

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Liam Dutra Donovan

**Influência das variáveis dendrométricas no desempenho do corte em desbaste
semimecanizado em *Eucalyptus dunnii***

Curitibanos, SC

2022

Liam Dutra Donovan

**Influência das variáveis dendrométricas no desempenho do corte em desbaste
semimecanizado em *Eucalyptus dunnii***

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Florestal do Centro de Ciências
Rurais da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bonazza.

Curitibanos, SC

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

DONOVAN, LIAM

Influência das variáveis dendrométricas no desempenho
do corte em desbaste semimecanizado em *Eucalyptus dunnii* /
LIAM DONOVAN ; orientador, Marcelo Bonazza, 2022.

31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Desbaste. 3.
Semimecanizado. 4. Produtividade operacional. 5. Estudo de
Tempos e Movimentos. I. Bonazza, Marcelo. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia
Florestal. III. Título.

Liam Dutra Donovan

Influência das variáveis dendrométricas no desempenho do corte em desbaste semimecanizado em *Eucalyptus dunnii*

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitiba, 25 de Novembro de 2022.



Prof. Marcelo Bonazza, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Marcelo Bonazza, Dr.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Jean A. Sampietro
DEPTO. ENGENHARIA FLORESTAL
MAT. 558275-4
CAV/JUDESC

Prof. Jean Alberto Sampietro, Dr.
Avaliador

Universidade do Estado de Santa Catarina



Prof. Vinicius Costa Cysneiros, Dr.
Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A todos que de alguma maneira contribuíram para a Conclusão de minha trajetória na Universidade.

À minha família, meus amigos, meus professores e ao meu orientador por todo apoio e disponibilidade durante a execução deste trabalho.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi compreender as relações entre as características dendrométricas do povoamento e o desempenho da operação de primeiro desbaste semimecanizado em *Eucalyptus dunnii*. O desbaste ocorreu na Área Experimental Florestal da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, quando as árvores tinham 7 anos de idade e foi realizado pelo método seletivo por baixo, retirando-se aproximadamente 33% do número de árvores. Para isso, a operação foi realizada por um motosserrista e um ajudante (1+1). Os indivíduos desbastados foram previamente mensurados quanto ao seu diâmetro na altura do peito (DAP) e altura total. Além disso, foram numerados para possibilitar a associação das variáveis dendrométricas ao tempo de trabalho necessário para a derrubada e processamento de cada árvore. Estudo de tempo ao nível de elemento do ciclo de trabalho foi conduzido e o tempo foi registrado pelo método de tempo contínuo. A partir dos dados, foi calculada a produtividade operacional em metros cúbicos por hora efetiva de trabalho livre de interrupções ($m^3.PMH_0^{-1}$). Análise de regressão polinomial foi realizada para estabelecer relações entre a produtividade e o DAP, altura e volume das árvores. A produtividade apresentou relação positiva com todas as variáveis dendrométricas estudadas (DAP, Altura total e Volume Individual), pois embora haja um maior consumo de tempo nas atividades de derrubada, desgalhamento e traçamento à medida que as árvores são maiores, a maior produção em cada ciclo de trabalho torna o efeito de tais variáveis positivo no comportamento da produtividade da operação de desbaste semimecanizado. Conclui-se que a utilização das variáveis dendrométricas como preditoras da produtividade da operação possibilita maior precisão e acurácia no planejamento da operação.

Palavras-chave: Estudo de tempo. Ciclo de trabalho. Produtividade. Características dendrométricas.

ABSTRACT

This study sought to understand the relationships between the dendrometric characteristics of the stand and the performance of the semi-mechanized first thinning in *Eucalyptus dunnii*. Selective thinning 'from below' was conducted when the trees were 7 years old, with approximately 33% of the stand removed. The work was carried out by a chainsaw operator and an assistant (1+1). The diameter at breast height (DBH) and total height of the felled trees were previously measured. In addition, they were numbered to enable the association of dendrometric variables with the work time required to fell and process each tree. A continuous time study was conducted to collect data at each element of the work cycle. From the data, the operational productivity in cubic meters per effective hour of work free of interruptions ($\text{m}^3.\text{PMH}_0^{-1}$) was calculated. Regression analysis was performed to establish relationships between productivity and DBH, height and volume of trees. Productivity showed a positive relationship with all the dendrometric variables studied, because although felling, delimiting and cross-cutting larger trees takes longer, the greater yield in each work cycle makes the effect of such variables positive in relation to the productivity of the operation. In conclusion, the use of dendrometric variables as predictors of operation productivity enables greater assertiveness and predictability when planning operations.

Key words: Time study. Work cycle. Productivity. Dendrometric characteristics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS	9
1.1.1	Objetivo Geral	9
1.1.2	Objetivo Especifico	9
2	REFERENCIAL TEORICO	9
2.1	SETOR FLORESTAL BRASILEIRO E CULTURA DO EUCALIPTO	9
2.2	DESBASTES	11
2.3	INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS NA PRODUTIVIDADE DE OPERAÇÕES FLORESTAIS	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E POVOAMENTO	13
3.2	CORTE SEMIMECANIZADO	13
3.3	COLETA DE DADOS.....	14
3.4	ANÁLISE DOS DADOS.....	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1	INDICADORES OPERACIONAIS E INTERRUPÇÕES.....	18
4.2	DESEMPENHO OPERACIONAL	20
5	CONCLUSÕES	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Em 2020 o setor de florestas plantadas no Brasil possuía 9,55 milhões de hectares para cultivos industriais, além disso, destinava 6 milhões de hectares para conservação e preservação de vegetação nativa em biomas brasileiros (Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, 2021). O principal gênero cultivado no país é o eucalipto, representando 77,3% da área total plantada para fins industriais, com um total de 7,4 milhões de hectares (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2021).

Os proprietários desses cultivos são na maioria grandes empresas produtoras de celulose. Contudo, no ano de 2018, 29% da área florestal plantada era representada por produtores independentes de madeira, os quais cultivam florestas com o intuito de comercialização da madeira em toras (IBÁ, 2019). Nesse contexto, comumente a escala de produção é expressivamente inferior àquela observada em grandes empresas, o que se reflete na utilização de métodos com menor grau de mecanização para a realização das operações florestais dentro do processo de produção de madeira.

Dessa forma, atividades inerentes a etapa de corte florestal em situações de pequena escala de produção são frequentemente realizadas pelo método semimecanizado, que é caracterizado pelo uso de motosserra (SILVA, 2019). A utilização do corte semimecanizado é versátil, pois além de atender pequenas demandas de produção, faz-se possível em terrenos difíceis, na derrubada e processamento de árvores com grandes diâmetros e em operações onde há restrição de espaço para a realização das atividades, como é o caso dos desbastes.

Os desbastes consistem na retirada artificial de árvores do povoamento visando a produção de múltiplos produtos madeireiros, através da regulação da competição entre os indivíduos do povoamento em relação aos fatores de produção (água, luz e nutrientes) e concentrar o crescimento potencial de um sítio nas árvores remanescentes (BONAZZA *et al.*, 2020).

Entretanto, uma série de fatores podem ocasionar um baixo desempenho e elevado custo nessa operação, como o pequeno porte dos indivíduos retirados, cuidados para não causar danos às árvores remanescentes e restrição de acesso e mobilidade de máquinas no interior do povoamento, o que pode trazer uma limitação da rentabilidade deste tipo de operação florestal (OIKARI *et al.*, 2010).

Por se tratarem de operações complexas, novos estudos são necessários para maior compreensão dos indicadores operacionais nas atividades de desbaste, tendo em vista que o entendimento deles pode possibilitar uma melhor organização do trabalho a ser realizado, além de permitir a determinação da produtividade e custos envolvidos no processo, o que pode ser ferramenta para tornar a atividade florestal mais rentável (SEIXAS *et al.*, 2004). Além disso, a partir desse tipo de estudo é possível compreender a relação do desempenho da operação em função de variáveis do processo, o que pode ser útil para subsidiar o planejamento, diminuindo riscos e incertezas envolvidos nessas atividades.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo estabelecer relações entre a produtividade operacional do corte em desbaste semimecanizado de *Eucalyptus dunnii* e as características dendrométricas das árvores.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho foram:

- Identificar os principais elementos do ciclo de trabalho que são afetados pelas características das árvores.
- Avaliar o uso de variáveis dendrométricas na predição da produtividade em operações de corte florestal semimecanizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO E CULTURA DO EUCALIPTO

Na última década, a resiliência da cadeia produtiva florestal contribuiu para que o setor demonstrasse, em média, um desempenho consideravelmente acima do PIB brasileiro, em

termos reais, ou seja, retirando os efeitos da inflação. De forma que o PIB do país cresceu na ordem de 2,7% de 2010 a 2020, já o valor vindo da cadeia produtiva do setor de árvores cultivadas para o PIB sofreu incremento de 10,2%, no que se refere ao mesmo período (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2021).

Conforme relatório da Indústria Brasileira de Árvores (2021), no ano de 2020 o segmento da celulose alcançou sua segunda maior produção histórica, com 21 milhões de toneladas produzidas. O papel cartão, papelão ondulado, pisos laminados e painéis de madeira ganharam força durante o período da pandemia, fortalecendo o setor nestes anos de dificuldade para economia mundial. Embora operando com os cuidados necessários, a demanda fez com que o valor da produção estimada do setor em 2020 chegasse a R\$ 116,6 bilhões, um acréscimo de 17,6% em relação ao ano de 2019.

Tratando da produção de eucalipto em larga escala no Brasil, a mesma ganhou força a partir de 1909, quando sancionada a Lei nº 5.106, concedendo incentivos fiscais. Os incentivos eram obtidos do Fundo de Investimento Setorial de Reflorestamento e aplicados por meio de apresentação de projeto ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) (VIANA, 2004). Com intuito de aumentar a implantação das áreas de árvores para fins comerciais, o governo promulgou o Decreto Lei n.º 1.134/1970, que definia o abatimento do imposto de renda com simples aprovação do IBDF do projeto de plantio, até antes do mesmo ser efetivado (BRASIL, 1970). Com os incentivos fiscais a área plantada de eucalipto teve significativo crescimento, passando de 470.000 para 3,2 milhões de hectares, de 1909 a 1966 (GUERINO *et al.*, 2022).

Outra expressiva contribuição para a ascensão do plantio de eucalipto no Brasil, de acordo com Lima (1996), foi a crise energética nos anos 70, originando um impulso na demanda de madeira, e como consequência aumento no interesse na utilização de eucalipto, resultando na formação, em larga escala, de novos plantios florestais. É possível apontar a instituição do II Plano Nacional de Desenvolvimento (IIPND), entre 1975 e 1979, abrangendo o Programa Nacional de Papel e Celulose (PNPC), o Plano Siderúrgico a Carvão Vegetal e o Programa de Substituição Energética, incrementando mais estímulos para a expansão das indústrias siderúrgica e de papel e celulose, e assim impulsionando ainda mais o plantio de eucalipto e de pinus no país (BACHA, 2008).

Nos anos de 1990 ocorreu o término dos incentivos fiscais e com isso uma redução na área de plantio de eucalipto. Somando-se a isso, na primeira metade da década de 1990, a

significativa diminuição do consumo de carvão devido à recessão e ao preço do carvão coque (subproduto do carvão mineral) também levou a redução da área de árvores voltadas ao setor siderúrgico com fins comerciais (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Ainda na década de noventa, as reformas do Plano Real trouxeram investimentos estrangeiros diretamente para o setor. Neste sentido, as indústrias ampliaram suas capacidades produtivas e a celulose passou a ser exportada e o plantio de árvores afirmou-se cada vez mais no cenário comercial internacional (MONTEBELLO; BACHA, 2013). A demanda do mercado externo nas duas últimas décadas trouxe o Brasil a patamares elevados no cenário mundial de produção de celulose, trazendo incrementos nas áreas de eucalipto voltadas para esse setor (AFONSO *et al.*, 2021; RODRIGUES *et al.*, 2021; GUERINO *et al.*, 2022).

No panorama atual, segundo Guerino *et al.* (2022) temos os Estados de Minas Gerais (27,6%), São Paulo (18,1%), Mato Grosso do Sul (15,1%), Bahia (7,8%), Rio Grande do Sul (6,6%), Paraná e Santa Catarina (3,6% cada) como principais produtores de áreas plantadas com árvores para fins comerciais no país.

2.2 DESBASTES

Historicamente a utilização da prática de desbaste começou como uma medida de emergência, com objetivo de obter madeira (BLACKWELDER, 1983; DOBNER 2014). Burschel e Huss (2003) comentam que apenas a partir do século XX intervenções silviculturais em plantios florestais jovens começaram a ser encaradas como práticas de manejo essenciais.

Hoje em dia os desbastes são considerados como a retirada planejada e criteriosa de parte dos indivíduos de um povoamento, perfazendo um dos tratamentos silviculturais mais importantes para obtenção de produtos provenientes de florestas plantadas (RIBEIRO, 2002; DAVEL, 2009; DOBNER JR; HUSS, 2015; BONAZZA, 2020). A prática pode ter como objetivos a colheita de madeira para comercialização ou apenas influenciar positivamente no crescimento dos indivíduos selecionados.

Quando o intuito é apenas de influenciar no crescimento dos indivíduos, de maneira que o custo geral da operação não compensa o valor da madeira retirada, chama-se a atividade realizada de desbaste “pré-comercial”. Quando existe a intenção de comercializar os indivíduos retirados, a atividade é classificada como desbaste “comercial”. Muitas vezes as operações de

desbaste vêm de encontro a objetivos comerciais, assim como de favorecimento dos indivíduos selecionados.

As abordagens quanto a execução dos desbastes podem ser conforme a seletividade, em função dos critérios de seleção das árvores a serem removidas, em seletivo ‘por baixo’ ou seletivo ‘pelo alto’, ou sistematicidade da operação, como desbaste ‘sistemático’, ou também uma combinação de ambos, desbaste misto (SMITH *et al.*, 1997; BONAZZA; DOBNER, 2020). No desbaste seletivo ‘por baixo’ são retirados os indivíduos de menor interesse ou menor qualidade, já no desbaste seletivo ‘por cima’, ou desbaste de copas, são removidos os indivíduos que promovem a maior competição com as árvores de interesse.

2.3 INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS NA PRODUTIVIDADE DE OPERAÇÕES FLORESTAIS

A identificação e estudo de variáveis dendrométricas com influência na produtividade das operações florestais se tornaram indispensáveis para melhor desempenho operacional (SIMÕES; FENNER, 2010; ARAÚJO, 2019). Minette *et al.* (2008) avalia que identificando e estudando as variáveis de influência é possível estimar a produtividade e embasar um planejamento para operações florestais.

Segundo Bramucci e Seixas (2002), em seu estudo da produtividade do corte mecanizado, o volume médio das árvores foi a variável que melhor estimou a produtividade, juntamente das variáveis DAP médio, altura média e volume por hectare. Akay *et al.* (2004) também concluiu que a produtividade em operações florestais de corte está muito relacionada as dimensões da árvore, de maneira que ao aumentar o volume da árvore, a produtividade tende a aumentar.

Nesse sentido, Moreira (2000) estudou diversos sistemas de colheita de madeira, encontrando uma tendência de crescimento na produtividade com o aumento do volume médio por árvore. Segundo o autor, todos sistemas de colheita são influenciados por inúmeros fatores. Assim, ao definir o melhor sistema de colheita a ser utilizado, é necessário levar em consideração aquele que melhor se adapta a realidade da situação.

Portanto, como a atividade de colheita pode representar mais de 50% dos custos de produção da madeira (LEITE, 2012), o sucesso de qualquer empreendimento florestal passa,

indiscutivelmente, por um planejamento bem elaborado e embasado, buscando aumentar a produtividade. Entendendo isso, deve-se, antes de iniciar as atividades de colheita, assimilar todas as informações disponíveis e relevantes, com objetivo de realizar a atividade o mais próximo possível do planejamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E POVOAMENTO

O presente estudo foi conduzido em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, com 7 anos de idade, proveniente de um teste de progênie instalado na Área Experimental Florestal da Universidade Federal de Santa Catarina.

A área experimental fica localizada nas coordenadas geográficas 27°18'41.342'' de latitude Sul e 50°38'721'' Longitude Oeste, no estado de Santa Catarina, no município de Curitibanos, com uma altitude média de 987 metros acima do nível do mar. O clima predominante é Cfb temperado, com uma precipitação média anual de 1.500 a 1.700 mm anuais (EPAGRI, 2003).

A área do experimento tem 0,8 hectares, possuindo declividade entre 7,3 e 14,5%. No momento da operação de desbaste havia aproximadamente 1.417 árv.ha¹, com médias do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total de 16,6 cm e 24,3 metros, respectivamente. Essas árvores foram submetidas a uma poda com aproximadamente 2,5 anos de idade, na qual preconizou-se deixar pelo menos 4 metros de copa remanescente ou 6 verticilos. O volume total com casca na ocasião da coleta de dados era de 317,9 m³.ha⁻¹ representando incremento médio anual de aproximadamente 45,4 m³.ha.ano⁻¹. O volume total colhido durante a operação de desbaste contemplada neste estudo foi de 34,9 metros cúbicos.

3.2 CORTE SEMIMECANIZADO

O corte das árvores foi realizado de forma semimecanizada, com um operador de motosserra e um ajudante executando as operações (sistema 1 + 1), em 12 horas de trabalho, distribuídas em jornada diária de 8 horas programadas. As atividades inerentes ao corte foram

realizadas em duas etapas, na primeira as árvores foram derrubadas, destopadas e desganhadas, e posteriormente, em uma segunda etapa, medidas e traçadas em toras com comprimento padrão de 2 metros, ainda dentro do talhão, caracterizando um sistema de toras curtas.

As árvores a serem removidas foram marcadas previamente a realização da operação, de acordo com o método de desbaste seletivo por baixo, o qual tratou de retirar indivíduos bifurcados, tortuosos e suprimidos, buscando a remoção de aproximadamente 33% dos indivíduos do povoamento.

Na operação foi utilizada motosserra STIHL MS381, com potência de 5,3 cv, peso de 6,6 kg e sabre de aproximadamente 40 cm (corrente de 30 dentes). O trabalho foi realizado com uma faixa de trabalho de duas linhas de plantio simultaneamente, visando a minimização da distância para caminhamento entre as árvores a serem derrubadas e/ou traçadas.

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados envolveu a obtenção das variáveis dendrométricas diâmetro a altura do peito (DAP) e altura dos 196 indivíduos marcados para serem derrubados pelo método de desbaste seletivo por baixo, para tal foi utilizado uma fita diamétrica e um Vertex, respectivamente. As árvores a serem derrubadas foram previamente identificadas numericamente, assim possibilitando associar a coleta de tempos e movimentos às características dendrométricas de cada árvore. Para cada indivíduo derrubado e traçado foi também contabilizado, na etapa de desganhamento, o número de galhos acima de 2 cm em diâmetro.

O registro do tempo foi efetuado com auxílio de um cronômetro e formulários específicos, por meio do método de cronometragem de tempo contínuo. Na Tabela 1 é possível observar a descrição dos elementos do ciclo de trabalho considerados na atividade de corte semimecanizado.

Tabela 1. Descrição dos elementos do ciclo de trabalho do corte florestal semimecanizado.

Elementos do Ciclo	Descrição
Deslocamento para a derrubada da árvore	Tempo para deslocamento do motosserrista até o indivíduo a ser derrubado.
Derrubada	Tempo contabilizado a partir do momento em que a motosserra entra em contato com o fuste até o momento que a árvore derrubada encosta no solo.
Desgalhamento	Tempo compreendido entre o momento em que a árvore encosta no solo até o corte do último galho da árvore.
Deslocamento durante o traçamento	Tempo contabilizado entre o início do deslocamento para a próxima árvore a ser traçada até o momento que o sabre da motosserra toca o fuste para a realização do seccionamento do fuste.
Traçamento	Tempo compreendido entre o momento em que a motosserra toca o fuste até o momento em que a último corte é realizado no fuste.
Interrupções	Tempo dispendido em atividades não relacionadas ao ciclo de trabalho.

Fonte: O autor (2022).

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

O processamento dos dados coletados a campo se deu por meio do Software Excel 2019, no qual inicialmente foi estimado o volume individual das árvores derrubadas por meio de fator de forma de 0,4265, obtido de Costa (2015) para *Eucalyptus Dumni* no norte de Santa Catarina. A partir dos dados de volume individual, a produtividade da operação foi determinada através da Equação 1 (Tabela 2).

Em seguida determinou-se os indicadores operacionais, como a disponibilidade mecânica (DM), a qual se dá através da relação entre o tempo de trabalho destinado para realização das tarefas em que a máquina se encontrava apta para desempenhar sua função, e o

tempo total de trabalho, contando com tempo de manutenção do maquinário, como demonstrado na Equação 2 (Tabela 2).

Também foi determinada a taxa de utilização do tempo programado para trabalho, na qual se considera a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado pela máquina em relação ao tempo programado para realização do trabalho, conforme Equação 3 (Tabela 2). Assim como a taxa de utilização do tempo disponível, Equação 4 (Tabela 2), a qual se refere a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado a partir do tempo em que o maquinário esteve disponível para trabalho.

O erro de amostragem relativo da variável produtividade foi determinado pela Equação 5 (Tabela 2). Os tempos consumidos nos elementos do ciclo de trabalho, produtividade da operação e variáveis dendrométricas do povoamento foram analisados por meio de estatística descritiva.

Tabela 2- Equações utilizadas na análise dos dados.

Equação	Número de referência
$P_{ef} = \frac{Vol * 3600}{HE}$	(1)
$DM (\%) = \frac{HP - HM}{HP} * 100$	(2)
$TUTP(\%) = \frac{HE}{HP} * 100$	(3)
$TUTD(\%) = \frac{HE}{HP - HM} * 100$	(4)
$E(\%) = \frac{t * 100}{\sqrt{n} * \bar{X}}$	(5)

Em que: Pef = Produtividade efetiva (m³.PMH₀⁻¹); Vol = Volume (m³); HE = horas em trabalho efetivo; DM = Disponibilidade mecânica (%); HP = Horas programadas de trabalho; HM = Horas em manutenção; TUTP=Taxa de Utilização do Tempo Programado; TUTD= Taxa de Utilização do Tempo Disponível; E= Erro amostral; t= Valor de t na tabela t student; n= número amostrado de ciclos.

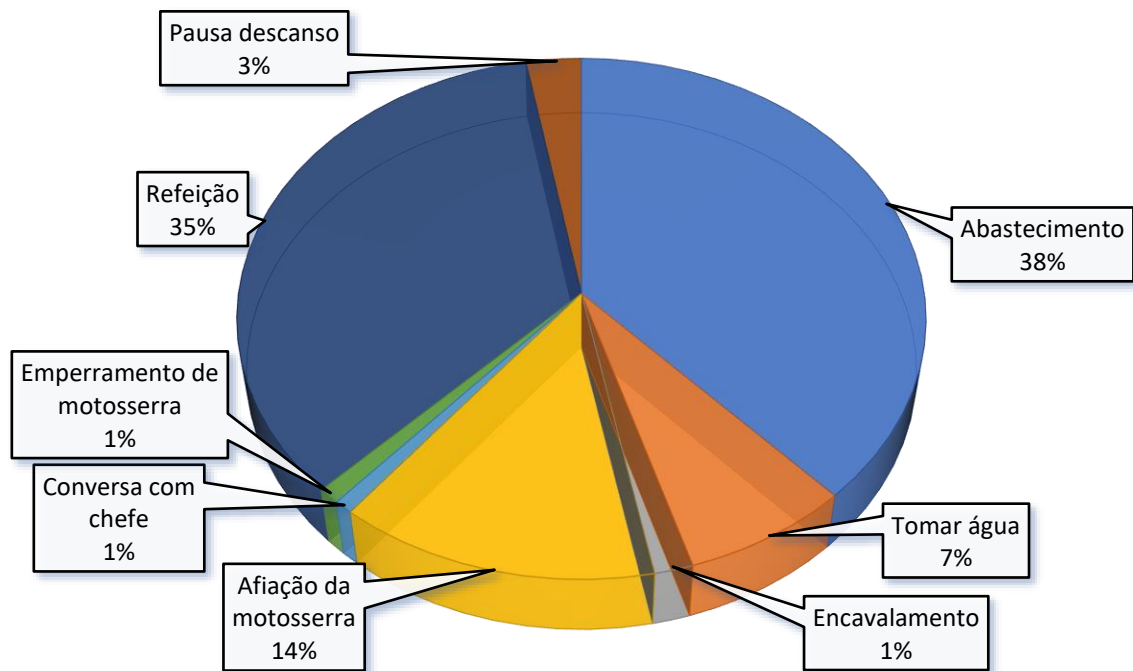
Análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados foi realizada para a predição da produtividade da operação a partir da altura total, DAP e volume das árvores. As equações foram avaliadas considerando o maior coeficiente de determinação (R_a²) ajustado e menor erro padrão da estimativa relativo (Syx%). Por fim, os resíduos das estimativas das equações foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificação do pressuposto de normalidade. Foi conduzida também análise da correlação de Pearson, ao nível de 99% de significância, entre as variáveis dendrométricas e as etapas do ciclo de trabalho e produtividade da operação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INDICADORES OPERACIONAIS E INTERRUPÇÕES

Avaliando a disponibilidade mecânica, o presente estudo demonstrou que em 89,5% do tempo o maquinário estava disponível para trabalho. A taxa de utilização do tempo disponível (TUTD) foi de 89,1%, o que se refletiu em uma taxa de utilização do tempo programado de trabalho (TUTP) de 79,8%.

Figura 1- Representação percentual das interrupções que ocorreram durante o estudo.



Fonte: O autor (2022).

A parada para abastecimento foi a principal interrupção durante a operação, ocupando 38% do tempo total de interrupções. Em trabalho similar, avaliando a derrubada de árvores em desbaste pré-comercial com equipamento de corte de mesmo modelo em sistema (1+0), Bonazza (2020) infere representação de 21% no tempo em interrupções gastos com abastecimento da motosserra. Já Batista (2008) encontrou resultado de 15,3% do tempo total de interrupções despendido para abastecimento, o que retrata a alta participação das interrupções relacionadas ao abastecimento no presente estudo.

Embora a representatividade das interrupções tenha sido baixa no tempo programado de trabalho, cabe ressaltar que melhorias poderiam ser empregadas na etapa de abastecimento visando menores perdas de tempo nessa atividade. Contudo, o tempo empregado nessa atividade deve permitir que o abastecimento seja realizado de maneira eficiente e segura pelo operador, pois é uma atividade insalubre, envolvendo substâncias químicas, as quais podem ser nocivas ao operador e ao meio ambiente em caso de contaminação do solo.

O tempo despendido no almoço aparece com segunda maior representação entre as interrupções do estudo (Figura 1). O tempo destinado para refeição era de 1 hora e essas interrupções se referem ao tempo extra em relação ao estipulado. A mitigação deste tipo de interrupção é um ponto de melhoria que pode ser trabalhado nas frentes de trabalho, mantendo a flexibilidade para o tempo gasto nas etapas de abastecimento e afiação da motosserra, levando em conta questões de saúde e segurança ocupacional e cuidados necessários com equipamento de trabalho, visto que ambos são essenciais para uma operação bem conduzida.

O tempo compreendido na etapa de afiação da motosserra, terceiro mais representativo nesse estudo, pode variar muito em função da qualidade da corrente utilizada e das instruções de trabalho aplicadas na atividade. A afiação da corrente é uma interrupção que ocorre com frequência no turno de trabalho, por se tratar de uma importante etapa da manutenção a ser realizada na motosserra.

Ottonelli (2020) destaca que a correta manutenção e operação da motosserra é essencial para manter o desempenho do equipamento. A falta de manutenção e o mau uso tem impacto direto no ciclo de trabalho, afetando a etapa da derrubada, traçamento e até mesmo desganhamento, com consequências na produtividade da operação de modo geral. Além disso, a falta de manutenção pode comprometer a vida útil da máquina e aumentar o custo de produção.

É interessante destacar que Batista (2008) obteve valor de 36,1 % para a atividade de afiação da motosserra, trabalhando com a derrubada de indivíduos de mata nativa com DAP médio de 70,7 cm, evidenciando uma possível relação do DAP e outras propriedades da madeira com a necessidade de afiação da motosserra.

Simone (2021) em análise de trabalho com motosserra, em plantio comercial no Sul da África, em 4 jornadas de 8 horas cada, encontrou disponibilidade mecânica de 93,5%, evidenciando necessidade ainda menor de intervenções de manutenção quando comparado ao presente estudo. Entretanto, a taxa de utilização do tempo disponível para trabalho inferida pelo

mesmo autor foi de 53,4% e a taxa de utilização do tempo programado de 50,4%, sendo essas consideravelmente inferiores às encontradas nesse estudo, devido a maior representatividade de interrupções ligadas à operação em seu estudo.

Em estudo para determinação do desempenho operacional de desbaste semimecanizado pré-comercial em pinus, Bonazza et al. (2020) inferiram taxa de utilização do tempo programado de 68%, também inferior ao presente estudo. Cabe ressaltar que, assim como os estudos citados, o presente estudo teve escopo de curto prazo, o que pode ter contribuído com os elevados valores observados para os indicadores de eficiência de utilização do tempo. Nesse sentido, Magagnotti e Spinelli (2012) recomendam estudos de longo prazo para a determinação mais assertiva desses indicadores operacionais e para estimar tempos em interrupções.

4.2 DESEMPENHO OPERACIONAL

Foram amostrados 196 ciclos de trabalho e considerando-se a variável produtividade operacional, obteve-se um erro de amostragem de 6,53% no estudo. Bonazza *et al.* (2020) amostrando 369 ciclos obtiveram erro amostral de 5,3% para produtividade da operação de corte semimecanizado. Já Ciubotaru e Câmpu (2018) em um estudo da produtividade do sistema (1+1) de corte semimecanizado em floresta nativa de 1.063 ciclos de corte na România, chegaram a um erro amostral de 4,45% na sua avaliação. Cabe ressaltar, que embora em ambos os estudos citados, os erros de amostragem tenham sido inferiores em relação ao presente estudo, ambos os estudos apresentam resultados similares.

Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis estudadas.

Variável	Max	Min	Média	CV
Nº Galhos	76	5	20	62,9%
DAP (cm)	27,3	4,5	14,8	29,3%
Altura (m)	29,6	5,7	20,4	21,4%
VI (m³)	0,498	0,005	0,178	67,9%
Produtividade (m³.PMH₀⁻¹)	6,94	0,20	3,3	45,1%

Em que: Nº Galhos = número de galhos acima de 2 cm de diâmetro; VI = volume individual.

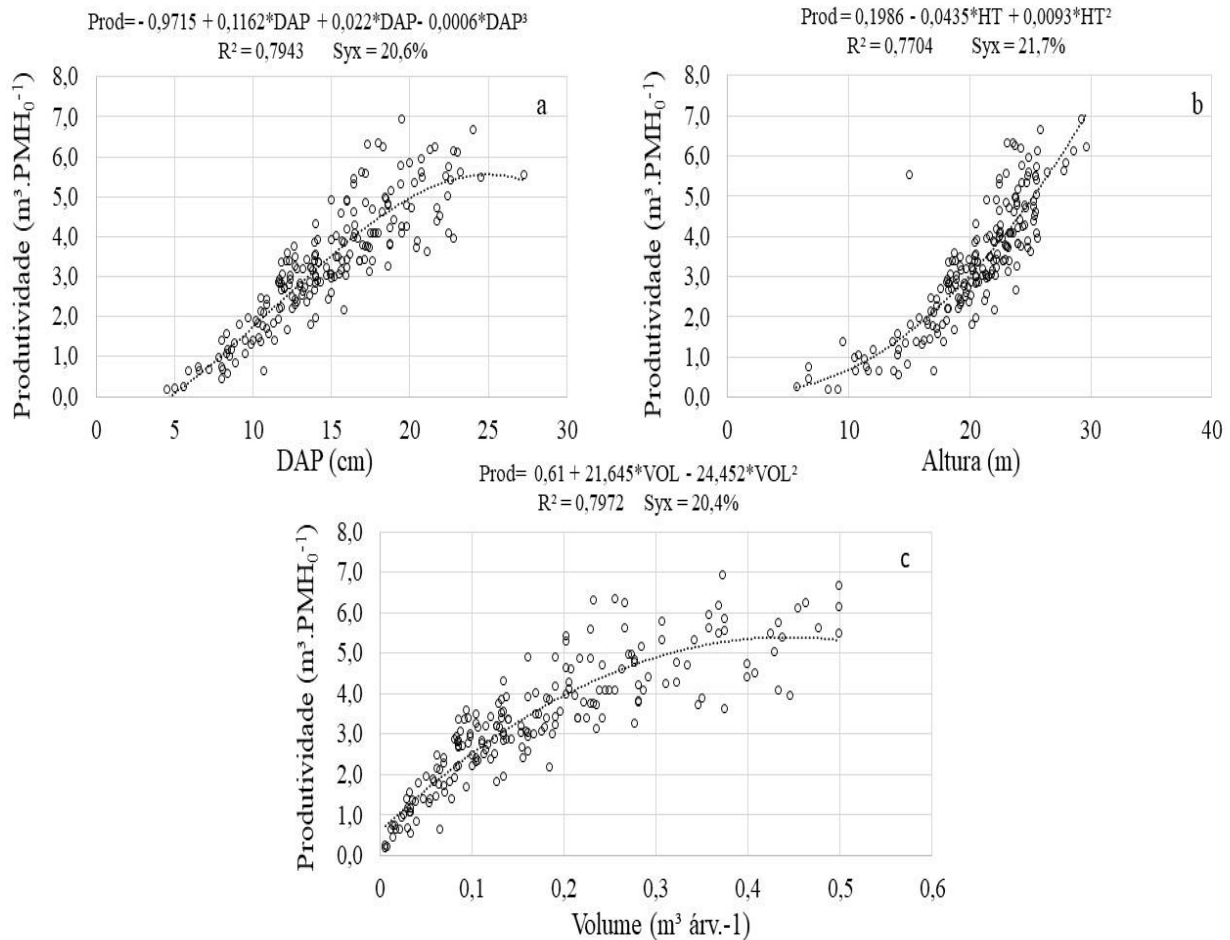
É notável a alta amplitude encontrada nos dados dendrométricos do estudo, o que condiz com o fato de se tratar da primeira operação de desbaste no povoamento. É possível inferir que parte da variabilidade da variável produtividade adveio deste fato, assim como dos tempos de interrupções.

Leite *et al.* (2014), em sua avaliação da análise técnica e de custos do corte florestal semimecanizado em povoamentos de eucalipto com diferentes espaçamentos, em um sistema 1+1 (um operador de motosserra e um ajudante), chegou a um resultado médio de produtividade de 4,69 ($\text{m}^3 \cdot \text{PMH}_0^{-1}$), correspondendo a um valor 40,85% maior que o obtido para este estudo. Tal diferença é explicada pela diferença no volume médio individual entre ambos estudos, uma vez que o trabalho supracitado possui um valor médio de $0,326 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$, enquanto o estudo em questão apresentou $0,178 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$.

Na Figura 2 tem-se a relação gráfica entre as variáveis dendrométricas utilizadas na modelagem e a variável dependente sendo modelada, em conjunto com suas respectivas estatísticas de ajuste.

Vale destacar que um erro padrão da estimativa (S_{yx}) em torno de 20% está dentro do esperado no que se refere a modelagem de operações com utilização de maquinário. Burgin *et al.* (2017), avaliando produtividade do harvester em função do volume, obteve valores entre 10,5 e 35,3%. Já Bonazza *et al.* (2020), em estudo de corte semimecanizado, modelando o tempo de derrubada em função do DAP, chegou a valores relativos de S_{yx} entre 28,5 e 36,2%.

Figura 2 – Relação gráfica da produtividade em função do Volume Individual, DAP e Altura.



Fonte: O autor (2022).

Dentre os modelos testados no processo de regressão (Linear, Exponencial, Logarítmico e potência), chegou-se à conclusão, através das estatísticas de ajuste e comportamento dos dados estimados, que equações polinomiais representaram a melhor adesão aos dados do estudo. Foram escolhidos polinômios de 2º e 3º grau para as equações, devido a estimativas de produtividade negativa apresentadas em polinomiais de menor grau.

Dentre as variáveis avaliadas na modelagem, a que melhor explicou a produtividade estimada pela regressão polinomial foi o volume individual (Figura 2C), pois apresenta menor valor de Syx (%). É possível inferir que essa variável apresentou correlação significativa e positiva, mostrando uma variação direta da produtividade da operação com motosserra com o volume dos indivíduos retirados do povoamento. O mesmo podemos dizer das variáveis DAP

e altura, pois houve aumento da produtividade à medida que essas variáveis tiveram maiores valores.

Está correlação positiva e direta vem de encontro com resultados apresentados por VUSIĆ, ZEČIĆ e TURK (2012), que trabalhando com indivíduos de maior porte em atividade de derrubada e processamento em floresta nativa, concluiu que embora há alta correlação entre aumento do tempo de derrubada e aumento do tempo de processamento com o aumento do DAP, também houve aumento da produtividade da operação como consequência da maior produção alcançada em cada ciclo de trabalho. Os mesmos autores encontraram, em sua modelagem do tempo de derrubada e tempo de processamento em função do DAP, valores de R^2 de 0,78 para ambas equações, muito semelhante ao encontrado nas equações do presente estudo na modelagem da produtividade.

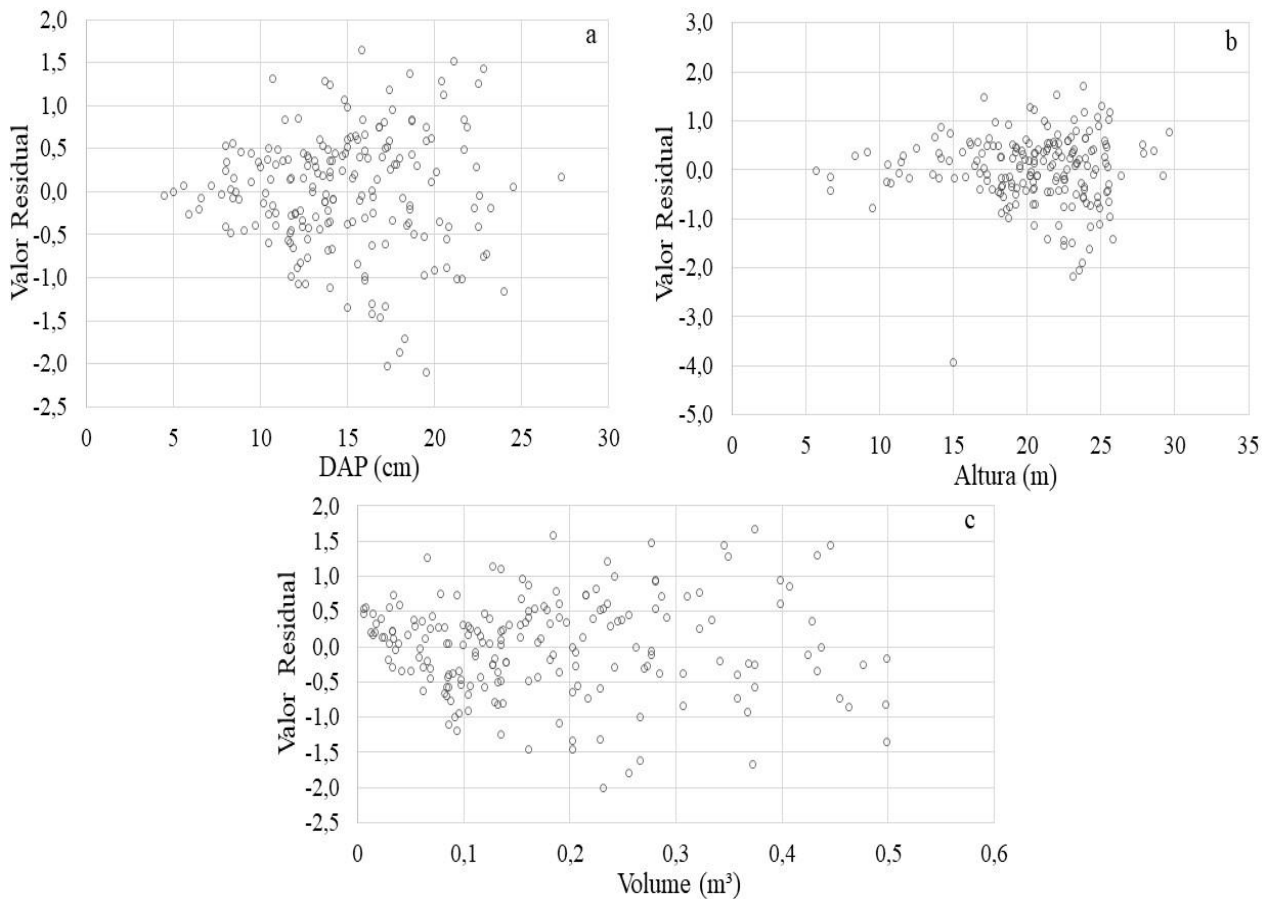
Campu e Ciubotaru (2017) buscando entender melhor a produtividade e tempo consumido de operações com motosserra em povoamento de *Picea abies* e *Abies alba* com DAP acima de 50 cm no Sul da România, perceberam que embora o aumento do tempo de derrubada dos indivíduos tenha correlação direta e positiva com DAP, o mesmo acontece com a produtividade da operação. Demonstrando que árvores com maior DAP e conseqüentemente maior volume individual, embora demandem mais tempo para serem derrubadas, compensam com o aumento do volume o tempo adicional despendido. Os autores acima citados obtiveram valores entre 0,65 e 0,88 de R^2 para equações ajustadas na predição da produtividade em função do DAP.

Pode-se observar que com as três variáveis trabalhadas o comportamento da produtividade é semelhante. Contudo, vale destacar que a metodologia de obtenção destes dados é diferente, visto que o DAP é uma variável de fácil obtenção dentro do povoamento, já o volume exige informação sobre altura dos indivíduos do povoamento e demais ajustes, motivo pelo qual o torna mais oneroso, trabalhoso e propenso a maiores erros de estimativa. É possível inferir que o ajuste em função do volume individual se mostrou levemente superior ao ajuste pelo DAP e altura, muito devido ao fato de levar em conta ambas medições dos indivíduos no modelo. Porém, em um eventual planejamento de operação, é necessário avaliar o custo benefício de obtenção dos dados que serão utilizados no modelo de predição.

Na Figura 3 é ilustrada a distribuição gráfica dos resíduos da modelagem. Os resíduos das três equações apresentaram normalidade segundo o teste de Kolmogorov-smirnov,

apresentando valores p de 0,80, 0,82 e 0,19 para as equações que utilizaram o DAP, volume individual e altura como variáveis preditoras, respectivamente.

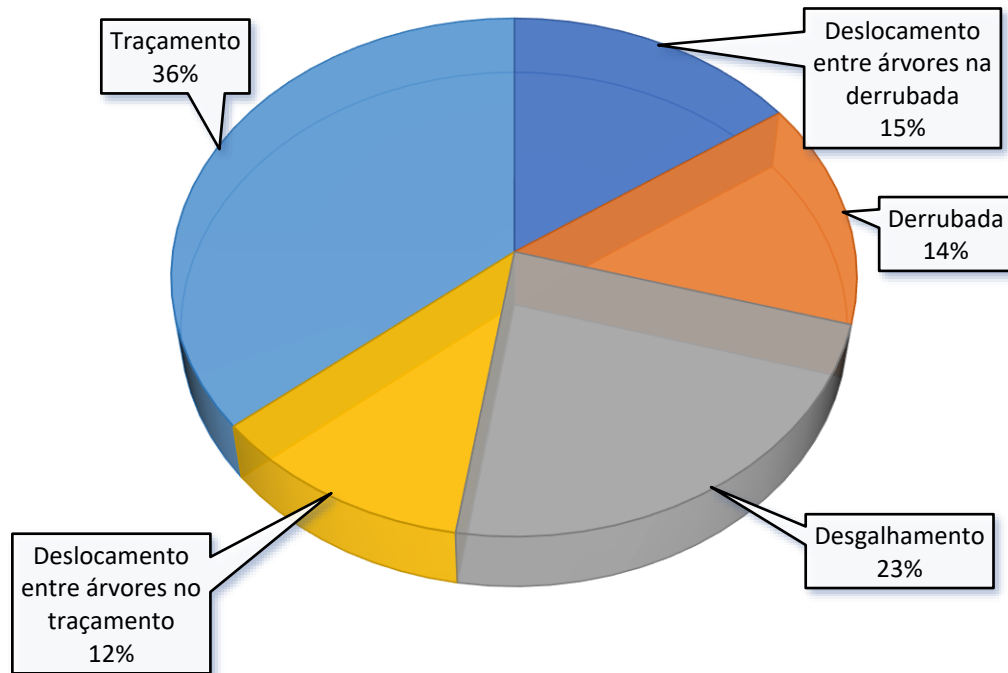
Figura 3- Distribuição gráfica dos resíduos da modelagem da Produtividade em função do DAP (a), Altura (b) e Volume Individual (c).



Fonte: O autor (2022).

Par uma melhor visualização e entendimento das informações sobre o ciclo de trabalho a Figura 4 traz uma relação do percentual trabalhado em cada elemento do ciclo de trabalho.

Figura 4 – Relação percentual dos elementos do ciclo de trabalho no estudo.



Fonte: O autor (2022).

O traçamento ocupou mais de um terço do ciclo de trabalho, apresentando correlação de Pearson positiva de 0,72, 0,64 e 0,74 ($p < 0,01$) com as variáveis DAP, altura e volume individual, respectivamente.

Moreira (2000) discorre que o tempo de traçamento é influenciado majoritariamente pelas dimensões da árvore, comprimento das toras, disposição das árvores derrubadas e pela habilidade da equipe. Esse autor encontrou valor de 15,88% do tempo efetivamente trabalhado gasto para traçar as toras, em um estudo do corte semimecanizado em eucalipto. Pontos que podem explicar a diferença em relação aos 36% encontrados nesse estudo são o volume médio dos indivíduos, pois em seu estudo o volume médio individual era de $0,067 \text{ m}^3 \cdot \text{árv}^{-1}$, além do comprimento das toras ser 3 vezes superior ao do presente estudo.

A etapa de desgalhamento foi o segundo elemento mais representativo do ciclo de trabalho, ocupando quase um quarto do tempo total. É possível inferir que quanto maior a quantidade de galhos maior o tempo despendido para esta atividade, visto que a atividade de

desgalhamento mostrou uma correlação positiva de 0,64 ($p < 0,01$) com o número de galhos presentes na árvore. Cabe destacar que a quantidade de galhos também apresentou relação positiva com o volume da árvore, com coeficiente de correlação de Pearson de 0,61 ($p < 0,01$) entre as duas variáveis.

O tempo de derrubada foi influenciado pelas variáveis dendrométricas da árvore, apresentando correlação positiva de 0,51, 0,42 e 0,51 ($p < 0,01$) com o DAP, altura e volume individual, respectivamente. Isso é explicado devido as árvores maiores demandarem maior consumo de tempo para a realização do entalhe direcional e corte de abate. Bonazza *et al.* (2020) cita em seu estudo que na derrubada de árvores de pequenas dimensões era comum que a derrubada da árvore fosse efetuada somente com um corte, o que economiza tempo.

Acosta *et al.* (2018) em uma operação de corte seletivo de floresta nativa no norte do Mato Grosso, encontraram alto coeficiente de determinação ajustado (R^2 de 0,88) modelando equações do tempo efetivo de trabalho por ciclo em função da variável DAP, de forma que quanto maior o DAP maior o tempo de trabalho desprendido na etapa de corte. Podemos associar o baixo tempo relativo empregado na etapa de derrubada no estudo (14%), associando ao diâmetro médio das arvores derrubadas, 14,8 cm, com vista ao método empregado de desbaste, aonde foram retirados os indivíduos inferiores do povoamento. Bantel (2010) utilizando regressão linear, também encontrou alta correlação indicando que o tempo de corte é diretamente proporcional à área basal da árvore.

É válido destacar que no presente estudo o tempo de trabalho efetivo apresentou correlação positiva com o DAP, altura, volume individual e número de galhos, com valores de coeficiente de correlação de Pearson de 0,78, 0,66, 0,80 e 0,64 ($p < 0,01$), respectivamente. Esses resultados demonstram claramente a influência destas variáveis no ciclo de trabalho de corte e traçamento de indivíduos arbóreos.

Considerando os resultados acima citados, podemos entender a importância e necessidade da consideração das variáveis dendrométricas no planejamento de atividades do corte florestal semimecanizado. Tendo em vista que as mesmas levam a variações na produtividade e custos de produção, podendo ser a diferença entre uma operação viável e não viável economicamente.

5 CONCLUSÕES

Podemos tirar como conclusão que as variáveis dendrométricas (DAP, altura e volume) têm influência direta e positiva na produtividade da operação de corte florestal semimecanizado, assim como nas etapas do ciclo de trabalho, de forma que árvores de maiores dimensões tendem a levar a uma produtividade maior da operação.

Os resultados levam a inferir que, utilizando uma variável de fácil obtenção como DAP, é possível estimar, por meio de equações, uma produtividade para operações de derrubada e traçamento semimecanizada, tornando o planejamento da atividade mais preciso e melhor embasado.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, F. C., OLIVEIRA, D. C. D., ARRUDA, C., GARCIA, M. L., MELO, R. R. D. Operational performance of the selective cutting of trees with chainsaw. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 3, e20160239, 2018.
- AFONSO, R.; MILLER, D. C. Forest plantations and local economic development: Evidence from Minas Gerais, Brazil. **Forest Policy and Economics**, v. 133, p. 102618, 2021.
- AKAY, A. E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. **Journal of Applied Sciences**, v. 4, n.1, p. 100-105, 2004.
- ARAÚJO, L. C. **Modelagem da produtividade e da velocidade do forwarder em áreas inclinadas**. 2019. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.
- BACHA, C. J. C. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, v. 55, n. 2, p. 5-24, 2008.
- BANTEL, C. A. **Estudo de diferentes sistemas de colheita de Eucalyptus Spp em área montanhosa**. 2010. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrônomicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- BATISTA, H. L. P. **Estudo de tempo e rendimento da motosserra considerando fatores ergonômicos numa exploração florestal na Amazônia Central**. 2008. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio). Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, Manaus, 2008.
- BONAZZA, M., DOBNER JR., M., NOVACK JR., N. S., SAMPIETRO, J. A., ARCE, J. E., WOJCIECHOWSKI, J. Desempenho operacional e custos de desbaste pré-comercial semimecanizado em Pinus taeda L. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, p. e3064, 2020.
- BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 62-74. 2002.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 1.134, de 16 de novembro de 1970**. Altera a sistemática de incentivos fiscais concedidos a empreendimento florestais. Diário Oficial da União - Seção 1, 1970. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1970-1979/decreto-lei-1134-16-novembro-1970-375570-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 15/10/2022.
- BURGIN, M. R. B.; LOPES, E.D.S.; RODRIGUES, C. K. Efeito do volume individual e declividade do terreno na produtividade do harvester no desbaste de pinus. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 13, n. 4, p. 322-328, 2017.
- CAREY, P.; LABBÉ, R.; TRINCADO, G.; THIERS, O.; GÁRATE, D. Productivity and costs of two low-investment biomass harvesting systems applied in a situation of mixed forest of semi-natural regeneration. **Bosque (Valdivia)**, Valdivia, v. 39, n. 3, p. 419-430, 2018.

Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002018000300419&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10/10/2022.

CÂMPU, R. V.; CIUBOTARU, A. Time consumption and productivity in manual tree felling with a chainsaw—a case study of resinous stands from mountainous areas. **Silva Fennica**, v. 51, n. 2, article id 1657, 2017.

CIUBOTARU, A.; CÂMPU, R. V. Delimiting and cross-cutting of coniferous trees—time consumption, work productivity and performance. **Forests**, v. 9, n. 4, p. 206, 2018.

COSTA, E. R. O. **Prognose de crescimento, regimes de manejo e estratégias de secagem de Eucalyptus dunnii Maiden**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DE PAIVA, H. N.; LEITE, H. G. Desbastes e desramas em povoamentos de Eucalyptus. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**, p. 81, 2016.

DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos lineares generalizados em experimentação agrônômica**. USP/ESALQ, 2001.

EPAGRI. Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina. In: Caracterização Regional. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – **SDR Curitibanos**. p.34, 2003.

GUERINO, R. M. G; DE MORAIS, I. L.; SANTOS, A. B. D. S.; CAMPOS, R. M. Expansão e impactos socioambientais da cultura de Eucalyptus spp. (Myrtaceae) no Brasil: um panorama da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e48811326751-e48811326751, 2022.

IBA - Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2019. **Brasília: IBÁ, 2019**. Disponível em: <https://www.iba.org/>. Acesso em: 01/11/2022.

IBA - Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2021. **Brasília: IBÁ, 2021**. Disponível em: <https://www.iba.org/>. Acesso em: 01/11/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Extração vegetal e silvicultura. Brasil, 2019**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/16/0>, Acessado em: 10/07/2022.

LEITE, E. D. S. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

LEITE, E. D. S.; FERNANDES, H. C.; GUEDES, I. L.; DO AMARAL, E. J. Análise técnica e de custos do corte florestal semimecanizado em povoamentos de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Cerne**, v. 20, p. 637-643, 2014.

LIMA, W. P. Impacto ambiental do eucalipto. 2. ed. São Paulo: **Edusp (Editora da Universidade de São Paulo)**, p. 301-301, 1993.

MINETTI, LUCIANO JOSÉ.; FILHO, R. O. F.; PINTO, L. A. A.; DE SOUZA, A. P.; FIEDLER, N. C. Análise técnica e econômica do corte florestal planejado de floresta tropical úmida de terra-firme na Amazônia ocidental. **Revista Árvore**, v. 24, n. 4, p. 429-435, 2000.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P.; MEDEIROS, N. M. Postos de trabalho e perfil de operadores de máquinas de colheita florestal. **Revista Ceres**. Viçosa, MG. v. 55, n. 1, p 66-73, 2008.

MONTEBELLO, A. E. S.; BACHA, C. J. C. Análise do processo de configuração desigual do setor de celulose e papel no Brasil. **Pesquisa & Debate. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política**, v. 24, n. 2, p.44, 2013.

MOREIRA, F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** (Tese de pós-graduação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; DE FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011.

OIKARI, M.; KÄRHÄ, K.; PALANDER, T.; PAJUOJA, H.; OVASKAINEN, H. Analyzing the views of wood harvesting professionals related to the approaches for increasing the cost-efficiency of wood harvesting from young stands. **Silva Fennica**, v. 44, n. 3, p. 481-495, 2010.

OTTONELLI, J.; BRANDELERO, C.; WERNER, V, SCHLOSSER, J. F.; DE FARIAS, M. S. Estado de uso e conservação de motosserras com motores de combustão interna. **Tecnológica**, v. 24, n. 2, p. 196-201, 2020.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. S. L.; TEIXEIRA, G.; SANTIAGO, O. Eucalipto no Brasil: expansão geográfica e impactos ambientais. **Uberlândia: Composer**, 2021.

SCHETTINO, S. et al. Avaliação ergonômica da atividade de derrubada com motosserra em áreas do bioma cerrado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 37177-37190, 2020.

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

SILVA, G. Y. **Análise operacional do método de colheita semimecanizada em povoamentos de Eucalipto no Sul do Tocantins.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2019.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do forwarder na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 711-720, 2010.

SIMONE, T. L. **Análise operacional da Motosserra e do Telelogger no Corte e Extração de Pinus spp nas plantações de Penhalonga**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto Superior Politécnico de Gaza, 2021.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Ed. 1. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 276p.

SPINELLI, R.; WARD, S. M.; OWENDE, P. M. A harvest and transport cost model for Eucalyptus spp. fast-growing short rotation plantations. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 9, p. 1265-1270, 2009.

VIANA, M. B. O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. **Brasília: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados**, p. 29, 2004.

VUSIĆ, D.; ZEČIĆ, Ž.; TURK, Z. Productivity of chainsaw felling and processing in selective forests of Croatia. In: **Proceedings of the 45th International Symposium on Forestry Mechanization» Forest Engineering: Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment** «, T. Pentek, T. Poršinky, M. Šporčić, (ur.), Dubrovnik (Cavtat), Forestry Faculty of Zagreb University. 2012. p. 1-7.