMPAIO, I.; MACHADO, C.; SILVA, V.; ZANUNCIO, J. Influence of the depreciation method on the wood transport cost. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 145-156, 2021.
- SANTOS, D. W. F. N.; FERNANDES, H. C.; VALENTE, D. S. M.; LEITE, E. S. Análise técnica e econômica de dois subsistemas de colheita florestal de toras curtas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n. 2, p 5516, 2018.
- SANTOS, P.; SOUZA, A.; MARZANO, F.; MINETTE, L. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com *Clambunk Skidder*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 511-518, 2013.
- SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal**. Piracicaba: ESALQ, LCF, 1998, 125 p.
- SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do “*Feller-buncher*” utilizado na colheita de eucalipto. **Revista Cerne**, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.
- SILVA, M. L.; JACOVINE, A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Editora UFV, Viçosa, 2005, 178 p.
- SOARES, P. R. C. Gestão de qualidade. **Revista Opiniões**, n. 52. p. 20-21, 2018.
- TEREZAN, L. H; BERNARDI, M.; SILVA, A. I. G. Controle de Qualidade Florestal na Eldorado Brasil S.A. In: REUNIÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DO PROGRAMA COOPERATIVO SOBRE SILVICULTURA E MANEJO, 50, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 2016, v. 24, n. 45.
- TRINDADE, C.; REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. G.; SARTÓRIO, M. L. **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal**. 2.ed. Editora UFV, Viçosa, 2007. 159p.
- VATRAZ, S.; BORGES, F. Q. Procedimentos de controle do volume de madeira estimado e colhido em um plantio de *Pinus spp.* no Paraná. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 445-453, 2014.
- VELTER, F.; MISSAGIA, L. R. **Contabilidade de Custos e Análise das Demonstrações Contábeis**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2010, 320 p.

4. ARTIGO 1

ANÁLISE DA QUALIDADE NO CORTE FLORESTAL SEMIMECANIZADO

RESUMO

A gestão de qualidade visando à análise de possíveis não conformidades nas operações de colheita florestal semimecanizada é uma prática ainda pouco consolidada para a realidade de pequenos e médios produtores. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade no corte florestal semimecanizado, em povoamentos de eucalipto, localizados no estado de Sergipe. Foram avaliados sete itens para se inferir sobre a qualidade do processo de colheita, sendo estes: altura das cepas e faixa de fratura fora dos padrões, presença de cepas com espetos, presença de cepas com rachaduras e danificadas, toras com comprimento fora do padrão e toras com ganchos. Analisou-se 100 amostras para cada item de qualidade avaliado. De acordo com os resultados, em média, ocorreu presença de espetos em 27% das cepas, presença de rachaduras em 39,1%, cepas danificadas totalizaram 20% e presença de ganchos 13,5%. Cepas com altura fora do padrão representaram 84,5% das avaliações. Para a altura da faixa de fratura, em média, 48,5% das amostras ficaram fora do padrão estabelecido. Em relação ao tamanho dos toretes, 61% apresentaram comprimento fora do padrão determinado pela empresa. Os itens avaliados demonstraram qualidade irregular nas atividades de corte florestal semimecanizado, sendo recomendada a inserção de cursos de capacitação e treinamentos entre os operadores para melhoria do processo.

Palavras-chave: colheita semimecanizada; eucalipto; controle de qualidade.

ABSTRACT

Quality management with a view to analyzing possible non-conformities in semi-mechanized forest harvesting operations is a practice that has not yet been consolidated in the reality of small and medium-sized producers. The aim of this study was to assess the quality of semi-mechanized forest harvesting in *eucalyptus* stands located in the municipality of Itaporanga D'Ajuda, in the state of Sergipe. Seven items were assessed in order to infer the quality of the harvesting process: stump height and fracture band, presence of stumps with spikes, cracks and damage, logs with lengths outside the standard and logs with hooks. A total of 100 repetitions were used for each quality item assessed.

According to the results, on average, 27% of the stumps had spikes, 39,1% had cracks, 20% had damaged stumps and 13,5% had hooks. Stumps with non-standard heights accounted for 84,5% of the evaluations. On average, 48,5% of the samples were outside the established standard for the height of the fracture band. With regard to the size of the logs, 61% had a length outside the standard set by the company. The items evaluated showed irregular quality in semi-mechanized forest felling activities, and it is recommended that operators be given training courses to improve the process.

Keywords: semi-mechanized harvesting; *eucalyptus*; quality control.

Introdução

Após a revolução industrial, para atender às exigências dos consumidores, organizações atuantes nos diferentes setores da economia, passou-se a utilizar abordagens preventivas, aplicando as características da qualidade em seus processos produtivos e, conseqüentemente, evitando que falhas nos produtos cheguem até os clientes (Trindade et al. 2012).

Juran (1998) destaca dois significados para o termo qualidade. O primeiro, com orientação para a renda, está relacionado aos atributos do produto que atendem às necessidades dos clientes; e o segundo, orientado para os custos, em razão da ausência de defeitos. É fundamental que os sistemas implantados nas empresas sejam voltados à satisfação de seus clientes, colocando em prática o que foi exposto por Montgomery (2004), que atribui ao conceito de qualidade a adequação ao uso de produtos e serviços, visto que estes devem atender às especificações dos seus usuários.

Na atividade florestal, as primeiras mudanças ocorreram no início da década de 1980. Com o passar dos anos, a gestão de qualidade passou a ocupar uma importância estratégica, principalmente nas grandes empresas do segmento florestal.

É muito importante que os povoamentos florestais satisfaçam as necessidades do mercado, com práticas de boa gestão da qualidade para melhoria de produção, e, assim, permanecer em um ambiente competitivo (Trindade et al. 2012).

O controle de qualidade é muito utilizado nas grandes empresas do setor florestal brasileiro, com padrões estabelecidos pelos gestores das áreas, e avaliações com amostragem preestabelecidas para análise das possíveis não conformidades nas operações. Algumas organizações não estão acompanhando o ritmo do desenvolvimento e uso de ferramentas para gestão da qualidade. A justificativa para tal fato são as poucas pesquisas divulgadas que comprovem a viabilidade e eficácia destes procedimentos. Enfim, tornam-se necessários estudos que auxiliem na gestão da qualidade nas atividades de colheita florestal (Oliveira et al. 2019), de forma a promover ganhos, seja pela redução de falhas ou melhorias de processos operacionais.

O objetivo desta pesquisa foi promover uma avaliação de qualidade em um sistema de colheita florestal semimecanizado, em plantios de eucalipto, localizados no estado do Sergipe.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em um plantio florestal inserido nas coordenadas geográficas 11°05' 27" S e 37°15' 89" O, localizado no estado do Sergipe. A empresa possui 2.944 ha de área total, com a área de plantio totalizando 1.152 ha. A região possui terreno plano a levemente ondulado. O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é tropical, com estação seca de verão (As) (Kottek et al. 2006), em que a estação chuvosa ocorre entre os meses de abril e agosto; e a estação seca, de setembro a março (CPTEC/INPE 2018). A avaliação foi realizada em plantios clonais de eucalipto, com idades de 4,5 anos e 9 anos.

Avaliação de qualidade no corte florestal semimecanizado

A avaliação da qualidade no processo de corte florestal semimecanizado foi baseada na metodologia de Trindade et al. (2017). Foram avaliadas 100 amostras para cada uma das variáveis analisadas, sendo estas: altura das cepas, presença de espetos, presença de rachaduras nas cepas, altura da faixa de fratura, toras com presença de ganchos e comprimento de toras fora dos padrões adotados pela empresa (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos fatores da qualidade avaliados no processo de corte florestal semimecanizado.

Item	Especificação
Altura das cepas	Considerada dentro do controle de qualidade uma altura entre 10 e 13 cm.
Cepas danificadas	Cepas cobertas por galhos, folhas, cascas, madeira.
Cepas com espetos	Número de cepas com lascas desprendidas da tora e que ficaram presas na cepa, com lascas acima de 5 cm.
Cepas rachadas	Número de cepas que apresentaram fendas em parte de sua superfície, ocasionadas pelo corte e derrubada.
Altura da faixa de fratura	A faixa de fratura corresponde à diferença de altura entre a base do entalhe direcional e o corte de derrubada da árvore. O padrão estabelecido foi um filete de fratura ou desnível com 1 a 3 cm.
Toras com ganchos	Presença de ganchos ou galhos presos a tora. Foram consideradas como padrão de qualidade as toras com ganchos menores do que 5 cm.
Comprimento de toras	O comprimento de toras é estabelecido pela empresa, e portanto, é considerado dentro dos padrões de qualidade $1,20\text{ m} \pm 5\text{cm}$.

Descrição do processo operacional da colheita florestal

O sistema de colheita utilizado é classificado como o de toras curtas (Machado 2008) com o método de corte semimecanizado. A carga horária dos funcionários é de 8 horas diárias, iniciando-se às 6 horas da manhã e finalizando às 16h, de segunda a sexta. Foram avaliadas duas equipes de corte, sendo cada equipe composta por um operador e um ajudante,

responsáveis pelos processos de derrubada, desgalhamento e traçamento das toras, no seu respectivo eito de trabalho. O desgalhamento é realizado com auxílio de facão pelos ajudantes, sendo as demais atividades realizadas pelo operador com auxílio da motosserra.

Durante a atividade de derrubada, o ajudante auxilia no direcionamento de queda das árvores por meio de uma fisga. Esse profissional também realiza a separação da galhada e a arrumação das toras nos eitos de corte, após o abate, desgalhamento e traçamento das toras. Após o corte de três eitos é feita a arrumação das toras, sendo um eito vazio, um eito com galhadas e um eito com toras. As toras são seccionadas com 2,40 m no talhão, sendo processadas novamente na margem das estradas com comprimento de 1,20 m.

Ferramentas para avaliação da qualidade

A análise do processo de qualidade na colheita florestal semimecanizada foi realizada por meio da estatística descritiva, por intermédio de gráficos de histogramas e análises de percentuais. Para elaboração dos gráficos, utilizou-se o programa Excel, versão 2019. Foram determinados os percentuais de conformidade e não conformidade para cada item de qualidade avaliado.

Resultados e discussão

Análise do processo de qualidade na colheita florestal semimecanizada

De acordo com os resultados, foi possível observar um baixo padrão de qualidade no processo de corte florestal semimecanizado nas áreas avaliadas. Os resultados demonstraram que os operadores tiveram qualidade irregular em todos os itens avaliados, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2. Variáveis analisadas e porcentagens de amostras fora dos padrões estabelecidos para o processo de qualidade no corte florestal semimecanizado.

Equipes de corte	Altura das cepas	Cepas danificadas	Cepas com espetos	Cepas rachadas	Toras com ganchos	Altura da faixa de fratura		Comprimento das toras	
						Abaixo	Acima	Abaixo	Acima
1	94%	16%	38%	48%	5%	24%	20%	8%	52%
2	75%	24%	16%	31%	22%	61%	2%	10%	52%
Média	84,5%	20%	27%	39,1%	13,5%	42,5%	11%	9%	52%

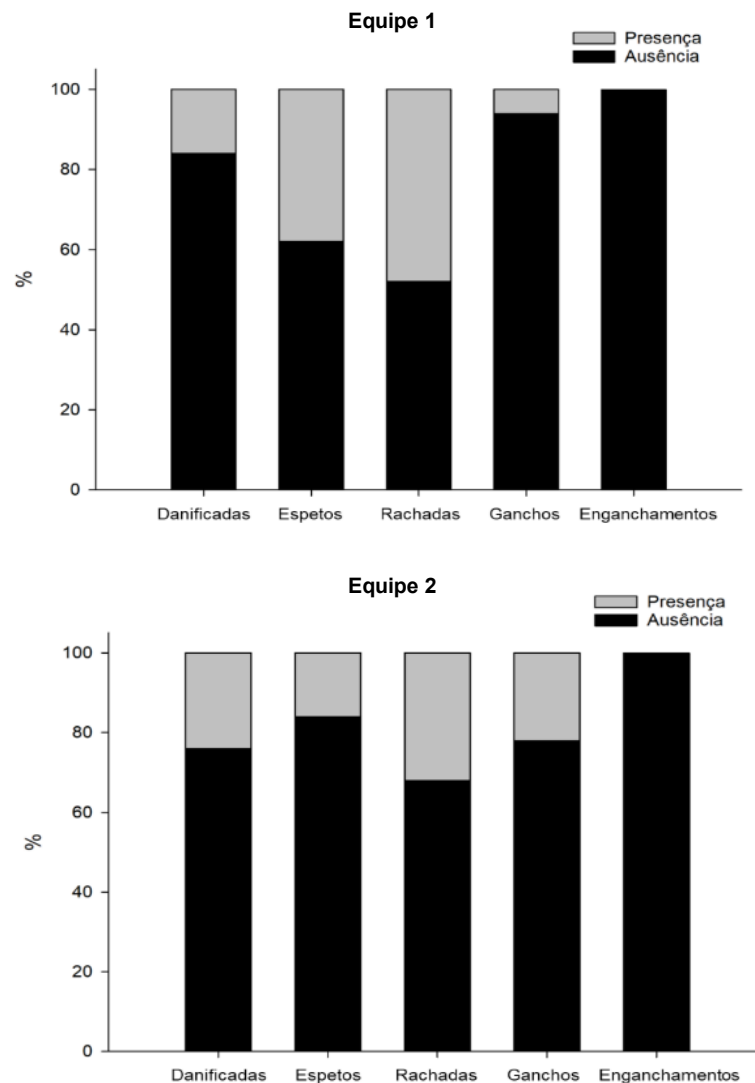
Cepas danificadas, Cepas com espetos, Cepas rachadas, Toras com ganchos

As médias percentuais de cepas fora dos padrões, para as duas equipes avaliadas, foram: 20,0; 27,0; 39,1% e 13,5, respectivamente, para cepas danificadas, com presença de espetos, rachadas e com presença de ganchos. Percebe-se a necessidade de cursos para treinamento e capacitação dos operadores, de forma melhorar o índice de qualidade nas operações florestais. Segundo Pereira et al. (2012), o treinamento constitui em uma medida plausível para que os parâmetros fora do padrão em relação às cepas rachadas e com presença de espetos sejam reduzidos. Jacovine (1996) e Jacovine et al. (2005), avaliando um sistema semimecanizado de colheita florestal, encontraram baixo percentual de cepas com presença de espetos, respectivamente, 4,18% e 1,50%, mostrando um padrão de qualidade superior em relação a presente pesquisa.

A presença de alto índice de cepas com rachaduras caracteriza-se também como falta de um padrão de qualidade na colheita florestal, podendo acarretar prejuízos na emissão de brotos. As rachaduras podem servir como rotas de entrada para patógenos e/ou água, facilitando o processo de apodrecimento das cepas (Pereira et al. 2012).

A figura abaixo ilustra o percentual de não conformidade e conformidade referente aos parâmetros avaliados no processo de corte florestal semimecanizado para as duas equipes de corte (Figura 1).

Figura 1. Porcentagem de cepas danificadas, com espetos, cepas rachadas e toras com formação de ganchos para as equipes 1 e 2.



Nota: *Presença: não conformidade; *Ausência: conformidade

No trabalho realizado pela equipe 2 foi observado maior porcentagem de cepas danificadas e com ganchos, com 24 e 22%, respectivamente (Figura 1).

A formação de toras com ganchos, pela falta de qualidade no desgalhamento, pode influenciar a estimativa de volume de madeira medido na pilha e ainda comprometer a eficiência energética do transporte. Neste último caso, a quantidade de madeira transportada

seria menor devido ao maior volume de espaços vazios entre as toras empilhadas no caminhão. A perda de eficiência energética se faz pela menor quantidade de toras transportadas por volume de combustível.

Os percentuais de cepas com formação de espetos e com rachaduras foram menores na equipe 2, apesar dos valores expressivos (Fig. 1). Isso provavelmente ocorreu devido ao fato do operador realizar a abertura da boca de corte, situação esta não observada no trabalho realizado pela equipe 1. Os problemas de qualidade observados nas duas equipes podem ser minimizados com o treinamento dos operadores de motosserras. Com treinamentos integrados ao processo de colheita, torna-se possível uma operação mais segura, com menores riscos de acidentes, com maior produtividade, melhor eficiência e menores custos, o que possibilitará uma colheita mais sustentável (Lopes et al. 1997).

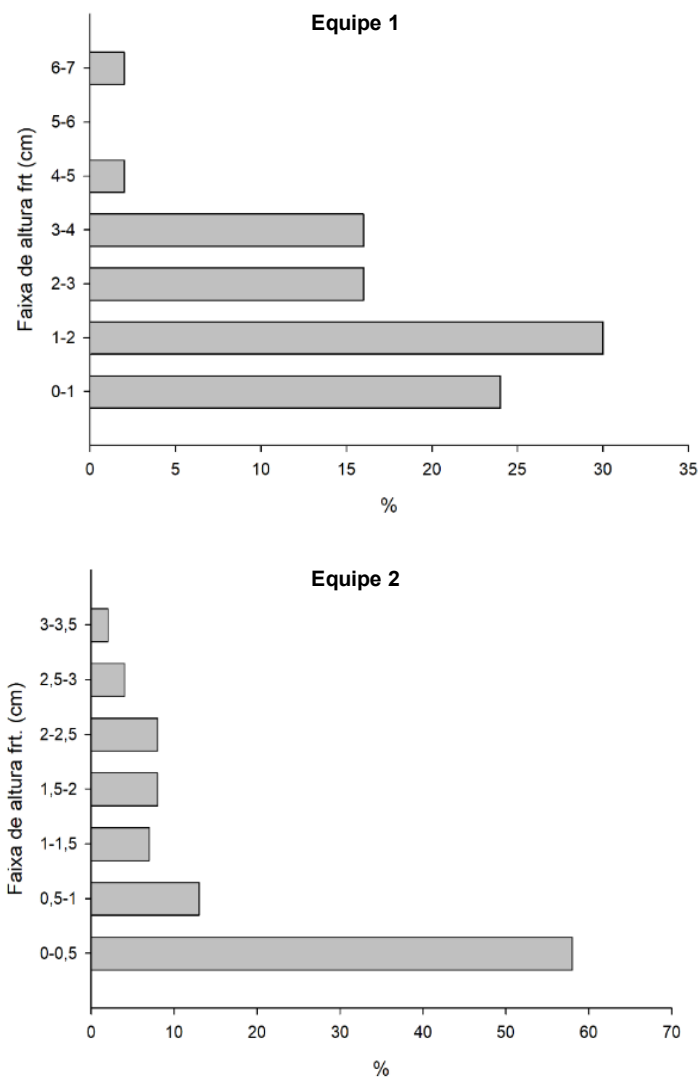
Altura da faixa de fratura

Para a equipe 1, a altura da faixa de fratura apresentou 34% de amostras fora do padrão estabelecido, sendo que 24% abaixo e 20% acima do limite estabelecido para o controle de qualidade (Figura 2). O atendimento à especificação da altura da faixa de fratura é importante no direcionamento de queda da árvore, na prevenção de acidentes e na qualidade da tora (Jacovine et al. 2005).

O corte de derrubada feito no mesmo nível ou abaixo da base do entalhe direcional pode inverter a direção de queda da árvore, dificultando a realização das operações subsequentes e aumentando o risco de acidentes (Pereira et al. 2012). Já o corte de derrubada muito acima da boca de corte e/ou formação de filete de ruptura mais largo, poderá causar um lascamento da árvore, ou de parte do fuste, e formar o que se denomina “cadeira de barbeiro” – causado principalmente pelo filete de ruptura mais largo, interrompendo o corte de abate antes do momento ideal (Jacovine et al. 2005; Sant’anna 2008).

Para a equipe 2, a altura da faixa de fratura apresentou 63% de amostras fora do padrão estabelecido, sendo que 61% ficou abaixo (1 cm) e 2% acima (3 cm) do valor estabelecido para o controle de qualidade (Figura 2.

Figura 2. Histograma ilustrando a frequência da faixa de fratura encontrada (equipe 1 e 2), dentro das respectivas classes, com limite de especificação de 1 a 3 cm para o corte semimecanizado.



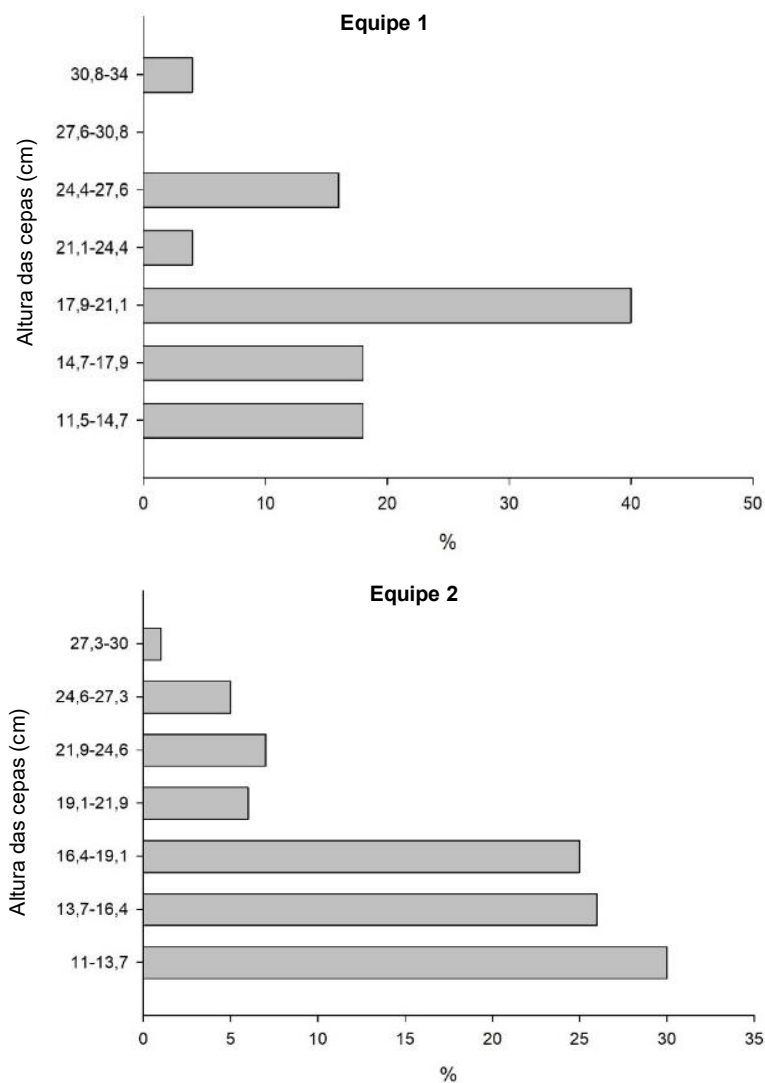
Altura das cepas

Para as duas equipes de corte avaliadas, verificou-se que a especificação referente à altura das cepas não foi atendida, sendo observada a presença de tocos com altura nas classes superiores ao padrão estabelecido.

A altura da cepa recomendada pela empresa ficou entre 10 e 13 cm do solo. Quando as cepas apresentam altura superior ao valor recomendado, a rolagem das toras poderá ficar comprometida no processo de extração manual (Jacovine et al. 2005).

Os dados encontrados em relação à altura das cepas foram projetados em um histograma (Figura 3). Observou-se que a altura das cepas apresentou uma amplitude de 11,5 a 34 cm para a equipe 1, sendo que apenas 6% das amostras enquadraram do padrão recomendado (10 – 13 cm). No caso da equipe 2, a altura das cepas apresentou uma amplitude de 11 a 30 cm, sendo que 15% das amostras ficaram dentro do padrão recomendado (10 – 13 cm). A porcentagem de cepas com altura acima do limite especificado foi superior a 85% para as duas equipes de corte avaliadas, ilustrando a falta de qualidade no processo da colheita semimecanizado. A altura da cepa acima do limite recomendado, além de dificultar as operações subsequentes como a extração, aumenta o risco de acidentes e proporciona perda de madeira (Pereira et al. 2012).

Figura 3. Histograma ilustrando a frequência relacionada a altura de cepas no corte florestal semimecanizado, para as equipes 1 e 2, dentro das respectivas classes.



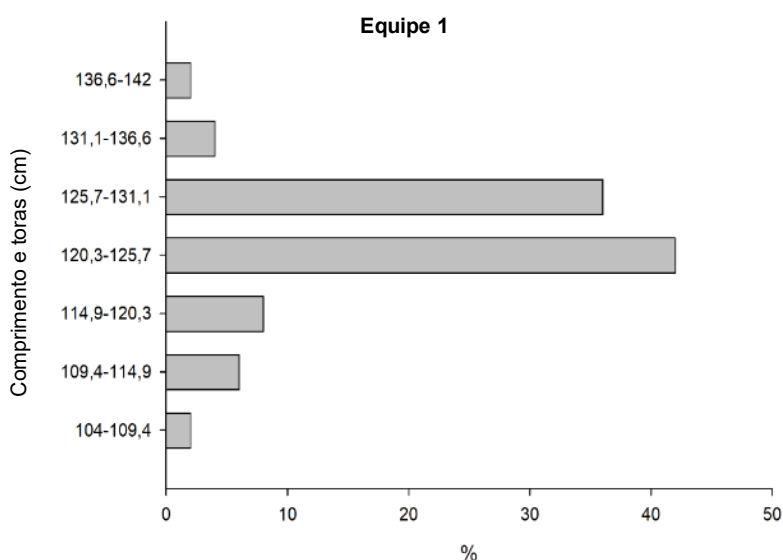
Comprimento de toras

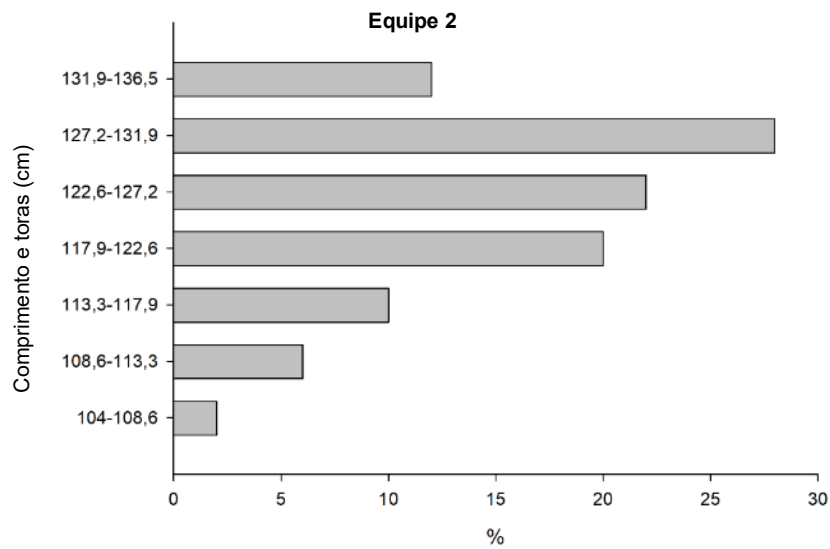
Observou-se que, para a variável comprimento das toras, 8% das amostras ficaram abaixo do limite inferior estabelecido pela empresa, e 52% acima do limite máximo, para a equipe 1 (Figura 4), totalizando 60% das amostras fora do padrão. Em relação à importância no

atendimento do padrão estabelecido para esta variável, pode-se destacar o cálculo do volume de madeira. Ao se calcular o volume de madeira, seja na pilha, no caminhão ou no pátio, considera-se o comprimento estabelecido pela empresa, assim, se o comprimento varia, o cálculo do volume pode indicar um valor abaixo ou acima do que realmente existe (Jacovine et al. 2005).

Para a equipe 2, o comprimento das toras apresentou variação de 104 a 136,5 cm (Figura 4), sendo que 62% das amostras ficaram fora do padrão estabelecido (115 a 125 cm), ou seja, 10% abaixo do limite inferior estabelecido para o controle de qualidade e 52% acima do limite máximo.

Figura 4 - Histograma ilustrando a frequência relacionada ao comprimento das toras, dentro das respectivas classes, com limite de especificação máximo de 120 +/- 5 cm para o corte semimecanizado (equipes 1 e 2).





Conclusões

Todos os parâmetros de qualidade avaliados mostraram percentuais expressivos de não conformidade, indicando a necessidade de melhoria no corte florestal semimecanizado por meio de treinamentos e cursos de capacitação.

A gestão de qualidade mostrou-se como uma ferramenta de planejamento eficaz para redução de perdas, melhoria de rendimento, redução de custos e dos riscos de acidentes, contribuindo para a sustentabilidade do processo da colheita florestal semimecanizada.

Literatura Citada

[CPTEC/INPE]. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2018. Boletim informativo climático. Centro de previsão de tempo e estudos climáticos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Jacovine LAG, Machado CC, Souza AP, Leite HG. 2001. Avaliação da perda de madeira em cinco subsistemas de colheita florestal. *Rev Árvore*. 25(4):463-70.

Jacovine LAG. 1996. Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação dos custos da qualidade na colheita florestal semimecanizada [dissertação]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa. 109 f.

Juran JM. 1998. How to think about quality. In: Juran JM, Godfrey AB, editors. *Juran's quality handbook*. New York (NY): McGraw Hill. p. 18.

Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*. 15(3):259-63. doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

Lopes ES, Souza A, Machado C, Neves A. 1997. Avaliação do treinamento de operadores de motosserra no corte florestal – um estudo de caso. *Revista Árvore*. 21(3): 369-376.

Machado CC, Silva EN, Pereira RS. 2008. O setor florestal brasileiro. In: Machado CC, coordenador. *Colheita florestal*. Viçosa (MG): Editora UFV. p. 15-42.

Montgomery DC. 2004. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC. 513 p.

Oliveira GS, Garcia BM, Soares PRC, da Silva MTS, Sampietro JA, Diniz CCC. 2019. Gestão da qualidade com ênfase no setor florestal. *Scientia Agraria Paranaensis*. 18(2): 97-105.

Pereira DP, Fiedler NC, Guimarães PP, Môra R, Bolzan HMR, Plaster OB. 2012. Avaliação da qualidade do corte florestal com motosserra. *Cerne*. 18(2):197-203. doi:10.1590/S0104-77602012000200003.

Sant'Anna CM. 2008. Corte. In: Machado CC, editor. *Colheita florestal*. 2ed. Viçosa (MG): UFV. p. 66-96.

Trindade C, Jacovine LAG, Rezende JLP, Sartorio ML. 2012. *Gestão e controle da qualidade na atividade florestal*. Viçosa (MG): Editora UFV.

Trindade C, Jacovine LAG, Rezende JLP, Sartorio ML. 2017. *Gestão e controle da qualidade na atividade florestal*. 2ed. Viçosa (MG): Editora UFV.

5. ARTIGO 2

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA NO CORTE FLORESTAL SEMIMECANIZADO

RESUMO

As análises de ordem técnica e econômica no corte florestal semimecanizado são essenciais para o planejamento das atividades de colheita. O objetivo deste trabalho foi promover uma análise técnica e econômica no corte florestal semimecanizado, em plantios florestais de eucalipto, localizados no município de Itaporanga D'Ajuda, no estado de Sergipe. A análise técnica consistiu no estudo de tempos e movimentos nas atividades de corte semimecanizado, incluindo o deslocamento entre árvores, corte de abate, desgalhamento e traçamento. A maior parte do tempo efetivo do ciclo operacional foi consumida na etapa de desgalhamento. A produtividade por hora efetiva foi de 3,10 m³.he⁻¹. O estudo mostrou boa eficiência operacional (83,24%) e disponibilidade mecânica (91,70%) dos maquinários. A análise econômica baseou-se no custo operacional da colheita semimecanizada, no custo de produção e na análise de sensibilidade. O custo operacional por hora efetiva de trabalho foi de R\$ 85,44, destacando-se como custo fixo a depreciação, e, como custo variável, a mão de obra. O custo de produção foi de R\$ 27,60 he⁻¹. O custo de mão de obra foi a variável que mais influenciou o custo de produção na análise de sensibilidade, proporcionando um adicional de R\$ 3,42 no referido custo, quando do aumento de 10% para mais. De posse desse estudo, pode-se concluir que as análises técnica e econômica constituíram como fatores essenciais para o planejamento de uma colheita florestal sustentável.

Palavras-chave: colheita florestal, custo operacional, produtividade da colheita semimecanizada.

ABSTRACT

Technical and economic analyses of semi-mechanized forest felling are essential for planning activities, making it possible to reduce production costs and achieve sustainable harvesting. The aim of this study was to carry out a technical and economic analysis of semi-mechanized forest felling in *eucalyptus* plantations located in the municipality of Itaporanga D'Ajuda, in the state of Sergipe. The technical analysis consisted of a time and motion study of semi-mechanized felling activities, including moving between trees, felling, delimiting and tracing. Most of the effective time of the operational cycle was

consumed in the delimiting stage. Productivity per effective hour was 3.10 m³.he⁻¹. The study showed good operational efficiency (83,24%) and mechanical availability (91,70%), mainly due to the good condition of the machinery during the activities. The economic analysis was based on determining the operating cost of semi-mechanized harvesting, production cost and sensitivity analysis. The operating cost per effective hour of work was R\$ 85,44, with depreciation as the fixed cost and labor as the variable cost. The cost of labor was the variable that most influenced the cost of production in the sensitivity analysis, providing an additional R\$ 3,42 in that cost, when increasing it by 10%. Based on this study, it can be concluded that technical and economic analysis are essential factors for planning a sustainable and competitive forest harvest.

Keywords: Timber harvesting, operating costs, semi-mechanized harvesting productivity.

Introdução

A atividade de colheita florestal semimecanizada apresenta grande importância social, pela sua capacidade de gerar emprego e renda, e econômica, dada a expressiva participação no custo da madeira posto fábrica (Bettinger et al. 2009).

A cadeia do segmento florestal é caracterizada por etapas que incluem a produção de florestas, a colheita e a transformação da matéria-prima em produto final. Entre as etapas, destaca-se a colheita florestal, principalmente pela diversidade de fatores envolvidos e pela grande representatividade no custo da madeira posto fábrica (Silva et al. 2014). Essa atividade pode representar mais da metade do custo final da madeira posto na fábrica. Nesse contexto, a racionalização das operações pode contribuir para a redução dos custos operacionais, o que implica a necessidade de estudos que visem à otimização das atividades (Moreira 1992). Tais estudos auxiliam na seleção de máquinas e equipamentos a serem adotados na colheita florestal e constitui um dos grandes desafios para a redução dos custos finais da madeira (Burla et al. 2012), principalmente em processos mecanizados.

Na colheita florestal é essencial os estudos de ordem técnica e econômica das atividades. Por meio da análise técnica, é possível obter informações precisas sobre o rendimento de cada etapa do processo produtivo, auxiliando as intervenções para melhoria do sistema. Por meio da determinação e análise do custo operacional, torna-se possível identificar os componentes de maior expressividade (Santos et al. 2016), permitindo um controle mais eficiente na gestão econômica. O estudo econômico no processo da colheita auxilia, portanto, no planejamento, pois busca otimizar o custo de produção, permitindo uma gestão sustentável para a atividade (Moura et al. 2019).

Esta pesquisa teve como objetivo promover uma análise técnica e econômica no processo de corte florestal semimecanizado, em plantios clonais de eucalipto, no estado do Sergipe.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em plantios clonais de eucalipto em Sergipe. A empresa possui 2.944 ha de área total, com 1.152 ha de área útil para plantio. A região possui terreno plano a levemente ondulado. O solo do local é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. O clima predominante na região é tropical, com estação seca de verão (As) (Kottek et al. 2006), em que a estação chuvosa ocorre entre os meses de abril a agosto e a estação seca de setembro a março (CPTEC/INPE 2018).

A pesquisa foi desenvolvida em duas áreas, sendo a área 1 com plantios do clone I 224, apresentando 4,5 anos de idade, com espaçamento de 3,5 x 2,5 metros. Já na área 2 foi implantado o clone BN 1407, que se encontrava com 9 anos de idade e com espaçamento de 4,0 x 2,25 metros, ambos para fins energéticos.

Caracterização da motosserra avaliada

Na operação foi utilizada a motosserra STIHL 361, de porte médio, com 59 cilindradas, 4,6 CV de potência e massa de 5,6kg (sem o combustível, sabre e corrente).

Caracterização do processo de colheita florestal avaliado

O sistema de colheita adotado é classificado como de toras curtas (Machado 2008), sendo as árvores derrubadas e processadas no local de corte, com auxílio de motosserras, sendo traçadas com comprimento de 2,40 cm. A equipe de corte é composta por um operador de motosserra e um ajudante. A carga horária de trabalho dos funcionários é de 8h, iniciando-se às 6h da manhã e finalizando às 16h, de segunda a sexta.

Durante a atividade de derrubada, o ajudante auxilia no direcionamento das árvores, com uso de uma fiska. Após o traçamento das árvores, o ajudante inicia a separação da galhada e arrumação das toras nos eitos de corte. A atividade de desgalhamento também é realizada pelos ajudantes, porém, forma manual com auxílio de facões. A cada três eitos executados, é feita a arrumação das toras, sendo um eito vazio, um com galhadas e o outro com toras.

Estudo de tempos e movimentos

Para estimar a quantidade de amostras necessárias foi realizado preliminarmente um estudo-piloto abordando os ciclos operacionais das atividades avaliadas. Em seguida, foi determinado o número mínimo de ciclos que atendessem a um erro de amostragem admissível máximo de 5%, com 95% de probabilidade (Barnes 1977), conforme equação 1.

$$n \geq \frac{T^2 + CV^2}{E^2} \quad (1)$$

Onde:

n = número mínimo de ciclos necessários;

t = valor de t, para o nível de probabilidade desejado e (n - 1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação (%);

E = erro de amostragem admissível a 95% de probabilidade.

Ciclo operacional do corte semimecanizado

A análise técnica foi realizada por meio da determinação dos tempos de trabalho em cada etapa do processo, sendo utilizado para esta finalidade um cronômetro digital. Os tempos coletados foram obtidos em segundos e separados em tempo produtivo e tempo improdutivo. O tempo produtivo foi dividido nas seguintes etapas:

- Deslocamento: iniciou-se no momento em que o operador se desloca do ponto onde se encontra a árvore por ele abatida até a próxima árvore a ser cortada.
- Derrubada: originou-se no momento em que o operador tocava a árvore a ser derrubada, com o sabre da motosserra, sendo concluída com a queda total da árvore.
- Desgalhamento: iniciou-se no momento em que o ajudante tocou com o facão no primeiro galho a ser desgalhado, e terminou quando a árvore foi destopada.
- Traçamento: iniciou-se no momento em que o operador fez a medição da primeira seção da tora para processamento, com auxílio de um gabarito, e terminou quando toda a tora foi seccionada.

Os tempos mensurados em cada etapa do ciclo operacional foram expressos em porcentagem, desconsiderando os tempos não efetivos. Foram considerados como tempos não

efetivos, os tempos de reparo e manutenção (abastecimento e afiação de corrente), tempo para lanche e as paradas para realização de necessidades fisiológicas.

Eficiência operacional e disponibilidade mecânica

A eficiência operacional e a disponibilidade mecânica foram obtidas por meio das equações abaixo:

$$DM = \frac{HT-HPM}{HT} * 100 \quad (2)$$

Onde:

DM = grau de disponibilidade mecânica;

HPM = quantidade de horas de paradas para manutenção;

HT = quantidade de horas totais.

$$EO = \frac{HE}{HE+HPO} * 100 \quad (3)$$

Onde:

EO = eficiência operacional;

He = quantidade de horas de trabalho efetivo;

HPO = quantidade horas de paradas operacionais.

Análise de custo do processo de corte florestal semimecanizado

O custo operacional total foi determinado pelo somatório dos componentes de custos fixos, variáveis e administrativos (Tabela 1). No que se refere aos custos fixos, foram avaliados a

depreciação, juros e impostos. No que tange aos custos variáveis foram avaliados os gastos com combustível, lubrificantes, óleo 2 tempos, correntes e salários dos operadores. Os custos administrativos foram calculados por meio de um percentual de 5% em relação ao somatório de custos fixos e variáveis (Freitas et al. 2004). O custo operacional total foi expresso em real por hora efetiva de trabalho (R\$.he⁻¹).

Tabela 1. Equações para estimativa do custo operacional total da motosserra avaliada.

Itens	Equações
Custos Fixos	
Depreciação	$Dp = \frac{Va - Vr}{N * hf}$
Impostos	$I = \frac{Ia}{hf}$
Juros	$J = \frac{Va * i * f}{hf}$
Custos Variáveis	
Combustível (gasolina)	$CC = Pu * c$
Lubrificantes	$CL = Pl * cl$
Óleo 2 tempos	$CO = Po * co$
Corrente	$CCR = Pcr / vuc$
Mão de Obra	$CMO = ((CS) + (CS * f)) / hf$
Custos Administrativos	
Custo de administração	$CAD = (CF + CV) * k$

Nota: Dp= custo de depreciação; Va = valor de aquisição da máquina; Vr = valor residual; N = vida útil; hf = hora efetiva de trabalho por ano; I = impostos; ia = licenciamento anual para uso do motosserra; J = juros; i = taxa anual de juros (8% a.a.); CC= Custo de combustível, Pu = preço do litro de combustível; c = consumo por hora efetiva; CL = custo de lubrificantes; Pl = preço do litro de lubrificante; cl = consumo de lubrificante por hora efetiva; CO = custo de óleo 2T; Po = preço do litro do óleo 2T; co = consumo de óleo 2T por hora efetiva; CCR= custo de corrente; Pcr = preço da corrente; vuc: vida útil da corrente; CMO = custo de mão de obra; CS= custo de salário anual (operador + ajudante); f= fator de encargos sociais (%); CAD= custo administrativo; CF= custos fixos; CV= custos variáveis; k = coeficiente de administração (5%).

O custo de produção foi estimado em reais por metro cúbico de madeira colhida (R\$.m⁻³), sendo calculado conforme a equação 4.

$$CTp = \frac{CT}{P} \quad (4)$$

Onde:

CTp = custo de produção (R\$.m⁻³);

CT = custo operacional total da motosserra (R\$.he⁻¹);

P = produtividade (m³.he⁻¹).

Análise de Sensibilidade

Para a análise de sensibilidade foi considerada uma variação de +/-10 e de +/-20% para algumas variáveis de custo operacional (depreciação, combustível, administração e mão de obra). Tais variáveis foram escolhidas em virtude da grande representatividade na composição do referido custo (Virgens et al. 2016). Os mesmos percentuais também foram aplicados sobre as variáveis técnicas produtividade do operador e horas efetivas de trabalho.

Resultados e discussão

Análise técnica

O grau de disponibilidade mecânica da motosserra foi de 91,7%, o que significa poucas falhas dos maquinários durante o processo operacional. Obteve-se uma eficiência operacional média de 83,24%, estando dentro do valor recomendado por Machado (1989), que sugere que os valores não sejam inferiores a 70%. Leite et al. (2013), avaliando o corte de eucalipto com motosserra, observaram eficiência operacional de 70,2% para uma equipe composta de um operador de motosserra e um ajudante.

Do tempo total programado para o trabalho, 30% foi despendido em interrupções, as quais ocorreram em maior parte devido ao repouso e às necessidades dos motosserristas (25%).

O trabalho com motosserra exige uma elevada carga de trabalho físico e, por isso, as pausas normalmente são esperadas (Souza et al. 2015; Leal e Carvalho 2011). A legislação brasileira sobre segurança do trabalho fornece limites e regime de pausas para descanso, sendo essenciais para restabelecer as condições de trabalho e evitar a fadiga do trabalhador (Brasil, 2017). As pausas permitem que o trabalhador possa recuperar a energia perdida, devido ao desgaste decorrentes das atividades realizadas, possibilitando um retorno ao trabalho mais eficiente e, conseqüentemente, com maior produtividade (Silva 2008; Fiedler et al. 2015). O tempo consumido para reabastecimento da motosserra contribuiu com 5% das interrupções.

As atividades que demandaram maior tempo do ciclo operacional foram o desgalhamento e o traçamento, com percentuais de tempo médio de 35,86% e 44,20%, respectivamente (Tabela 2). Tais atividades representaram mais de 80,00% do tempo médio total efetivo do ciclo operacional. O longo tempo demandado na execução do traçamento ocorreu devido à junção das operações de medição e traçamento na mesma atividade.

O desgalhamento apresentou-se como uma atividade representativa do ciclo operacional, sendo influenciada por diversos fatores. Segundo Salmeron (1980), o rendimento do desgalhamento dependerá do diâmetro da árvore e dos galhos, do comprimento do tronco e de qual ferramenta será utilizada.

A atividade de abate consumiu, em termos percentuais médio, 15,56% do tempo efetivo, e o deslocamento apenas 4,38%. O tempo consumido no deslocamento é influenciado pelo espaçamento entre as árvores no povoamento. Pereira (2011) afirma que a densidade do povoamento é um dos fatores de maior influência no tempo do ciclo operacional, pois, segundo o mesmo autor, quanto maior a densidade, menor é o tempo consumido no deslocamento para a busca e derrubada das árvores.

A distribuição dos tempos percentuais em cada etapa do ciclo operacional ilustrado na Tabela 2 demonstrou que, para as atividades de abate e traçamento, a área 1, composta pelos

operadores 1 e 2, apresentou os maiores tempos, apesar do maiores diâmetro e altura das árvores na área 2 (povoamento de maior idade e composto pelos operadores 3 e 4). Isso pode ser atribuído, em parte, pelo fato de os operadores da área 2 serem terceirizados e terem ganhos por produtividade, o que ocasionou maior dinamismo na condução das operações. Um outro fator que pode ter influenciado neste processo é o nível de experiência dos operadores nas duas áreas avaliadas. Segundo Batista et al. (2013), a experiência do operador da motosserra é um fator importante no ciclo operacional, em que se espera que operadores mais experientes consigam ter melhor produtividade, aumentando o rendimento.

Tabela 2. Tempos percentuais obtidos em cada etapa do ciclo operacional do corte florestal semimecanizado.

Áreas de plantio	Clones	Idade	Espaçamentos	Atividades expressas em %			
				Desloc. **	Abate	Desg. ***	Trac. ****
Área 1 (Op. 1 e 2) *	I 224	4,5 anos	3,5 x 2,5 m	4,21	19,66	24,30	51,83
Área 2 (Op. 3 e 4) *	BN 1407	9,0 anos	4,0 x 2,25 m	4,55	11,46	47,43	36,57
Tempo médio (%)	-----	-----	-----	4,38	15,56	35,86	44,20

Nota: *Operadores; **Deslocamento; *** Desgalhamento; **** Traçamento.

Para as atividades de deslocamento e desgalhamento, a área 1, composta pelos operadores 1 e 2, apresentou rendimento superior à área 2 (operadores 3 e 4), com menores tempos gastos nas respectivas operações. No caso do deslocamento, isso pode estar relacionado com a menor distância entre as árvores no povoamento da área 1, ou seja, maior densidade (Tabela 2). No que se refere ao desgalhamento, o porte das árvores e o diâmetro dos galhos no povoamento da área 1 (menor idade) podem ter contribuído para tal resultado.

Análise econômica

A produção média diária por equipe de motosserrista foi de 15,38 m³ de madeira colhida (Tabela 3), sendo a produtividade por hora efetiva de trabalho de 3,10 m³.he⁻¹. Os valores de

produtividade encontrados neste trabalho divergiram daqueles encontrados por Leite et al. (2014), ao analisarem o corte semimecanizado de eucalipto em diferentes espaçamentos. Isso pode ser explicado pelo nível de experiência, densidade do povoamento, tipo de floresta e maquinários adotados na operação (Canto, 2006).

Tabela 3. Dados técnicos para operação de corte florestal semimecanizado.

Dados	
Produtividade diária (m ³)	15,38
Horas efetivas diárias	4,97
Horas efetivas mensais	99,33
Produtividade por hora efetiva (m ³ .he ⁻¹)	3,10

Aplicando-se a metodologia para cálculo de custo operacional (adaptada da FAO) (Tabela 4), obteve-se o custo por hora efetiva na ordem de R\$ 85,44, sendo este valor dividido pela produtividade horária dos motosserristas (3,10 m³.he⁻¹) (Tabela 3), o que resultou, portanto, em um custo de produção de R\$ 27,60 por metro cúbico de madeira colhida.

Tabela 4. Componentes do custo operacional do motosserra.

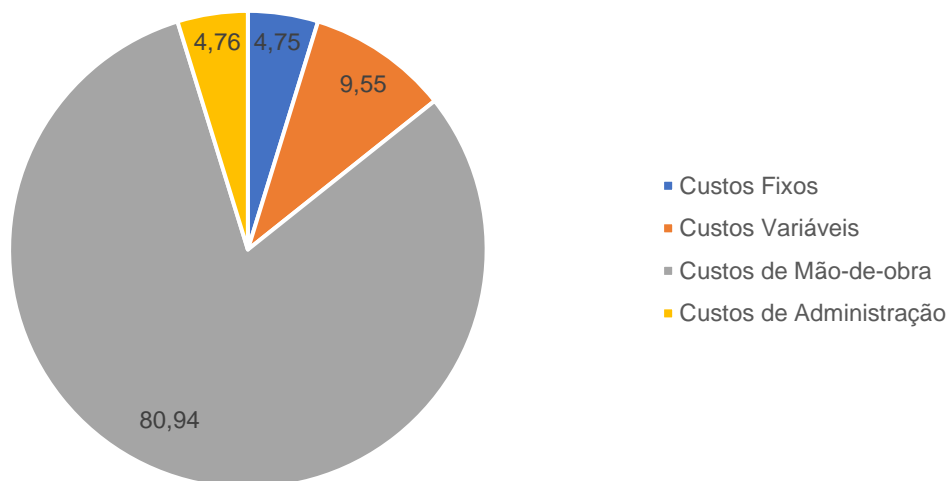
Componentes de custo	Custo horário (R\$)	%
Depreciação	3,63	4,24
Impostos	0,07	0,08
Juros	0,36	0,42
Soma - Custos Fixos	4,06	4,75
Combustível (gasolina)	3,54	4,14
Óleo 2t	0,90	1,05
Óleo lubrificante	2,65	3,10
Corrente	1,07	1,25
Soma - Custos Variáveis	8,16	9,55
Operador	36,15	42,31
Ajudantes	33,01	38,63
Soma - Custos de Mão de obra	69,16	80,94
Custos de Administração	4,07	4,76
Custo Total (R\$ h⁻¹)	85,44	100,00
		-

Leite et al. (2013), ao avaliarem o custo operacional de motosserras, encontraram valores que divergiram do presente trabalho. Isso ocorreu em virtude do processo de desatualização monetária entre os períodos de realização das pesquisas.

A Figura 2 ilustra os percentuais dos componentes de custos fixos, variáveis, administrativos e de mão de obra, em relação ao custo operacional total da motosserra avaliada. Os custos fixos somaram 4,75% do total, os custos administrativos 4,76%, os custos variáveis 9,55% e os custos trabalhistas 80,94% do custo operacional total. Percebe-se, portanto, a expressividade do custo de mão de obra, destacando-se como fator estratégico na composição do custo operacional total. A mão de obra deve ser especializada, visando à maior produtividade, rendimento nas operações, minimização de riscos de acidentes e menores custos de produção (Schettino et al. 2020).

A depreciação foi o segundo custo mais representativo, o que pode ser explicado pelo pouco tempo de uso das motosserras na empresa (12 meses). As motosserras eram sucateadas com apenas um ano de uso, contudo, geravam contrapartidas como estoque de peças para manutenção dos maquinários em operação.

Figura 2. Distribuição percentual dos componentes de custo operacional total na atividade de corte florestal semimecanizado.



Os valores expressivos do custo de mão de obra encontrados na presente pesquisa corroboram os estudos realizados por Leite et al. (2014).

Análise de sensibilidade

Foi realizada uma análise de sensibilidade de forma a conhecer a influência de algumas variáveis no custo de produção da atividade de corte florestal semimecanizada. Silva et al. (2014) relatam a importância de tal estudo para o planejamento econômico nas atividades florestais.

A Tabela 5 ilustra a análise de sensibilidade projetada para o custo de produção, considerando oscilações nos custos de depreciação, combustível, custo administrativo, custo de mão de obra e rendimento horário do corte florestal ($m^3.he^{-1}$). Conforme observado, as variáveis que mais influenciaram no custo de produção foram o custo de mão de obra e o rendimento operacional horário na atividade de corte.

O custo de mão de obra promoveu oscilações de R\$ 4,42 no custo de produção da

colheita semimecanizada, quando do aumento de 20% para mais (Tabela 5). Santos et al. (2015), avaliando sistemas de colheita de toras curtas e toras longas sob os métodos mecanizado e semimecanizado, também identificaram a mão de obra como estratégica na composição do custo total, corroborando, portanto, os dados desta pesquisa.

Em relação ao rendimento operacional horário no corte, caso a empresa aumentasse o seu percentual em 20%, esta teria como contrapartida uma redução de R\$ 4,63 no custo de produção, ou seja, valor na ordem de R\$ 22,97 R\$.m⁻³ (Tabela 5).

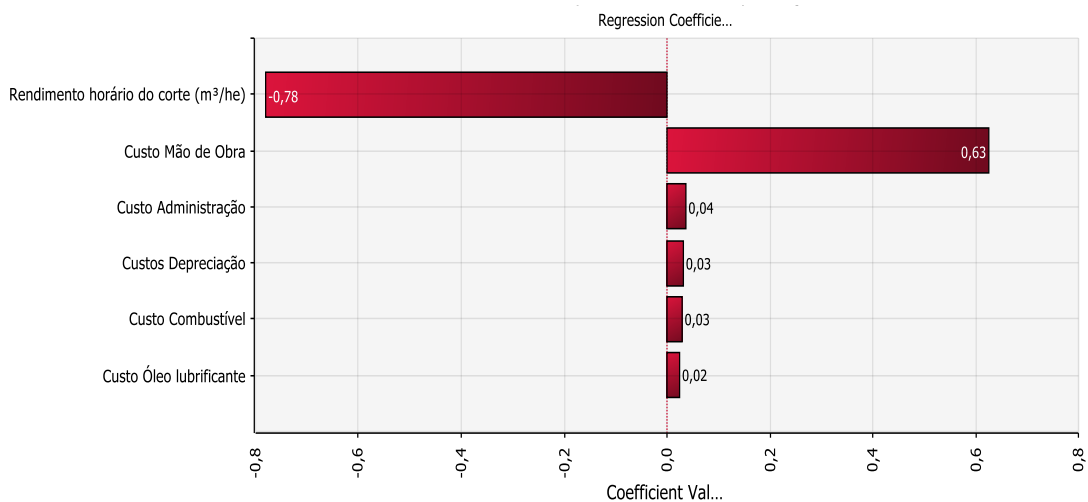
Tabela 5. Análise de sensibilidade projetada para o custo de produção (R\$ m⁻³), no corte florestal semimecanizado.

Variáveis para sensibilidade	-10%	-20%	Custo de produção (R\$.m³)	+10%	+20%
Depreciação	27,44	27,33		27,68	27,80
Combustível	27,42	27,27		27,70	27,84
Custos de Administração	27,43	27,30	27,60	27,69	27,82
Custos de Mão de obra	25,33	23,10		29,79	32,02
Rendimento horário do corte florestal (m ³ .he ⁻¹)	30,62	34,45		25,05	22,97

Análise dos coeficientes de regressão

Analisando os coeficientes de regressão, percebeu-se que o rendimento operacional horário no corte florestal semimecanizado foi a variável que mais influenciou o custo de produção, sendo a relação inversa, ou seja, quanto maior o rendimento menor o custo de produção. Das variáveis que integram o custo operacional, mereceu destaque o custo de mão de obra, mostrando uma relação direta e significativa com o custo de produção (Figura 3).

Figura 3. Influência das variáveis “rendimento horário do corte semimecanizado” e de custo operacional, no custo de produção da colheita semimecanizada (R\$.m³).



Conclusões

O estudo de tempo mostrou-se importante para o entendimento da dinâmica das operações florestais de colheita, com potencial para identificar possíveis falhas no processo operacional.

O custo de mão de obra mostrou-se estratégico na composição do custo operacional total e no custo de produção da colheita florestal semimecanizada.

O porte das árvores e o diâmetro dos galhos no povoamento mais jovem (área 1, com 4 anos de idade) contribuíram para o maior rendimento na operação de desgalhamento quando comparados com a área 2 (idade de 9 anos).

O pagamento por produtividade estabelecido na área 2 para os motosserristas contribuiu para o menor consumo de tempo nas operações de abate e processamento das árvores quando comparado com a equipe da área 1, mesmo estes operando em florestas mais produtivas.

Literatura Citada

- Barnes RM. 1977. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6ed. São Paulo (SP): Blucher.
- Batista DC, Corteletti RB, Hegedus CEN, Dambroz GBV. 2013. Desdobro de *Eucalyptus grandis* com motosserra, Parte 1-Análise do desempenho operacional. Ciênc. Florest. 23(3): 471-481. doi:10.5902/1980509810558.
- Bettinger P, Boston K, Siry JP, Grebner DL. 2009. Forest management and planning. Burlington. New York. Elsevier.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-09-PPRA. Manual de Legislação Atlas. 78º Edição, 2017.
- Burla ER. 2008. Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto [dissertação]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa. 62 f.
- CPTEC/INPE. 2018. Boletim informativo climático. Centro de previsão de tempo e estudos climáticos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Fiedler NC, Alexandre Filho PCRT, Gonçalves SB, Carmo FCA, Lachini E. 2015. Análise biomecânica da carga e descarga manual de madeira de eucalipto. Nativa. 3(3):179-184.
- Freitas LC, de Marques, GM, Silva, ML, da Machado, RR, Machado, CC. 2004. Estudo Comparativo Envolvendo Três Métodos de Cálculo de Custo Operacional Do Caminhão Bitrem. Árvore. 28: 855–863.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. 2006. Meteorologische Zeitschrift. 15(3):259-63. doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Leal FA, Carvalho, CE. 2011. Exploração florestal semimecanizada e as implicações na saúde e na segurança do trabalhador. Nucleus. 8 (2): 219-238.
- Leite ES, Fernandes HC, Guedes I, Furtado Júnior MR. 2013. Avaliação do estudo de tempo e movimentos, produtividade e custo de produção no processo de corte semimecanizado em plantios de eucalipto. Magistra. 25(2):84-93.
- Leite ES, Fernandes HC, Guedes IL, Amaral EJ. 2014. Análise técnica e de custos do corte florestal semimecanizado em povoamentos de eucalipto em diferentes espaçamentos. Rev. Cerne. 20(3):637-43. doi: 10.1590/01047760201420041340.
- Machado CC, Silva EN, Pereira RS. 2008. O setor florestal brasileiro. In: Machado CC, coordinator. Colheita florestal. Viçosa (MG): Editora UFV. p. 15-42.
- Machado CC. 1989. Exploração florestal. Viçosa (MG): UFV.

Moreira MF. 1992. O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob ótica dos custos. Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal. Curitiba: FUPEF. p. 161-70.

Moura JPVM, Melo RAT, Lima Chaves MP, Môra R. 2019. Análise técnica e econômica de sistema de extração de toras longas de *Tectona grandis* com trator arrastador adaptado em floresta plantada. *Advances in Forestry Science*. 6(4):783-9. doi: 10.34062/afs.v6i4.7848.

Pereira ALN. 2011. Avaliação de um sistema de colheita de *Pinus taeda* L. em diferentes produtividades do povoamento [dissertação]. Irati (PR): Universidade Estadual do Centro-Oeste. 93 f.

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

Santos DWFN, Valente DSM, Fernandes HC, Forastiere PR. 2016. Análise técnica e econômica do harvester operando em dois subsistemas de colheita de madeira. *Rev Eng Agric*. 24:484-90. doi: 10.13083/reveng.v24i6.725.

Schettino S, Guimarães NV, Silva DL, Souza CLL, Minette LJ, de Paula Junior JD, Schettino CF. 2020. Relação entre a ocorrência de acidentes de trabalho e a baixa escolaridade dos trabalhadores no setor florestal. *Brazilian Journal of Development*.

Silva EP, Souza AP, Minette LJ, Baeta FC, Vieira HANF. 2008. Avaliação biomecânica do trabalho de extração manual de madeira em áreas acidentadas. *Scientia Forestalis*. 36 (79):231-235.

Silva ML, Miranda GM, Cordeiro SA, Leite ES. 2014. Custos. In: Machado CC, editor. *Colheita florestal*. 3ed. Viçosa (MG): UFV. p. 253-87.

Souza AP, Dutra RBC, Minette LJ, Marzano FLC, Schettino S. 2015. Metas de produção para trabalhadores de corte florestal. *Rev Árvore*. 39(4):713-22. doi: 10.1590/0100-67622015000400014.

Virgens APD, Freitas LCD, Leite ÂMP. 2016. Análise econômica e de sensibilidade em um povoamento implantado no sudoeste da Bahia. *Floresta e Ambiente*. 23(2): 211-219.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Pode-se concluir que melhorias consolidadas na gestão de qualidade no processo de corte florestal semimecanizado, por meio de treinamento e cursos de capacitação, podem trazer contrapartidas no que tange à redução de perdas, melhorias de processos e aumento de rendimento nas atividades, trazendo contrapartidas para uma colheita florestal sustentável.

A análise técnica se mostrou essencial para inferir sobre o rendimento em cada etapa do ciclo operacional, por meio do estudo de tempos e movimentos. A eficiência operacional e a disponibilidade mecânica foram essenciais para garantir uma produtividade eficaz no processo de corte semimecanizado.

No que se refere à análise econômica, destaca-se a importância na determinação do custo operacional e de produção, ambos essenciais para o gerenciamento e controle de gastos nas operações de colheita florestal.