



LAVRAS – MG  
2019



III Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal

# III MECFOR

*E-book 2019*

<b>UFLA</b>	UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
<b>UFMT</b>	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
<b>UFSM</b>	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
<b>UFVJM</b>	UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO MUCURI E JEQUITINHONHA
<b>IFMS</b>	INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

ISBN 978-85-9450-053-3

## III ENCONTRO SOBRE MECANIZAÇÃO, COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL

Tema: “MECANIZAÇÃO TOTAL: Do preparo do solo até as operações de colheita e transporte”.

**3ª Edição**

### LIVRO DIGITAL

ENCONTRO SOBRE MECANIZAÇÃO, COLHEITA E  
TRANSPORTE FLORESTAL

**1ª Edição**

Organização do Livro Digital

**Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho**  
**Catize Brandelero**  
**Francieli de Vargas**  
**Yasnay Maria Massola**

06 a 08 de novembro de 2019  
Lavras – MG – Brasil 2019  
Editora EAD Ctism UFSM



## ORGANIZAÇÃO / REALIZAÇÃO DO EVENTO

UFLA	UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
UFMT	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
UFSM	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UFVJM	UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO MUCURI E JEQUITINHONHA
IFMS	INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

## Patrocinadores



**JOHN DEERE**



**EXPRESSO  
NEPOMUCENO**

## Apoiadores

### Equipes de Apoio Logístico

GEMMA	Grupo de Estudos em Maquinas e Mecanização Agrícola - UFLA
NEMAF	Núcleo de Estudos em Manejo Florestal - UFLA
NEMAPORT	Núcleo de Estudos em Máquinas Portáteis - UFLA
NES	Núcleo de Estudos em Silvicultura - UFLA
NUSEG	Núcleo de Estudos em Ergonomia e Segurança no Trabalho – UFLA

### Equipes de Apoio Científico

GAIA	Grupo de Estudos em Técnicas e Operações Florestais - UFMT
METFLOR	Laboratório de Técnicas e Operações Florestais - UFMT
MECANIZA	Laboratório de Colheita Florestal e Silvicultura de Precisão - UFSM



## **Comissão Organizadora III MECFOR**

Coordenador Geral do III MECFOR:

*Prof. Dr. Carlos Eduardo Volpato (UFLA)*

Coordenadora do Comitê Científico do Evento:

*Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho (UFMT)*

Vice - Coordenadora do Comitê Científico do Evento:

*Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catize Brandelero (UFSM)*

Coordenador de Sessão Técnica I Mecanização da Silvicultura:

*Prof. Dr. Carlos Eduardo Volpato (UFLA)*

Coordenador de Sessão Técnica II Colheita e Exploração Florestal:

*Prof. Dr. Ângelo Marcio Leite (UFVJM)*

Coordenador de Sessão Técnica III Transporte, Estradas e Logística Florestal:

*Prof. Dr. Luis Marcelo Tavares de Carvalho (UFLA)*

Coordenador de Sessão Técnica IV Ergonomia e Segurança em Operações Florestais:

*Prof. Dr. Cleverson de Mello Sant'ana (IFMS)*

“Os trabalhos aqui transcritos, bem como os conceitos emitidos, são de inteira responsabilidade de seus autores”.

E561 Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal (3. : 2019 : Lavras, MG)  
Livro digital Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal [recurso eletrônico] / III Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal, 06 a 08 de novembro de 2019, Lavras, MG ; organização Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho ... [et al.]. – Santa Maria : UFSM, 2019.  
1 e-book : il.

Acima do título: III MECFOR

Tema: “Mecanização total : do preparo do solo até as operações de colheita e transporte”

1. Silvicultura – Mecanização – Eventos 2. Engenharia Florestal – Transporte – Eventos 3. Florestas – Colheita e exploração – Eventos 4. Operações florestais – Ergonomia e segurança – Eventos I. Carvalho, Mariana Peres de Lima Chaves e II. MECFOR (3. : 2019 : Lavras, MG) III. Título.

CDU 630\*36(063)

Ficha catalográfica elaborada por Alenir Goularte - CRB-10/990  
Biblioteca Central da UFSM

ISBN 978-85-9450-053-3



# PREFÁCIO

A terceira edição do MECFOR - Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal tem por objetivo reunir docentes, discentes de graduação e pós-graduação, além de pesquisadores e profissionais das áreas de técnicas e operações florestais. Este visa contribuir para a formação de docentes e discentes de graduação e pós-graduação dos cursos de Engenharia Florestal e afins, acerca da área de Técnicas e Operações Florestais. Além de discutir as problemáticas referentes à atuação profissional do Engenheiro Florestal na área e as matrizes curriculares dos cursos de Engenharia Florestal das universidades brasileiras.

O evento teve início em 2017, ocorre até o presente momento anualmente. O tema escolhido para este ano foi “Mecanização Total: Do preparo do solo até as operações de colheita e transporte florestal”, trazendo discussões acerca do ensino, pesquisa, extensão e inovação desenvolvidas em todo território nacional. Será sediado pela UFLA - Universidade Federal de Lavras. Ocorre entre os dias 07 a 09 de novembro de 2019, na cidade de Lavras/MG. Nesta edição, o evento está sendo organizado pela UFLA, UFMT, UFVJM, IFMS e UFSM.

Nesta obra apresentamos o Livro Digital do III MECFOR - Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal, no qual contém os trabalhos científicos, técnicos e revisões bibliográficas, aceitos e apresentados no evento na forma de pôster. Estão organizados em quatro áreas temáticas: Mecanização na Silvicultura; Colheita e Exploração Florestal; Transporte, Estradas e Logística Florestal; Ergonomia e Segurança nas Operações Florestais.

Comitê Científico do III MECFOR

Lavras, MG, Brasil, 07 de novembro de 2019.

*Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho (UFMT)*  
Coordenadora do Comitê Científico III MECFOR

*Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catize Brandelero (UFSM)*  
Vice-Coordenadora do Comitê Científico III MECFOR

*Ma. Francieli de Vargas (UFSM)*  
*Engenheira Florestal Yasnay Maria de Moraes Massola Freitas (UFMT)*  
Membros do Comitê Científico III MECFOR

# Sumário

## ***Sessão Técnica I***..... 8

### **MECANIZAÇÃO DA SILVICULTURA**..... 8

COMPACTAÇÃO DE SOLOS PELO TRÁFEGO DE MÁQUINAS FLORESTAIS..... 9

INFLUÊNCIA DO PREPARO DE SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus dunnii* EM SANTA CATARINA..... 20

## ***Sessão Técnica II***..... 28

### **COLHEITA E EXPLORAÇÃO FLORESTAL**..... 28

ANÁLISE DA INSERÇÃO DO SISTEMA DIGITAL NA IDENTIFICAÇÃO DE TORAS DE TECA..... 29

ANÁLISE DESCRITIVA DOS RELATÓRIOS DE NÃO CONFORMIDADES DE CERTIFICAÇÃO DE MADEIRA CONTROLADA FSC..... 37

ANÁLISE DOS ASPECTOS OPERACIONAIS DO CORTE FLORESTAL SEMIMECANIZADO NA CAATINGA..... 47

ANÁLISE TÉCNICA DE UM SISTEMA DE COLHEITA MECANIZADO DE TORAS CURTAS EM CORTE FINAL DE PINUS..... 54

AVALIAÇÃO DO CICLO OPERACIONAL DO SKIDDER NAS ATIVIDADES DE DESGALHAMENTO E EXTRAÇÃO..... 63

AVALIAÇÃO TÉCNICA DO TRATOR FLORESTAL ARRASTADOR SKIDDER..... 73

EFEITO DO OPERADOR NO DESEMPENHO DE SKIDDER NA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE PINUS EM CORTE FINAL..... 82

SUBSTITUIÇÃO DE MÁQUINAS FLORESTAIS..... 90

## ***Sessão Técnica III***.....100

### **TRANSPORTE, ESTRADAS E LOGÍSTICA FLORESTAL**.....100

DESCARREGAMENTO DE TORAS DE *Pinus* NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO FLORESTAL..... 101

ESTRADAS E ACEIROS: QUANDO HÁ COMPATIBILIDADE?..... 111

INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA SELEÇÃO DE CAMINHÕES NO MERCADO BRASILEIRO..... 122

MOVIMENTAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL..... 131

**Sessão Técnica IV..... 140**

**ERGONOMIA E SEGURANÇA EM OPERAÇÕES FLORESTAIS..... 140**

APLICAÇÃO DO MÉTODO RULA NAS POSTURAS ADOTADAS DURANTE A DERRUBADA SEMIMECANIZADO DE *Mimosa tenuiflora* (MART.) Benth.....141

AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO NO ASSENTO DE TRATORES UTILIZANDO ACELERÔMETROS TRIAXIAIS ..... 149

CAPACETES DE SEGURANÇA COM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO **BLUETOOTH** EM OPERAÇÕES DE COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL ..... 160

MECANIZAÇÃO FLORESTAL E ERGONOMIA.....169

PRODUÇÃO E ERGONOMIA NA COLHEITA MANUAL DA NOGUEIRA-PECÃ..... 178

VIBRAÇÃO E RUÍDO EM MÁQUINAS COM MOTOR DOIS TEMPOS .....187

# Sessão Técnica I

## MECANIZAÇÃO DA SILVICULTURA

III MECFOR



# COMPACTAÇÃO DE SOLOS PELO TRÁFEGO DE MÁQUINAS FLORESTAIS

Francieli de **VARGAS**<sup>1</sup>; Dalvan José **REINERT**<sup>2</sup>; Catize **BRANDELERO**<sup>3</sup>;  
Juliano **DEPOI**<sup>4</sup>; Sabrina Dalla Corte **BELLOCHIO**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> UFSM/PPGEF, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – devargasfrancieli@gmail.com;

<sup>2</sup> UFSM/DS, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – dalvan@ufsm.br;

<sup>3</sup> UFSM/DER, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – catizebrandelero@gmail.com;

<sup>4</sup> UFSM/PPGEA, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – juliano.depoi@hotmail.com; bellochiosabrinad@hotmail.com.

E-mail para correspondência: [laboratoriomecaniza@gmail.com](mailto:laboratoriomecaniza@gmail.com) - Nº 013/2019

## Resumo

O setor florestal brasileiro, vem se desenvolvendo ao longo dos anos, principalmente em termos de tecnologias, visando otimizar as operações. Este fato pode ser observado na colheita florestal com a intensificação do uso de máquinas pesadas. Por outro lado, a utilização destas máquinas ocasiona a degradação dos solos. Assim, são pertinentes estudos nesta temática para evitar problemas nas futuras rotações. O objetivo deste trabalho foi analisar as publicações científicas, dos últimos 19 anos, sobre compactação do solo ocasionado por máquinas florestais na operação de colheita. Para isso, foram selecionados 24 estudos científicos, identificado os principais atributos físicos do solo utilizados para avaliar a compactação e ainda, se os mesmos apresentavam valores críticos ou restritivos para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Observou-se que a resistência a penetração e a densidade do solo são atributos amplamente utilizados, e que, diversos estudos apresentaram valores dos atributos físicos acima do limite crítico.

**Palavras-chave:** Colheita florestal; Atributos físicos; Publicações científicas.

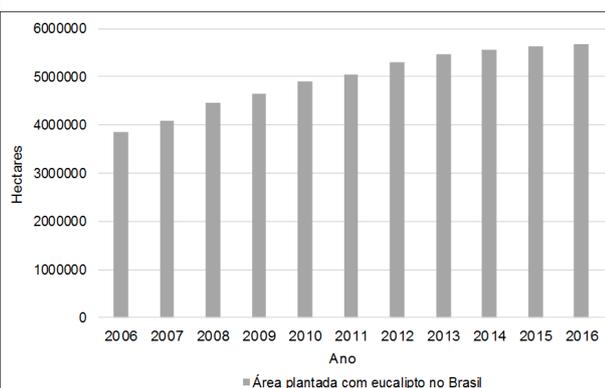
## Abstract

The Brazilian forest sector has been developing over the years, mainly in terms of technologies, aiming to optimize operations. This fact can be observed in the forest harvest with the intensification of the use of heavy machines. On the other hand, the use of these machines causes soil degradation. Thus, studies on this subject are pertinent to avoid problems in future rotations. The objective of this study was to analyze the scientific publications of the last 19 years on soil compaction caused by forest machines in the harvesting operation. For this, 24 scientific studies were selected, identify the main physical attributes of the soil used to evaluate compaction and if they had critical or restrictive values for plant growth and development. Penetration resistance and soil density were widely used attributes, and several studies showed values of physical attributes above the critical limit.

**Keywords:** Forest harvest; Soil physical attributes; Scientific publications.

## 1. INTRODUÇÃO

O país, no ano de 2016, comandou o ranking global de produtividade florestal, com a média de 35,7 m<sup>3</sup>/ha para plantios de *Eucalyptus* sp. (IBÁ, 2017). Este potencial no segmento florestal contribuiu com o aumento de área plantada nos últimos anos (Figura 1), e consequentemente a mecanização das operações florestais. Porém, é necessário o planejamento das operações e o uso racional dos recursos naturais a fim de obter uma produção florestal sustentável.



**Figura 1.** Evolução da área plantada com eucalipto de 2006 a 2016 no Brasil. Fonte: adaptação de IBÁ (2017).

Com o uso desordenado da mecanização, a qualidade física dos solos vem se deteriorando, podendo ser observada, com a compactação de solo, a qual é caracterizada como o incremento na sua densidade (RICHART et al., 2005). Conforme aumenta a compactação do solo, ocorre a

dificuldade de crescimento e de distribuição das raízes (SPERANDIO e CECÍLIO, 2017), a redução da condutividade hidráulica (SZYMCZAK, 2013) e da capacidade de armazenamento de água disponível (ROSA et al., 2018), a limitação da adsorção e absorção de nutrientes pelas plantas (RICHART et al., 2005), a alteração da porosidade (SAMPIETRO, 2013), e o aumento dos valores de resistência do solo à penetração (LIMA et al., 2008).

Desse modo, estudos nessa temática são de grande relevância para detectar os principais fatores que agravam a qualidade física do solo. Assim como, medidas protetivas, para tornar os ciclos florestais futuros sustentáveis e rentáveis.

Para avaliar a qualidade física do solo são utilizados os atributos físicos, dos quais destacam-se: a textura (proporção relativa das classes de tamanho de partículas do solo – areia, silte e argila); a umidade; a densidade do solo (relação entre a massa de solo seca e o volume); e a porosidade do solo (volume de vazios ou espaço do solo não ocupado por componentes orgânicos e inorgânicos, subdivididos em macroporos e microporos).

Tendo em vista os aspectos de desenvolvimento do segmento de

florestas plantadas *versus* o efeito do tráfego de máquinas no solo, o presente estudo teve por objetivo analisar as publicações científicas dos últimos 19 anos, sobre a compactação do solo ocasionada pelo tráfego de máquinas florestais, na operação de colheita, no Brasil.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A data de publicação dos estudos científicos selecionados para compor este trabalho compreendeu o período de 2001 a 2019. Foram consideradas pesquisas científicas realizadas no Brasil, relacionadas ao efeito do tráfego de máquinas florestais no solo. As plataformas utilizadas para a busca destas publicações foram: a *Science Direct*, o Portal de Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), o *Scielo* (*Scientific Electronic Library Online*) e a *Web of Science*. Em complemento, foram realizadas busca de artigos, dissertações e teses, relevantes para a temática, em bases não indexadas.

As palavras-chave utilizadas foram: colheita florestal (*forest harvesting*), solos florestais (*forest soils*), compactação de solos (*soil compaction*) e tráfego de máquinas florestais (*forest machine traffic*), assim como, a combinação destas palavras.

A seleção das publicações relevantes para o trabalho foi realizada por meio da leitura na íntegra de seu conteúdo. Assim, foram considerados os estudos que descreveram em seu objetivo ou metodologia a avaliação do efeito do tráfego de máquinas florestais no solo, utilizando os atributos físicos.

Além disso, foi verificada a distribuição geográfica das publicações por estado, o percentual de cada atributo avaliado, assim como, os principais resultados encontrados para a densidade do solo e a resistência do solo a penetração.

## 3. RESULTADOS

Os 24 estudos avaliados estão descritos no Quadro 1, onde estão apresentados os autores, os tipos de solo avaliados, as máquinas utilizadas na colheita florestal e os atributos físicos do solo que foram mensurados, afim de quantificar a compactação dos solos.

Do total de estudos avaliados, 91,6% utilizaram o atributo resistência à penetração do solo para avaliar a compactação. Ainda, 79,2% consideraram o atributo densidade do solo, ao passo que, 62,5% utilizaram o atributo porosidade do solo e 54,2% consideraram a umidade gravimétrica.

**Quadro 1.** Relação de estudos com atributos físicos do solo utilizados para verificar o estado da arte sobre a compactação de solos pelo tráfego de máquinas florestais.

Autor(es)	Solo	Máquina(s)	AFS			
			Ds	R P	Pt	Ug
Vargas (2019)	Argissolo Vermelho Distrófico típico	harvester e trator com grua e reboque	X		X	X
Rodrigues et al. (2018)	Latossolo Vermelho franco-argilo-arenoso	feller-buncher e skidder	X	X	X	X
Rodrigues e Lopes (2018)	Latossolo Vermelho franco-argilo-arenoso	feller-buncher e skidder		X		
Sperandio e Cecílio (2017)	Latossolo Vermelho-Amarelo	colheita semimecanizada	X		X	
Sampietro e Lopes (2016)	Cambissolo Húmico Alumínico típico	feller-buncher e skidder		X		
Lopes et al. (2015)	Cambissolo Háplico	harvester e forwarder	X	X	X	X
Jesus et al. (2015)	Latossolo Vermelho	forwarder	X	X	X	X
Rodrigues et al. (2015)	Latossolo Vermelho Distrófico típico	harvester e forwarder		X		X
Szymczak (2015)	Latossolo Vermelho Distroférrico	harvester e forwarder	X	X	X	X
Pincelli et al. (2014)	Argissolo Vermelho-Amarelo	feller-buncher e skidder	X	X		
Szymczak et al. (2014)	Latossolo Vermelho Distroférrico	harvester e forwarder	X	X	X	X
Sampietro (2013)	Cambissolo Háplico	harvester e forwarder	X	X	X	X
Lopes et al. (2011 a)	Cambissolo Húmico Alumínico típico	feller-buncher e skidder	X	X	X	X
Lopes et al. (2011 b)	Latossolo Bruno Distrófico típico	skidder	X	X	X	
Sampietro e Lopes (2011)	Cambissolo e Neossolo	feller-buncher e skidder	X	X		X
Lima et al. (2008)	Latossolo Vermelho-Amarelo	feller-buncher e skidder		X		
Cechim (2007)	Argissolo Vermelho Distrófico	feller e skidder	X	X	X	X
Seixas e Souza (2007)	-	forwarder	X	X		
Silva et al. (2007)	Latossolo Amarelo	forwarder	X	X		
Lopes. S. et al. (2006)	Latossolo Vermelho-Amarelo	clambunk e tracked-skidder	X	X	X	
Dedeck e Gava (2005)	Latossolo Vermelho Neossolo Quartzarênico	-	X	X	X	X
Seixas et al. (2003)	Latossolo Vermelho-Amarelo	forwarder		X		X
Fernandes e Souza (2003)	Latossolo Vermelho Eutrófico	forwarder	X	X		
Seixas e Oliveira Júnior (2001)	Argissolo; Latossolo Escuro textura média	harvester e forwarder	X	X	X	

Legenda: AFS: atributos físicos do solo; Ds: Densidade do solo; RP: Resistência à Penetração do Solo; Pt: Porosidade Total; Ug: Umidade gravimétrica.

Na análise dos estudos considerados, o atributo de resistência à penetração foi o mais utilizado nas metodologias. Este atributo é definido como a característica que dificulta o crescimento ou a penetração das raízes no solo. Além disso, a resistência a penetração possui interação direta com a densidade e tem relação inversa com a umidade do solo (FENNER, 2014).

Já o segundo atributo com maior emprego, foi a densidade do solo. Richart (2005) a define como o incremento da massa de sólidos do solo por unidade de volume, ocasionado pela força exercida no tráfego de máquinas. Ainda, Pires et al. (2011) destacam que o solo é um material poroso, cuja massa pode ocupar volume menor, em função da compressão, o que resulta em alterações na estrutura, arranjo e volume dos poros.

Para determinar a compactação do solo o parâmetro densidade é amplamente utilizado. Porém, Cechim (2007) salienta que o atributo mais significativo para a discussão da compactação é a porosidade do solo, visto que, tem função direta na proporção de volume do solo, de água e de ar, disponíveis para o desenvolvimento radicular das plantas.

Quanto a distribuição dos locais de estudo, foi possível observar que a região Sul do país concentra 54,2% do total, conforme pode ser visualizado na Figura 2.



**Figura 2.** Distribuição do número de estudos sobre compactação de solos, a partir de colheita florestal mecanizada, nos estados brasileiros.

Tendo em vista que na maioria dos estudos, os atributos são avaliados nas condições, antes e após o efeito do tráfego de máquinas, buscou-se parâmetros para se obter valores limites, afim de comparar os 24 trabalhos considerados. Assim, Reichert, Reinert e Braida (2003) estipularam valores críticos teóricos para os parâmetros físicos do solo os quais estão expostos no Quadro 2.

Os valores críticos teóricos para os parâmetros físicos do solo auxiliam no diagnóstico da condição física, ainda que empíricos. Devido a sua atuação de forma conjunta e complexa sobre os fatores de crescimento das plantas.

**Quadro 2.** Valores críticos teóricos para os parâmetros físicos do solo.

Parâmetro	Valores críticos
Densidade do solo crítica – $D_{sc}$	1,45 $Mg.m^3$ (argiloso >55% argila)
	1,55 $Mg.m^3$ (textura média 20 a 55% argila)
	1,65 $Mg.m^3$ (arenoso <20% argila)
Resistência à penetração – RP	> 2 Mpa
Porosidade de aeração – EA	EA = 0,10 – 0,15 $m^3 m^{-3}$
Água disponível às plantas – AD	AD = 0,15 – 0,25 $m^3 m^{-3}$
Aeração/Porosidade	CC/Pt = 2/3 (0,66) ou EA/Pt = 1/3 (0,34)

Fonte: adaptação de Reichert, Reinert e Braida (2003).

Afim de verificar se os valores ultrapassaram o valor crítico, os estudos foram enquadrados em grupos, conforme o Quadro 3. Os grupos compreenderam as classes de solo, visto que os valores críticos de densidade do solo são em função da textura do solo. Quanto a subdivisão nos grupos, esta foi realizada conforme o tipo de máquina.

Ressalta-se que foi considerado o maior valor do atributo densidade e

resistência à penetração do solo, em cada trabalho. Assim, dentro de cada tipo de solo é possível observar qual modal ou máquina dispõem maior grau de compactação sobre o solo.

O valor de densidade crítica utilizado foi de: 1,45  $Mg.m^3$  para Latossolo; 1,55  $Mg.m^3$  no Argissolo; e para o Cambissolo e o Neossolo adotou-se 1,65  $Mg.m^3$ . Sendo assim, quando os valores forem superiores ao valor limite, na coluna “Críticos” é apresentado o código “sim” e quando o valor limite não foi ultrapassado, é observado o código “não”. Quanto a resistência do solo à penetração, para todos os tipos de solo considerou-se como crítico acima de 2 Mpa.

O grau de compactação do solo está relacionado ao tipo de solo, ao peso da máquina e à intensidade de tráfego. A máquina que realiza o baldeio de madeira, seja *forwarder* ou *skidder*, causa as maiores deformações no solo. Lopes et al. (2011 a), Sampietro e Lopes (2011), Vargas (2019), verificaram que o aumento da densidade do solo, assim como, os maiores valores, foram na primeira camada de solo, de 0 a 10 cm. Enquanto que, Dedek e Gava (2005) verificaram que a compactação foi máxima na camada de 10 a 20 cm, no solo argiloso e na camada de 20 a 30 cm, no solo arenoso.

**Quadro 3.** Valores dos atributos de densidade do solo e resistência a penetração nos estudos e respectivamente se estes ultrapassam os valores críticos.

Solo(s)	Máquina(s)	Autor(es)	Valores		Crítico	
			Ds (Mg.m <sup>3</sup> )	RP (Mpa)	Ds	RP
Latossolo	<i>feller-buncher e skidder</i>	Rodrigues et al. (2018)	1,96	2,484	Sim	Sim
		Rodrigues e Lopes (2018)	–	2,930	–	
		Lima et al. (2008)	–	6,74	–	
	<i>harvester e forwarder</i>	Rodrigues et al. (2015)	–	> 2,10	–	Não
		Szymczak (2015)	1,29	1,95	Não	
		Szymczak et al. (2014)	1,18	1,45	Não	
		Fernandes e Souza (2003)	1,12	2,87	Não	
		Seixas e Oliveira Júnior (2001)	1,62	> 5,00	Sim	
	<i>forwarder</i>	Jesus et al. (2015)	1,35	> 5,00	Não	Sim
		Seixas e Souza (2007)	2,21	> 5,00	Sim	
		Silva et al. (2007)	< 1,3	> 6,00	Não	
		Seixas et al. (2003)	–	> 5,00	–	
	<i>skidder</i>	Lopes et al. (2011 b)	1,22	2,05	Não	
	<i>clambunk e tracked-skidder</i>	Lopes. S. et al. (2006)	< 1,4	< 2,0	Não	
colheita semimecanizada	Sperandio e Cecílio (2017)	2,90	–	Sim	–	
Motossera e caminhão-toco	Dedeck e Gava (2005)	1,28	> 5,00	Não	Sim	
Argissolo	<i>harvester e trator com grua e reboque</i>	Vargas (2019)	1,75	–	Sim	–
	<i>feller-buncher e skidder</i>	Pincelli et al. (2014)	1,49	> 3,5	Não	Sim
		Cechim (2007)	1,55	> 2,0	Sim	
<i>harvester e forwarder</i>	Seixas e Oliveira Júnior (2001)	1,33	3,0	Não		
Cambissolo	<i>feller-buncher e skidder</i>	Sampietro e Lopes (2016)	–	> 3,00	–	Sim
		Sampietro e Lopes (2011)	< 1,20	2,53	Não	
		Lopes et al. (2011 a)	1,39	> 3,00	Não	
	<i>harvester e forwarder</i>	Lopes et al. (2015)	1,47	4,66	Não	
		Sampietro (2013)	1,66	> 4,00	Sim	
Neossolo	Motossera e caminhão-toco	Dedeck e Gava (2005)	1,66	6,00	Sim	
	<i>feller-buncher e skidder</i>	Sampietro e Lopes (2011)	< 1,50	2,81	Não	

Legenda: Ds: Densidade do solo; RP: Resistência à Penetração do Solo.

Na resistência à penetração do solo os trabalhos de Szymczak (2013 e 2015) foram os únicos que não ultrapassaram o valor de 2 Mpa. Sendo

que alguns estudos, como os de: Seixas e Oliveira Júnior (2001), Seixas et al. (2003), Dedeck e Gava (2005), Seixas e Souza (2007), Silva et al. (2007), Lima

et al. (2008) e Jesus et al. (2015), os valores foram maiores que 5 Mpa.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As publicações científicas dos últimos 19 anos sobre a compactação do solo ocasionada pelo tráfego de máquinas florestais, na operação de colheita, no Brasil, concentram-se na região Sul e Sudeste do país. Assim, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentam potencial para serem exploradas com estudos nesta temática. Visto que, nestas regiões concentra-se 37,3% das florestas plantadas do Brasil.

A resistência a penetração e a densidade do solo são atributos físicos amplamente utilizados para avaliar a compactação do solo. Na maioria das publicações científicas, os valores de densidade e de resistência à penetração do solo foram superiores ao valor crítico.

#### 5. REFERÊNCIAS

- CECHIN, F. N. **Compactação de dois Argissolos na colheita florestal de *Pinus taeda* L.** 2007. 136 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 29, n. 3, p. 383-390, 2005.
- FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P. Compactação de um latossolo vermelho causada pelo tráfego do “forwarder”. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 279-284, 2003.
- FENNER, P. T. Compactação do solo. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p. 426-447, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES – IBÁ. **Resultado Anual. 2017**, Brasília. Disponível em: <[https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2018.
- JESUS, G. L. de. et al. Produtividade do eucalipto, atributos físicos do solo e frações da matéria orgânica influenciadas pela intensidade de tráfego e resíduos de colheita. **Revista Brasileira Ciência do solo**, v. 39, p 1190-1203, 2015.
- LIMA, J. S. S. et al. Avaliação da compactação do solo em um sistema de colheita de madeira. **Revista Árvore**, v. 24, n. 3, p. 276-282, 2000.
- LIMA, J. S. D. S. et al. Métodos geoestatísticos no estudo da resistência do solo à penetração em trilha de tráfego de tratores na colheita de madeira. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 931-938, 2008.
- LOPES, S. E. et al. Compactação de um solo de uso florestal submetido ao tráfego de arraste de madeira. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 369-376, 2006.

- LOPES, E. S. et al. Avaliação da umidade na compactação do solo submetido ao tráfego de máquinas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, Edição especial, p. 659-667, 2011a.
- LOPES, E. S. et al. Compactação de um Latossolo submetido ao tráfego de *Skidder* com diferentes rodados. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 471-480, jul.-set. 2011b.
- LOPES, E. S. de. et al. Compactação de um solo submetido ao tráfego do *harvester* e do *forwarder* na colheita de madeira. **Floram - Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 223-230, 2015.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. C. de.; SOUZA, L. C. de. P.; MELO, V. de. F. Variabilidade de atributos físicos e químicos de solos da formação guabirotuba em diferentes unidades de amostragem. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, p. 1491-1502, 2010.
- PEZZONI FILHO, J. C. et al. Compaction of an inceptisol caused by forest extraction with *Skidder*. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 199-208, 2014.
- PINCELLI, A. L. P. S. M.; SEIXAS, F.; NUNES, R. Compaction and Soil Fertility After *Eucalyptus* Harvesting Using *Feller Buncher* and *Skidder*. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 191-197, 2014.
- PIRES, L. F.; ROSA, J. A.; TIMM, L. C. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Revista Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 161-170, 2011.
- REICHERT, J. M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v. 102, n. 2, p. 242-254, Mar. 2009.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa**: SBCS. Cap. 5, p. 49-134, 2007.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 29-48, jul./dez. 2003.
- REINERT, D. J. E; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo**. 2006. 18 p. Disponível em: <[https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An\\_lise\\_da\\_zona\\_n\\_o\\_saturada\\_do\\_solo\\_texto.pdf](https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2018.
- RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005.
- RODRIGUES, C. K. **Compactação do solo causada por dois sistemas de colheita de madeira em florestas de *Eucalyptus grandis***. 2013. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2013.
- RODRIGUES, C. K; LOPES, E. S. Análise espacial da compactação do solo causada pelo sistema de colheita de madeira de árvores inteiras.

**Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 3, p. 227-233, 2018.

Curitiba, PR, v. 46, n. 3, p. 307-314, jul./set. 2016.

RODRIGUES, C. K. et al. Variabilidade espacial da compactação de um solo submetido ao tráfego de *harvester* e *forwarder*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 387-394, 2015.

SAMPIETRO, J. A.; LOPES, E. S.; REICHERT, J. M. Compactação causada pelo tráfego de *feller buncher* e *skidder* em um Neossolo regolítico sob distintas umidades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 239-248, jan./mar 2015.

RODRIGUES, C. K. et al. Soil Compaction Duo to Wood Harvesting Traffic at Different Extraction Distances. **Floram - Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 2, p. 1-8, 2018.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido à mecanização florestal: Causas, Efeitos e Práticas de Controle. **Circular técnica nº 163**, IPEF, out. 1988.

ROSA, S. F. da. et al. Propriedades físicas e químicas de um Argissolo sob cultivo de *Eucalyptus dunnii* Maiden no Pampa gaúcho. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28 n. 2, p. 580-590, abr./jun., 2018.

SEIXAS, F. Potencial de danos dos sistemas de colheita de madeira no solo e nas cepas. **Série Técnica do IPEF**, n.30, p.63-78, abr. 1997.

SAMPIETRO, J. A. **Compactação de cambissolo e neossolos causada pela colheita de madeira com *feller-buncher* e *skidder***. 2010. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2010.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas de colheita de madeira. **Scientia Forestalis**, n. 60, p. 73-87, dez. 2001.

SAMPIETRO, J. A. **Propriedades mecânicas e trafegabilidade de solos em plantios florestais**. 2013. 233 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D.; SOUZA, C. R. Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira. **Scientia Forestalis**, IPEF, n. 54, p. 9-16, dez. 1998.

SAMPIETRO, J. A.; LOPES, E. S. Compactação de um cambissolo causada por máquina de colheita florestal especializada com geoestatística. **FLORESTA**,

SEIXAS, F.; KOURY, C. G. G.; RODRIGUES, F. A. Determinação da área impactada pelo tráfego de *forwarder* com uso de GPS. **Scientia Forestalis**, IPEF, n. 63, p. 178-187, 2003.

SEIXAS, F.; SOUZA, C. R. Avaliação e efeito da compactação do solo, devido à frequência de tráfego, na produção de madeira de eucalipto. **Revista Árvore**,

Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1047-1052, 2007.

SILVA, C. A. T.; CEZAR, T. C. M.; NÓBREGA, L. H. P. Porosidade de Latossolos e práticas de manejo agrícola para a conservação do solo. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 2, n. 2, p. 153-164, jul. 2011.

SILVA, S. R. et al. Alterações do solo influenciadas pelo tráfego e carga de um "forwarder" nas entrelinhas de uma floresta de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 371-377, 2007.

SIXE, R. M. DE M. B. **Forest**. v. No 07, n. Edição 10-Ano 02, p. 14-26, 2015.

SPERANDIO, H. V.; CECÍLIO, R. A. Atributos físicos do solo em área sob colheita florestal semimecanizada no estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 2, p. 69-74, 2017.

SUZUKI, L. E. A. S. **Qualidade físico-hídrica de um Argissolo sob floresta e pastagem no sul do Brasil**. 2008. 138 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SZYMCZAK, D. A. **Compactação do solo causada pelos tratores**

**florestais Harvester e Forwarder na colheita de Pinus taeda L.** 2013. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SZYMCZAK, D. A. et al. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região sudoeste do Paraná. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 641-648, 2014.

SZYMCZAK, D. A. **Influência do manejo de resíduos da colheita de Pinus taeda L. na compactação do solo**. 2015. 93 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VARGAS, F. **Qualidade física do solo em desbaste mecanizado de Eucalyptus saligna**. 2019. 63 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

# INFLUÊNCIA DO PREPARO DE SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus dunnii* EM SANTA CATARINA

Rodrigo LIMA<sup>1</sup>; Jean Alberto SAMPIETRO<sup>2</sup>; Marcelo BONAZZA<sup>3</sup>;  
João Mauricio PACHECO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Telêmaco Borba (FATEB), Avenida Marechal Floriano Peixoto, 1181, Alto das Oliveiras, 84266-010, Telêmaco Borba, Paraná, Brasil

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões, 2090, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod. Ulysses Gaboardi, Km 3, 89520-000, Curitibanos, Santa Catarina, Brasil

<sup>4</sup> Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Avenida Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil

E-mail para correspondência: [rodrigo.eng3@gmail.com](mailto:rodrigo.eng3@gmail.com) - N° 012/2019

## Resumo

O objetivo do estudo foi verificar a influência de diferentes condições de preparo de solo no crescimento inicial de *Eucalyptus dunnii* Maiden, bem como, gerar recomendações para o manejo e preparo de solo. O estudo foi realizado em áreas destinadas ao cultivo de mudas clonais de *E. dunnii* pertencentes à uma empresa florestal situada no Planalto Norte do Estado de Santa Catarina. Na área experimental foram testados sete diferentes métodos de preparo de solo em plantios clonais de *E. dunnii*, em espaçamento de 3,0 x 1,8 m. Informações referentes ao crescimento das plantas foram coletadas em campo (altura, DAP e volume) aos 12, 18 e 30 meses após o plantio. Para análises de estatística descritiva e experimental consideraram-se os dados mensurados aos 24 meses de idade. Os resultados indicaram que existe um ponto ótimo de relação entre o método de preparo de solo e o crescimento inicial das árvores. De maneira geral, verificou-se que quanto menor a intensidade do revolvimento do solo no método de preparo adotado, menor o desenvolvimento de algumas variáveis dendrométricas de *E. dunnii*.

**Palavras-chave:** Implantação florestal; Silvicultura; Manejo do solo.

## Abstract

The objective of this study was to verify the influence of different tillage conditions on the initial growth of *Eucalyptus dunnii* Maiden, as well as to generate recommendations for soil management and tillage. The study was carried out in areas intended for the cultivation of *E. dunnii* clonal seedlings belonging to a forestry company located in the Northern Plateau of Santa Catarina State. In the experimental area, seven different soil tillage methods were tested in *E. dunnii* clonal planting, with 3.0 x 1.8 m spacing. Information regarding plant growth was collected in the field (height, DBH and volume) at 12, 18 and 30 months after planting. For analysis of descriptive and experimental statistics we considered the data measured at 24 months of age. The results indicated that there is an optimal relationship between the tillage method and the initial tree growth. In general, it was found that the lower the intensity of soil tillage in the tillage method adopted, the lower the development of some *E. dunnii* dendrometric variables.

**Keywords:** Forest harvest; Soil physical attributes; Scientific publications.

## 1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2017) projetou que a demanda por madeira para uso industrial e geração de energia chegará a 5,2 bilhões de metros cúbicos por ano. Com acréscimo de 40% nos próximos 35 anos, o que exigirá o plantio adicional de aproximadamente 210 milhões de hectares de eucalipto em todo o mundo, considerando os níveis atuais de produtividade.

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de árvores plantadas no País (7,84 milhões) e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Com a expansão dessas áreas com plantios de espécies do gênero *Eucalyptus* no Estado de Santa Catarina, as empresas do setor vêm buscando alternativas e melhores técnicas de manejo do solo para aumentar o crescimento e elevar a produtividade.

O desenvolvimento de técnicas de manejo do solo visa garantir o pleno estabelecimento dos plantios florestais. Bem como, o uso dos recursos do meio de forma sustentável. Para assim promover a maior produção de madeira

para abastecimento industrial em menores áreas de cultivo, sem que ocorra a degradação demasiada do solo.

O preparo do solo para o plantio de espécies florestais visa disponibilizar quantidades suficientes de água e nutrientes para um rápido estabelecimento das mudas. As técnicas de preparo visam priorizar o rápido crescimento do sistema radicular das plantas. Bem como, na redução ou erradicação de plantas indesejáveis da área produtiva.

O entendimento do efeito de diferentes métodos de preparo sobre as propriedades físicas do solo para o desenvolvimento de espécies do gênero *Eucalyptus*, possibilitará nortear o planejamento de operações de implantação florestal e manejo do solo, buscando reduzir perdas produtivas, subsidiar a tomada de decisão e contribuir com a gestão dos povoamentos florestais desta importante cultura no Planalto Norte Catarinense.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do método de preparo de solo no crescimento inicial em altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e volume de clones de *E. dunnii*, aos 24 meses de idade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Triângulo, localizada no Município de Mafra, Região do Planalto Norte Catarinense, em dezembro de 2013. O clima da região, conforme Köppen, e reclassificação segundo Alvares et al. (2013) é mesotérmico úmido (Cfb), sem estação seca, com verões quentes e inverno rigoroso, sendo a temperatura média anual de 19,7°C e precipitação média anual entre 1.600 a 1.700 mm.

A instalação do experimento foi precedida por roçadas mecânicas em toda a área. Posteriormente realizado o controle de formigas cortadeiras com uso de formicida (iscas granuladas) na área experimental e nas adjacentes. Em seguida, foram implantados os tratamentos de preparo do solo descritos no Quadro 1.

Em todas as parcelas, concomitantemente aos diferentes preparos do solo, foram incorporados 3,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, poder relativo de neutralização total (PRNT) de 75% e ainda, 500 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural reativo de Arad, conforme recomendação do Centro de Pesquisa e Tecnologia (CPT) da empresa.

**Quadro 1.** Caracterização dos tratamentos de preparo de solo testados para *E. dunnii* em SC.

Tratamentos	Características
1 (cova)	Abertura da cova com diâmetro de 20 cm e profundidade de 25 cm, com enxadão.
2 (1D-20 cm)	Abertura de sulcos com 20 cm de profundidade na parte central, com trator de esteira e subsolador de haste simples (1 dente).
3 (1D-40 cm)	Abertura de sulcos com 40 cm de profundidade na parte central, com trator de esteira e subsolador de haste simples (1 dente).
4 (3D-20 cm)	Abertura de sulcos com 20 cm de profundidade, com subsolador de haste tripla com distância de 50 cm entre si (3 dentes).
5 (3D-40 cm)	Abertura de sulcos com 40 cm de profundidade, com subsolador de haste tripla com distância de 50 cm entre si (3 dentes).
6 (6D-20 cm)	Abertura de sulcos com 20 cm de profundidade, com subsolador de haste tripla, com duas passadas pela mesma linha (ida e volta) com 6 dentes.
7 (6D-40 cm)	Abertura de sulcos com 40 cm de profundidade, com subsolador de haste tripla, com duas passadas pela mesma linha (ida e volta) com 6 dentes.

Após o preparo, foi realizado o plantio manual das mudas, em espaçamento de 3,0 m x 1,8 m, totalizando 125 plantas em cada parcela, distribuídas em cinco linhas, com 25 plantas. No entanto, nas avaliações dendrométricas foram consideradas somente as plantas das três linhas centrais para atenuar o efeito de bordadura.

As mudas receberam a segunda adubação 20 dias após o plantio (adubação de arranque) com NPK (6-30-6). Sendo 100 g por planta, distribuídos em duas covas laterais, distanciadas 10 a 15 cm de cada muda, a uma profundidade aproximada de 7 cm. Aos 3 meses foi realizada uma adubação de cobertura com 150 g por planta de NPK (20-00-20) mais Boro a 0,7%, conforme normas da empresa.

O crescimento inicial das plantas foi acompanhado por meio da mensuração: da altura total (h), com auxílio de um hipsômetro *Haglöf Vertex IV*; e do diâmetro à altura do peito (DAP), com o uso de uma fita métrica comum. As leituras foram realizadas em todas as árvores das parcelas aos 12, 18 e 30 meses de idade após o plantio. De posse destes dados, o volume das árvores foi calculado pelo método do volume cilíndrico aos 24 meses, apenas multiplicando a área transversal de cada árvore pela sua respectiva altura, sem considerar o fator de forma da espécie.

As variáveis dendrométricas para avaliação do crescimento inicial (altura, DAP e volume) foram submetidas a análise completa de variância (ANOVA), ao nível de 95% de confiança estatística. O teste de comparação de médias de Tukey foi aplicado aos dados, ao nível de

5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o *STATGRAPHICS Centurion XVI*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância apontou a influência dos tratamentos de preparo de solo no crescimento em altura, diâmetro e volume das árvores de *E. dunnii* aos 24 meses, ao nível de  $\alpha$  (0,05). As médias de altura variaram entre 11,07 m no tratamento 1 (cova) e 12,97 m no tratamento 4 (3D-20 cm), sendo estes, o menor e o maior valor médio, respectivamente. A altura média do tratamento 1 (cova) diferiu das médias dos tratamentos 3 (1D-40 cm), 4 (3D-20 cm), 5 (3D-40 cm) e 7 (6D-40 cm) e apresentou semelhança estatística quando comparado ao tratamento 2, conforme Tabela 1.

Vásquez (1987) afirmou que a intensidade de preparo do solo influencia positivamente no crescimento inicial das plantas, num período compreendido entre o primeiro e segundo ano para plantios de eucalipto, podendo se estender até o final do ciclo.

Com relação ao diâmetro das árvores (DAP) o tratamento 7 (6D-40 cm) obteve maior média 9,14 cm, porém não apresentou diferença estatística

significativa quando comparado aos tratamentos 6 (6D-20 cm), 5 (3D-40 cm), 4 (3D-20 cm), 3 (1D-40 cm) e 1 (cova). O menor valor médio observado foi 8,11 cm no tratamento 2 (1D-20 cm) que diferiu do tratamento 1 (cova), quando comparados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios de altura, DAP e volume de *E. dunnii* em diferentes métodos de preparo de solo, aos 24 meses de idade, em SC.

Tratamentos	Altura (m)	DAP (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )
1 (cova)	11,07 b	8,97 Aa	0,0814 a
2 (1D-20 cm)	12,35 ab	8,11 Bb	0,0795 a
3 (1D-40 cm)	12,89 a	8,60 ABb	0,0855 b
4 (3D-20 cm)	12,97 a	8,91 Ab	0,0874 a
5 (3D-40 cm)	12,63 a	9,07 Ab	0,0984 a
6 (6D-20 cm)	12,13 ab	9,13 Ab	0,0950 a
7 (6D-40 cm)	12,80 a	9,14 Ab	0,0957 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No estudo realizado por Finger et al. (1996), a subsolagem proporcionou maior crescimento em altura e diâmetro e maior sobrevivência das plantas de *Eucalyptus grandis*, do que em solos não subsolados, em área experimental com solo Podzólico Bruno acinzentado no Rio Grande do Sul.

Para a variável volume cilíndrico as médias ficaram entre 0,0795 m<sup>3</sup> e 0,0984 m<sup>3</sup>, sendo o menor valor encontrado no tratamento 2 (1D-20 cm) e o maior no tratamento 5 (3D-40 cm). O tratamento 3 (1D-40 cm) diferiu estatisticamente. Os demais tratamentos obtiveram semelhança estatística (Tabela 1).

Ao estudarem o crescimento de diferentes espécies de eucalipto em condições distintas de preparo de solo, Rodigheri e Pinto (2001) relataram que o crescimento médio nos tratamentos que receberam o preparo foi 67% maior, quando comparados aos resultados obtidos nos tratamentos sem preparo de solo.

Para Gonçalves e Stape (2002) o preparo do solo causa o aumento do espaço poroso e promove a redução da densidade do solo, favorecendo a movimentação de água e as trocas gasosas no sistema solo, planta e atmosfera, resultando em melhores condições para o estabelecimento e crescimento das plantas.

Os tratamentos 1 (cova) e 2 (1D-20 cm) mostraram-se como opções desfavoráveis de preparo considerando a análise da altura e DAP, devido aos menores valores encontrados. Pois o revolvimento do solo realizado com o

enxada no primeiro tratamento ocorre apenas na cova, assim proporcionou menor desenvolvimento radicial e com isso dificuldades no crescimento.

Como a raiz é o suporte para a obtenção de água e nutrientes pela planta, subentende-se que com um solo mais revolvido, as raízes encontram menor resistência mecânica, o que favorece seu crescimento e, conseqüentemente o pleno desenvolvimento de toda a estrutura da mesma.

#### 4. CONCLUSÃO

Os diferentes métodos e condições de preparo de solo influenciaram no crescimento inicial de *E. dunnii* aos 24 meses de idade.

Os tratamentos 6 (6D-20 cm) e 7 (6D-40 cm) podem ser boas alternativas de preparo de solo para produção de *E. dunnii* na Região do Planalto Norte de Santa Catarina. Os tratamentos 1 e 2 são menos favoráveis ao crescimento inicial.

Estudos complementares são recomendados e necessários para validar a viabilidade técnica e econômica para cada método de preparo de solo, bem como, favorecer na escolha do melhor cenário.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- FAO. **Statistics**. 2017. Available from: <<http://www.fao.org/statistics/pt/>>. Access on: 01 set. 2019.
- FINGER, C. A. G.; SCHUMACHER, M. V.; SCHNEIDER, P. R.; HOPPE, J. N. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 137-145, 1996.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. 409 p.
- IBÁ. **Dados e estatísticas**. 2017. Available from: <<https://www.iba.org/datasets/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2017.pdf>>. Access on: 01 set. 2019.
- RODIGHERI, H. R.; PINTO, A. F. Desempenho de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*, com e sem preparo de solos em pastagem degradada, em Santana do Itararé - PR. Colombo: Embrapa Florestas, nov. 2001, 02p. (**Comunicado Técnico**, n. 57).
- VÁSQUEZ, S. F. **Comportamento inicial da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em consórcio com milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com e sem aplicação de fertilizantes minerais em solo de campo na Região**

**Metropolitana de Curitiba - Paraná.** 1987. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

## **6. AGRADECIMENTOS**

À empresa florestal por permitir a realização do estudo, a UDESC e a FATEB por viabilizarem a participação dos pesquisadores.



# Sessão Técnica II

## COLHEITA E EXPLORAÇÃO FLORESTAL



# ANÁLISE DA INSERÇÃO DO SISTEMA DIGITAL NA IDENTIFICAÇÃO DE TORAS DE TECA

Eudes dos Santos da **SILVA**<sup>1</sup>; Roberto Antônio Ticle de Melo e **SOUSA**<sup>2</sup>; Mariana Peres de Lima Chaves e **CARVALHO**<sup>3</sup>; Ângelo Márcio Pinto **LEITE**<sup>4</sup>; Yasnay Maria de Moraes Massola **FREITAS**<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil – eudissantos@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil – ratms@terra.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil – marianaperes@ufmt.br

<sup>4</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 – km 583 nº 5000 – Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – angelo.leite@ufvjm.edu.br

<sup>5</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil – moraesyasnay@gmail.com

E-mail para correspondência: [eudissantos@hotmail.com](mailto:eudissantos@hotmail.com) - Nº 020/2019

## Resumo

No estado de Mato Grosso, empresas de Teca adotaram um sistema digital de identificação de toras, para a exportação, sendo essa prática pouco utilizada no Brasil em floresta plantada. Objetivou-se com este estudo, analisar a inserção do sistema digital na identificação toras de teca, por meio de estudos de tempos e movimentos. Foram 195 ciclos operacionais de identificação sendo as operações analisadas de etiquetagem e registro de código de barras. Calculou-se a disponibilidade mecânica do leitor que foi de aproximadamente 90%; a eficiência operacional de 66% para a etiquetagem e 60% para o registro. Com o tempo médio de 0,4 min/ciclo, a produtividade média da identificação de correspondeu a 1,37m<sup>3</sup> com casca/ciclo. Na operação de etiquetagem, a produtividade foi de 1,06m<sup>3</sup> com casca/min. e, na operação de registro de código de barras, a produtividade foi de 1,74m<sup>3</sup> com casca/min.

**Palavras-chave:** colheita florestal; controle de qualidade; exportação.

## Abstract

The objective of this study was to analyze the insertion of the digital system in the identification of teak logs, through time and movement studies. A total of 195 identification operational cycles were collected. The operations analyzed were those of barcode labeling and registration. The mechanical availability of the barcode reader was estimated to be approximately 90%; 66% operational efficiency for labeling and 60% for barcode registration. With an average time of 0.4 min/cycle, the average yield of log identification corresponded to 1.37m<sup>3</sup> with bark / cycle. In the labeling operation, the productivity was 1.06m<sup>3</sup> with bark / min. and, in the barcode registration operation, the productivity was 1.74m<sup>3</sup> with bark / min.

**Keywords:** forest harvesting; quality control; export.

## 1. INTRODUÇÃO

À elevada procura do mercado externo por produtos florestais madeireiros constitui um dos fatores para o aumento da área do plantio de florestas no Brasil. A demanda por estes produtos deve-se às pressões sociais, sobre a floresta nativa e o curto ciclo rotacional do cultivo de espécies exóticas no país.

Em 2015, os produtos madeireiros participaram com 97,9% da receita total obtida com produtos silviculturais no Brasil, sendo que 62,7% foram provenientes de madeira em toras para produção de papel, celulose e outras finalidades (BRAINER, 2017). Para que estes produtos tenham crescente participação no mercado externo torna-se necessário implementar conceitos de inovações tecnológicas, considerando bases da pesquisa e planejamento florestal (GUIMARÃES, 2008).

Para o atendimento dessa demanda, as empresas produtoras de madeira enfrentam o desafio de gerenciar grandes volumes de toras nos pátios de estocagem. No gerenciamento desses volumes, é comum ocorrer equívocos de informações quanto ao fluxo de entrada e saída destes.

No estado de Mato Grosso, empresas produtoras de madeira de Teca (*Tectonas grandis* L. f.) visam

expandir seu mercado consumidor, para isso adotaram um sistema digital de identificação de toras para atender suas exportações. Nesse sistema, códigos de barras são utilizados nos procedimentos de identificação de toras em floresta plantada, sendo denominada popularmente de “chipagem”. Contudo, no Brasil, o uso de códigos de barras é uma prática pouco utilizada ainda nas operações de colheita em floresta plantada.

A inserção de novas tecnologias na produção de madeira em toras impacta todo o sistema produtivo. E compreender os seus efeitos no sistema de produção pode contribuir para o planejamento das operações de colheita e transporte florestal, com o intuito de melhorar a qualidade, aumentar a produtividade e reduzir custos. Com este estudo, objetivou-se analisar a inserção do sistema digital de identificação de toras de teca, por de estudos de tempo e movimentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

Os dados foram coletados na fazenda Campina, localizada município de Nossa Senhora do Livramento, Mato Grosso. Essa região é caracterizada por sua área de inserção na parte norte do pantanal mato-grossense, em que não

sofrem inundações anuais típicas e, por isso, é conhecida por “cordilheira” denominação típica do local (LUDKE, 2004).

Nessa fazenda havia povoamentos de Teca, com idades variando de 16 a 19 anos e espaçamento de 3m x 3m. O corte final do povoamento está programado para a idade de 30 anos.

O sistema de colheita utilizado pela empresa é o de árvores inteiras, ou seja, aquele em que retira do talhão árvores sem raízes, com todas as operações subsequentes a derrubada, realizadas na margem do talhão.

Para identificação das toras, a priori ocorrem, na margem do talhão, as operações do processamento (desgalhamento de árvores e seccionamento do fuste). Posteriormente, dar-se início a identificação de toras. O ciclo operacional de identificação é composto pelas operações de etiquetagem e registro de código de barras.

No sistema digital a identificação das toras é dividida em duas operações:

**A) Operação de etiquetagem:** consiste na fixação de etiquetas de plásticos com grampos metálicos nas extremidades das classes de toras de teca pelo auxiliar de campo. Estas

etiquetas são impressas com código de barras e suas respectivas sequências numéricas, para a posterior leitura do código de barras.

**B) Operação de registro do código de barras:** esta leitura é caracterizada pela emissão de um sinal luminoso de um leitor de código de barras, sobre as etiquetas impressas. Posteriormente, ocorre o registro destes códigos com a inserção de informações específicas de cada tora (talhão, comprimento, circunferência, operador, data e horário do registro) no software da máquina leitora. Onde, em seguida, serão descarregados no banco de dados da empresa (Figura 1).

A operação de leitor de código de barras é executada por um operador e do auxiliar de campo (responsável pela fixação das etiquetas nas toras). Na operação de etiquetagem, a fixação de etiquetas começa a ser executada em uma das extremidades de uma quantidade arbitrária de toras, sendo finalizada após o término da outra extremidade. Na operação de registro de código de barras, as leituras dos códigos eram realizadas em apenas uma das extremidades das toras, pelo fato dos códigos de barras de cada tora, possuírem a mesma sequência numéricas.



**Figura 1.** (a) Operações de etiquetagem e (b) registro do código de barras nas toras de teca.

No ciclo operacional, consideraram-se as seguintes interrupções:

**A) Interrupções mecânicas:** considerou-se os tempos de substituição do leitor de código de barras, por falhas da máquina que ocorreram, durante as leituras ou por esgotamento de bateria do aparelho;

**B) Interrupções não-mecânicas:** considerou-se as pausas para descanso, alimentação (lanche), necessidades fisiológicas e, tempo de

deslocamento da equipe de trabalho entre talhões.

## 2.2 Coleta de dados de tempo

Foi realizada nos períodos de 26 de fevereiro a 02 de março de 2018 e de, 09 a 11 de maio de 2018, totalizando 8 (oito) dias de coleta de dados em campo. Nestes períodos estavam sendo realizado o 6º desbaste seletivo programado para o povoamento. Nesta coleta não houve uma seleção prévia dos talhões, e sim, o acompanhamento da equipe de identificação de toras no campo, conforme a programação dos trabalhos por parte da empresa avaliada.

Assim, a técnica de amostragem utilizada foi à aleatória, onde todos os indivíduos da população têm a mesma probabilidade de serem escolhidos para compor a amostra. Nessa coleta, foram utilizados cronômetros digitais, pranchetas e formulário específico para o registro de dados de tempo das operações de etiquetagem e leitura do código de barras, bem como, de informações complementares às atividades.

Para o cálculo da intensidade amostral foi adotada a metodologia de Avery (1975), expressa pela seguinte equação:

$$n \geq \frac{t^2 \times CV^2}{E^2} \quad (1)$$

Em que:

n = número de ciclos operacionais necessários;  
t = valor tabelado de t de *student*, para o nível de probabilidade desejado e o grau de liberdade (n - 1);  
CV = Coeficiente de variação, em porcentagem;  
E = Erro admissível, em porcentagem.

Realizou-se um estudo-piloto do ciclo operacional de identificação de toras, a fim de se conhecer o número mínimo de amostras necessárias para o limite máximo de erro de 5%, a um nível de probabilidade de 95% de confiança. Conforme o cálculo da intensidade amostral, foram coletados 195 ciclos operacionais da identificação de toras.

Para avaliação técnica do sistema digital de identificação de toras foi analisado o tempo de cada operação, por intermédio de estudos de tempo e movimentos, descritos por (BARNES, 1977; CONTADOR, 2004; PEINALDO e GRAELM, 2007).

Com base nos levantamentos de dados de tempo calculou-se a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional (em percentual) e, a produtividade média para cada operação do ciclo operacional da identificação de toras.

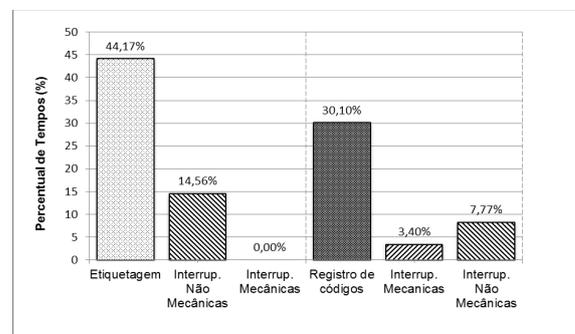
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise técnica do sistema digital de identificação de toras de Teca

Na identificação de toras foram contabilizados 195 ciclos operacionais, com o tempo total de 01h 32min. O tempo médio do ciclo operacional de identificação foi de 18s, sendo o tempo máximo de 34s e o tempo mínimo de 00min 13s.

A etiquetagem foi à operação que consumiu 44,17% do tempo total do ciclo operacional. O registro do código de barras nas toras consumiu 30,10%, com 25,73% correspondendo às interrupções.

Verificou-se ainda que as interrupções não mecânicas consumiram 14,56% do tempo total do ciclo operacional na operação de etiquetagem e, 7,77% na operação de registro de código de barras. As interrupções mecânicas ocorreram somente no registro de códigos, com 3,40% dos tempos totais (Figura 02).



**Figura 2.** Tempo médio do ciclo operacional da etapa de identificação de toras, com interrupções mecânicas e não mecânicas.

As interrupções mecânicas ocorreram somente na etapa de registro do código de barras, devido às eventuais falhas do leitor ao registrar os códigos e, ou por falta de uma bateria reserva.

Na etapa de identificação de toras, as interrupções não mecânicas que consumiram tempo do ciclo operacional foram paradas para descanso com 48,71%, organização de toras para etiquetagem com 27,70%, substituição do grampeador com 8,46%, deslocamento entre talhões e tempo chuvosos, ambas com 7,69%.

Verificou-se também nesta etapa que, tanto na etiquetagem quanto no registro dos códigos, as paradas para descanso ocorreram com muita frequência e por tempos prolongados.

Com os dados de volume de produção de toras de madeira disponibilizados pela empresa, foram obtidos os volumes médios individuais (VMI) de tora, com 0,13 m<sup>3</sup> para a classe de toras curtas; 0,18m<sup>3</sup> para a classe de toras semi-longas e, 0,44m<sup>3</sup> para classe de toras longas.

Com o tempo médio de 0,4 min./ciclo, a produtividade média da etapa de identificação de toras correspondeu a 1,37 m<sup>3</sup>cc/ciclo.

Na operação de etiquetagem, a produtividade foi de 1,06 m<sup>3</sup>cc/min e, na operação de registro de código de barras esta foi de 1,74 m<sup>3</sup>cc/min. Para o leitor de código de barras utilizado para o registro de códigos nas toras de teca esta foi de aproximadamente 90%.

A eficiência operacional foi de 66% na operação de etiquetagem e de 60% no registro de códigos, caracterizando-se como valores abaixo do recomendado, pois, conforme Machado (1989) citado por Lacerda et al. (2015), a eficiência operacional e disponibilidade mecânica para máquinas florestais deve ser igual ou superiores a 70%. A Tabela 1 apresenta os valores de eficiência operacional, disponibilidade mecânica, produtividade e tempo médio encontrados neste estudo.

Com base nos resultados obtidos pôde-se fazer algumas considerações sobre o uso do sistema digital na identificação de toras de Teca avaliado. O referido sistema não está sendo utilizado de forma a racionalizar os tempos de trabalho na identificação de toras, tendo apresentado baixa eficiência operacional.

**Tabela 1.** Valores de tempo médio, volume, produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica da identificação de toras.

	Etapas da identificação de toras	
	Etiquetagem	Registro de códigos
Volume por etapa (m <sup>3</sup> )	58,42	60,76
Produtividade (m <sup>3</sup> cc/etapa)	0,30	0,31
Produtividade (m <sup>3</sup> cc/min.)	1,06	1,74
Eficiência operacional (%)	66,50	60,00
Disponibilidade mecânica (%)	0,00	89,00
Tempo médio por etapa (min.)	0,28	0,13

Observou-se ineficiência / paralisação nas operações de etiquetagem e de registro do código de barras, tendo como agravante os tempos prolongados para substituir o leitor. Cabe salientar que a paralisação frequente desta atividade comprometerá em curto prazo, a fase subsequente de carregamento de toras para o transporte principal.

A possível solução para este problema é a equipe de identificação das toras ter disponível uma bateria de reserva carregada ou, então, se adaptar um carregador no veículo utilizado para deslocamento da equipe de campo.

O uso do sistema digital proporciona como vantagens a otimização do

controle de produção por classe de toras para exportação (geração de informações mais precisas e confiáveis) e, redução de tempos improdutivos que são refletidos na atividade subsequente do transporte florestal.

Contudo, é importante ressaltar que a utilização do código de barras, quando utilizado desconectado do banco de dados não possibilita a transmissão de informações em tempo real, tornando-se um fator restritivo para empresas de grande porte, que trabalham com grande escala de produção.

#### 4. CONCLUSÃO

Constatou-se por intermédio do estudo de tempos e movimentos a necessidade de maior treinamento das equipes de trabalho, visando aumentar a eficiência operacional da identificação de toras com sistema digital.

Na etapa de identificação de toras de Teca, o uso do sistema digital permite ganhos, *a posteriori*, devido à maior facilidade do acompanhamento das toras por um dossiê ao longo da cadeia produtiva, melhorando o controle sobre o tempo de estocagem e desembarque de cargas.

O sistema digital possibilita ainda, a redução de erros das informações, atendendo a demanda das exportações por sortimentos (classe de toras).

## 5. REFERÊNCIAS

- AVERY, T. E. **Natural resources measurements**. 2.ed. Mc Graw-Hill, 1967.
- BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida de Trabalho**. 6. ed. (tradução). São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 635 p.
- BRAINER, M. S. de C. P. (Coord.). **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste-ETENE**. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/documents/80223/2130265/silvicultura.pdf/b68e289e-ff83-3016-ed37-77ed39e9acfa>>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- CONTADOR, J. C. (Comp.). **Gestão de operações: A Engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Fundação Carlos Alberto Vanzolins, 2004.
- GUIMARÃES, H. S. Novas tecnologias para colheita e transporte de madeira. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS, 15., 2008. Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 2008.
- LACERDA, L.C. FIEDLER, N. C.; CHICHORRO, J.F.; CARMO, F. C. A. C.; MENDONÇA, A. R. Análise operacional da extração florestal mecanizada em módulos próprios e terceirizados. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 205-209, 2015.
- LUDKE, F. J. **Desenvolvimento de *Anadenanthera facata*, *Myracrodun urundeuva* e *Melizaurus itauba* em plantio homogêneo em Nossa Senhora do Livramento, MT**. 2004. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicentro, 2007.

# ANÁLISE DESCRITIVA DOS RELATÓRIOS DE NÃO CONFORMIDADES DE CERTIFICAÇÃO DE MADEIRA CONTROLADA FSC

João Lucas Rebouças de **OLIVEIRA**<sup>1</sup>; Ana Karla Vieira da **SILVA**<sup>1</sup>; Luciélia Lacerda **SILVA**<sup>1</sup>; Daniel Pena **PEREIRA**<sup>2</sup>; Pompeu Paes **GUIMARÃES**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil – joaomnlucas@hotmail.com; karlinha.vieira.20@hotmail.com; lucielialacerda@gmail.com; pompeu.guimaraes@ufersa.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campos Uberaba, Av. Doutor Randolpho Borges Júnior, 2900, Bairro: Univerdecidade, CEP38064-300, Uberaba, Minas Gerais, Brasil – danielpena@iftm.edu.br

E-mail para correspondência: [joaomnlucas@hotmail.com](mailto:joaomnlucas@hotmail.com) - Nº 09/2019

## Resumo

Devido à crescente demanda por recursos florestais no mercado, o combate ao consumo de madeira de origem ilegal necessita de novas alternativas. A certificação florestal de madeira controlada (CW) permite a inclusão de produtores que dependem do fornecimento de insumos florestais de origem não certificada. Neste contexto, o objetivo deste artigo consistiu em analisar as principais dificuldades em quatro empresas quanto à conformidade dos Sistemas de *Due Diligence* (devida diligência - SDD), e de Gestão de Qualidade (SGQ) para a certificação do consumo de madeira controlada *Forest Stewardship Council* (FSC). Foram analisados as não conformidades evidenciadas em 12 relatórios de auditorias referentes ao padrão sobre o consumo de madeira controlada FSC, realizados em quatro empresas. Os resultados indicaram que as empresas apresentaram maior dificuldade na implementação de um sistema *Due Diligence*, principalmente quanto ao método de mitigação de riscos.

**Palavras-chave:** Mitigação de risco; Gestão de qualidade; Avaliação.

## Abstract

Due the growing demand for forest resources in the market, the fight against the consumption of illegally harvested timber needs new alternatives. Controlled wood forest certification (CW) allows the inclusion of producers who depend on the supply of forest inputs from uncertified sources. In this context, the objective of this paper was to analyze the main difficulties in four companies regarding the compliance of due diligence (DDS) and quality management (QMS) systems for the certification of controlled wood consumption Forest Stewardship Council (FSC). The non-compliances evidenced in 12 audit reports related to FSC controlled wood sourcing standard carried out in four companies were analyzed. The results indicated that the companies had more difficulty in implementing a due diligence system, especially regarding the risk mitigation method.

**Keywords:** risk mitigation; quality management; assessment.

## 1. INTRODUÇÃO

As empresas que desejam comprovar que seu sistema de produção atende aos padrões de sustentabilidade e qualidade ambiental, bem como, às leis nacionais vigentes, se submetem ao processo de certificação florestal.

De acordo com Moura (2016), a certificação florestal é o processo voluntário que garante a origem dos produtos fornecidos, por determinado empreendimento advindos de fontes responsáveis desde a forma de obtenção da matéria prima, por meio do manejo florestal sustentável, até a obtenção do produto pronto para ser comercializado.

Surge então, o *Forest Stewardship Council* (FSC) ou Conselho de Manejo Florestal como o principal sistema de mecanismos governamentais que associam interesses sociais, ambientais e comerciais ao forte incentivo de mercado com reivindicações de superioridade ética para os produtores e varejistas (PATTBERG, 2005). Criado em 1993, a organização internacional não-governamental sem fins lucrativos, com sede na Alemanha, foi fundada por representantes distribuídos em 26 países (IMAFLOA, 2005). O seu principal objetivo é promover o manejo florestal responsável, guiado por princípios universais que determinam o manejo florestal ambientalmente

adequado, economicamente viável e socialmente justo (FSC, 2019).

O sistema FSC de certificação florestal determina padrões para os mecanismos de certificação de manejo florestal (*Forest Management – FM*), cadeia de custódia (*Chain of Custody – CoC*) e madeira controlada (*Controlled Wood – CW*).

De acordo com os estudos realizados por Olivério e Pizella (2017), os mecanismos de certificação FSC permitem que as organizações certificadas aprimorem seu modelo de gestão ambiental. Pois as obriga a cumprir com os requisitos necessários para permanecer em conformidade em todos os seus setores, dando maior visibilidade às questões que precisam ser melhoradas.

Para garantir o cumprimento de seus padrões, o FSC conta com organizações independentes chamadas de certificadoras, com experiência comprovada e devidamente capacitadas. Estas dispõem de uma equipe de auditoria que, por meio de um processo de avaliação, analisam se o empreendimento está em conformidade quanto às normas que regem o padrão do sistema de certificação (RAFAEL, 2017).

A certificação de manejo florestal, assim descrita pelo FSC (2019), dispõe

de princípios e critérios que atestam o bom manejo de operações em áreas florestais plantadas ou nativas, públicas ou privadas, para extração de produtos madeireiros ou não-madeireiros.

Os produtores que processam matéria prima de florestas certificadas, e que desejam garantir ao consumidor a rastreabilidade da origem e processamento dos seus produtos, submetem-se ao processo de certificação de cadeia de custódia (VOIVODIC e FILHO, 2011).

O padrão de certificação de madeira controlada, garante a origem da matéria prima a partir de fontes que não se inserem nas categorias inaceitáveis do FSC, caracterizadas em 5 tipos: madeira explorada ilegalmente; madeira explorada em violação de direitos tradicionais e humanos; madeira oriunda de florestas nas quais altos valores de conservação estejam ameaçados por atividades de manejo; madeira oriunda de florestas sendo convertidas em plantações ou uso não-florestal; e madeira de florestas nas quais árvores geneticamente modificadas sejam plantadas. Os 7 requisitos que orientam o consumo de madeira controlada FSC estão dispostos no documento FSC-STD-40-005 V3-1, disponível no site do FSC Brasil (FSC, 2017). Estes sete requisitos

compõem as normas exigidas pelo FSC para a implementação dos sistemas de *Due Diligence* (SDD), e de Gestão de Qualidade (SGQ).

De acordo com o regulamento do consumo de madeira controlada FSC (2017), o SDD é uma adaptação do regulamento (UE) N° 995/2010 do parlamento europeu e do conselho, quanto aos deveres dos operadores que colocam no mercado madeira e produtos de madeira (JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA, 2010), que combate a extração de madeira ilegal, através de medidas e procedimentos estruturados em três elementos: avaliação de riscos; mitigação de riscos; e registrar e manter informações como da matéria-prima e produtos, quantidade, local de colheita e detalhes de fornecedores (KISTENKAS, 2013).

O sistema de gestão de qualidade consiste em métodos e mecanismos que visam garantir a conformidade quanto à estrutura, políticas, processos, procedimentos e produtos, de acordo com as exigências do mercado (FSC, 2017).

Em meio à crescente demanda por recursos florestais no mercado, o combate ao consumo de madeira de origem ilegal necessita de novas alternativas. A certificação florestal de madeira controlada permite a inclusão

de produtores que dependem do fornecimento de insumos florestais de origem não certificada.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho consiste em identificar as principais dificuldades quanto à conformidade dos sistemas SDD e SGQ para a certificação do consumo de madeira controlada FSC em quatro empresas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para cumprir com os objetivos deste trabalho, foram analisados 12 relatórios de auditoria de certificação de madeira controlada FSC. Os dados foram coletados através de relatórios públicos de certificação florestal FSC disponíveis para consulta. As não conformidades presentes nos relatórios são referentes a auditorias anuais realizadas em quatro empresas.

Em seguida, os dados foram categorizados. Estes foram analisados de forma qualitativa e quantitativa.

Para encontrar os empreendimentos analisados neste trabalho, foram verificados os relatórios de auditoria referente à certificação do tipo Madeira Controlada (CW). Foi realizado um levantamento de dados por meio da verificação e análise dos resumos públicos de auditorias executadas pela organização

certificadora credenciada *Rainforest Alliance* (RA), em quatro empreendimentos certificados para o consumo de madeira controlada FSC no Brasil (IMAFLORA, 2019).

Os resumos públicos são relatórios de auditorias realizadas nas empresas que se submetem voluntariamente ao processo de certificação florestal. Nestes documentos são encontrados detalhes sobre a equipe de auditoria do órgão credenciado, bem como, informações do certificado (nome do empreendimento, contato do responsável, características da empresa certificada e não conformidades evidenciadas pelos auditores - quanto ao cumprimento dos requisitos necessários para a certificação florestal). As não conformidades (NCs) evidenciadas podem ser do tipo maior (NCM), menor (ncm) ou observação (OBS).

A NCM, categoriza evidências que representam risco material para a integridade do produto certificado ou não conformidades menores que não foram corrigidas no prazo determinado pela certificadora. A ncm, caracteriza evidências que necessitam de ação corretiva, mas não representa risco material para a integridade do produto certificado. E a OBS indica evidências que podem se tornar futuras não

conformidades, caso não aplicada as devidas ações corretivas (RA, 2015). Estas auditorias acontecem anualmente, com o intuito de garantir que o empreendimento permaneça em conformidade com os princípios e critérios FSC.

Em cada documento foram analisadas as não conformidades referentes aos requisitos necessários para uso de madeira controlada FSC, evidenciadas pela equipe de auditoria (Tabela 1).

**Tabela 1.** Requisitos para o Consumo de Madeira Controlada FSC

<b>Sistema de <i>Due Diligence</i></b>	
1	Implementação e manutenção de um sistema de <i>due diligence</i>
2	Obtenção de informações sobre materiais
3	Avaliação de riscos
4	Mitigação de riscos
<b>Sistema de Gestão de Qualidade</b>	
5	Competência, documentação e restritos
6	Informações publicamente disponíveis
7	Contribuições e reclamações das partes interessadas

As não conformidades foram submetidas as análises estatísticas qualitativas e quantitativas, para identificar as principais dificuldades de

cada empreendimento para adquirir o selo de certificação que comprova o uso responsável de madeira controlada FSC.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a empresa A, foram encontrados e analisados relatórios de auditorias realizadas nos anos de 2017, 2018 e 2019. Foram evidenciadas um total de oito NCs, sendo seis do tipo ncm e duas OBSs. Destas não conformidades, duas estão relacionadas ao requisito 1, duas ao requisito 2, uma ao requisito 3 e, para o requisito 4, três NCs. A empresa B foi submetida a auditorias realizadas em 2016, 2017 e 2018, cujos relatórios totalizaram em cinco ncms e duas OBSs, sendo quatro delas relacionadas aos requisitos 1, 2, 3 e 7, e três relacionadas somente ao requisito 4. Os relatórios de auditoria, realizadas no período anual de 2017 a 2019, referentes ao empreendimento C apresentaram duas OBSs relacionados aos requisitos 1 e 3, e três ncms para o requisito 4.

Por fim, na empresa D foi evidenciado o menor número de não conformidades nos relatórios públicos de 2016 e 2018, sendo um total de três ncms indicando o não cumprimento do quarto requisito, e apenas uma não

conformidade menor relacionada ao requisito 5 (Tabela 2).

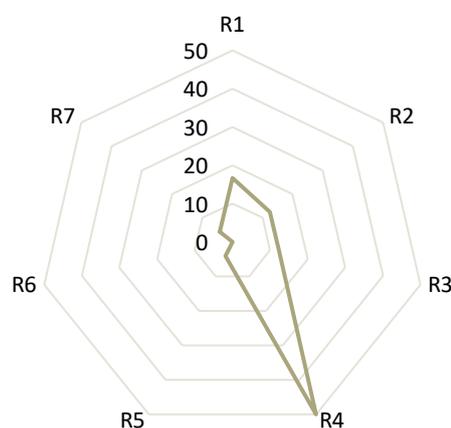
**Tabela 2.** Quantitativo (nº) de não conformidades por requisito para cada empreendimento certificado

Requisitos	A	B	C	D	Total
1	2	1	1	0	4
2	2	1	0	0	3
3	1	1	1	0	3
4	3	3	3	3	12
5	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	1
<b>TOTAL</b>	8	7	5	4	24

Do total de 24 não conformidades, 50% estão sob influência do requisito 4, seguido do requisito 1 que corresponde a 17%. Os 33% restantes, correspondem aos requisitos 2, 3, 5 e 7 (Figura 1). Não foram evidenciadas NCs para o requisito 6.

O requisito 1, conforme regulamentado pelo FSC (2017), apresenta as exigências quanto à implementação e manutenção de um sistema *due diligence* que uma organização em processo de certificação deverá atender. Com exceção da empresa D, todos os demais empreendimentos apresentaram não conformidades relacionados a este requisito. De acordo com a descrição das NCs, as principais dificuldades

encontradas quanto ao cumprimento do R1, foram devido à não inclusão de todos os envolvidos na cadeia de fornecedores no SDD da organização.



**Figura 2.** Quantitativo de não conformidades (%) em relação aos requisitos (R) para o consumo de madeira controlada FSC.

De acordo com o segundo requisito (R2), a organização deverá obter, documentar e manter atualizadas todas as informações relacionadas à matéria-prima não certificada, como dados dos fornecedores e da matéria prima, documentação da compra, avaliação do risco aplicável, dentre outros. Para este requisito, foram evidenciadas 12% das não conformidades, somente nas empresas A e B. Neste caso, ambas as empresas não têm acesso às informações de toda a sua cadeia de fornecedores.

No que diz respeito ao requisito 3, a organização deverá adotar uma avaliação de risco FSC que seja aplicável para determinar o risco quanto à origem da matéria prima de acordo com cada categoria de madeira controlada. As três NCs encontradas nesta análise, estão evidenciadas nas empresas A, B e C.

O requisito 4 determina que a organização em processo de certificação deve estabelecer um sistema de mitigação de riscos que seja suficientemente eficiente para garantir que, na cadeia de fornecedores da empresa, não se misture matéria-prima de origem considerada inaceitável pelo FSC (FSC, 2017). A maioria das não conformidades relacionadas a este requisito indica que as empresas avaliadas apresentaram maior dificuldade em se adequar às exigências da certificação quanto a medidas preventivas que garantam a origem da matéria-prima a partir de fontes aceitáveis.

Para comprovar a conformidade com o padrão FSC do uso de madeira controlada, a organização deveria, de acordo com o requisito 5, dispor de uma equipe de conhecimento e competência relevantes para implementar os requisitos aplicáveis deste padrão.

Bem como, documentar todos os procedimentos e manter estes registros prontamente disponíveis para serem analisados pela certificadora. A empresa D manifestou a única não conformidade relacionada a este requisito no presente trabalho, devido a não documentação dos procedimentos para todos os requisitos desta norma.

A ausência de não conformidades relacionadas ao 6º requisito, indicam que as empresas avaliadas mantiveram todos os seus documentos públicos acessíveis à certificadora.

Para o requisito 7, apenas uma OBS foi evidenciada na empresa B, pois os funcionários da empresa não tinham conhecimentos sobre todos os canais de reclamação acessíveis.

Os sistemas SDD e SGQ avaliados nas quatro empresas correspondem, respectivamente, a 92% e 8% das não conformidades evidenciadas no processo de certificação. Das 22 não conformidades relacionadas à implementação do SDD, 55% foram referentes ao requisito 4. Pode-se afirmar, portanto, que as empresas apresentaram maior dificuldade quanto à implementação de um SDD em relação a um SGQ (Tabela 3).

**Tabela 3.** Quantitativos (%) de não conformidades em relação à implementação dos sistemas SDD e SGQ

<b>Sistema <i>due diligence</i></b>		
1	18%	
2	14%	92%
3	14%	
4	55%	
<b>Sistema de gestão de qualidade</b>		
5	50%	8%
7	50%	

De acordo com os estudos de Gavrilut et al. (2015), a principal dificuldade na implementação de um SDD em uma organização se deve à falta de profissionais qualificados para realização desta tarefa. Tal fato está diretamente ligado ao cumprimento dos requisitos 1 e 4 da norma CW FSC.

Porém, deve-se levar em consideração que as empresas certificadas podem encontrar um melhor suporte na implementação de um Sistema de Devida Diligência e ganhar vantagem competitiva no mercado (NICHIFOREL e NICHIFOREL, 2011).

Uma possível solução para a otimização no processo de implementação de um SDD em empreendimentos do setor florestal, segundo Andrade et al. (2014), é

associar as avaliações realizadas em campo com o uso de geotecnologias visando diminuir o tempo e os custos, bem como aumentar a precisão dos dados coletados em campo.

Além disso, o prévio domínio de informações e técnicas aplicadas garante um método de mitigação de riscos eficiente (ANDRADE et al., 2014).

#### 4. CONCLUSÃO

As empresas analisadas apresentaram maior dificuldade na implementação de um sistema de *due diligence*.

Associado a isto, o método de mitigação de riscos adotado pelas organizações avaliadas mostrou-se ineficiente.

Esta dificuldade se deve, principalmente à falta de profissionais qualificados para realização desta tarefa.

#### 5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. R.; TEMPS, M.; BARBIERI, J.; ROSSATO, E. T. Otimizando processos de *due diligence* em ativos florestais através de geotecnologias. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 11.,

2014, Curitiba. **Anais...**  
Curitiba, 2014.

Forest Stewardship Council.  
**FSC-STD-40-005 V3-1:  
Requisitos para o consumo  
de madeira controlada fsc.**  
2017. Disponível em:  
<<https://br.fsc.org/preview.fsc-std-40-005-v3-1-pt-requisitos-para-o-consumo-de-madeira-controlada-fsc.a-1259.pdf>> Acesso em:  
30 ago. 2019.

Forest Stewardship Council.  
**Histórico da certificação  
fsc.** 2019. Disponível em:  
<<https://br.fsc.org/pt-br/fsc-brasil/historico>>  
Acesso em: 30 de agosto de  
2019.

Forest Stewardship Council.  
**Tipos de certificados fsc.**  
2019. Disponível em:  
<<https://br.fsc.org/pt-br/certificacao/tipos-de-certificados>> Acesso em: 30  
ago. 2019.

FRANÇA. Regulamento (UE) N°  
995/2010 do parlamento  
europeu e do conselho de 20  
de outubro de 2010. Fixa as  
obrigações dos operadores  
que colocam no mercado  
madeira e produtos da  
madeira. **Jornal Oficial da  
União Europeia,**  
Estrasburgo, 20 out. 2010.  
Disponível em:  
<<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0995&from=EN>>  
Acesso em: 05 set. 2019.

GAVRILUT, I.; HALALISAN, A.;  
GIURCA, A; SOTIROV, M. The  
Interaction between FSC

Certification and the  
Implementation of the EU  
Timber Regulation in  
Romania. **Forests.** v. 7, n.  
3, p. 1-13, 2015.

IMAFLOA. **Brasil certificado:  
a história da certificação  
florestal do Brasil.**  
Piracicaba: Imaflora, 2005.  
Disponível em:  
<[https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/Brasil\\_certificado.pdf](https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/Brasil_certificado.pdf)> Acesso  
em: 30 ago. 2019.

KISTENKAS, F. H. Concurring  
regulation in European  
forest law: forest  
certification and the new  
EU timber regulation. **Gaia,**  
v. 22, n. 3, p. 166-168,  
2013.

MOURA, A. M. M. Contribuição  
da certificação de  
florestas para o  
cumprimento da legislação  
florestal no Brasil. In:  
SILVA, A. P. M.; MARQUES,  
H. R.; SAMBUICHI, R. H. R.  
**Mudanças no código  
florestal brasileiro:  
desafios para a  
implementação da nova lei.**  
Rio de Janeiro: ipea, 2016.  
p. 327-347.

NICHIFOREL, R.; NICHIFOREL, L.  
Perception of relevant  
stakeholders on the  
potential of the  
implementation of the "Due  
Diligence" system in  
combating illegal logging  
in Romania. **Journal of  
Horticulture, Forestry and  
Biotechnology.** v. 15, n. 3,  
p. 126-133, 2011.

- OLIVÉRIO, G. L.; PIZELLA, D. G. As potencialidades e dificuldades para a certificação florestal "forest stewardship council" (FSC): estudo de caso da empresa Eldorado Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 8., 2017, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: IBEAS, 2017. p. 7. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/V-010.pdf>> Acesso em: 05 set. 2019.
- PATTBERG, P. H. The forest stewardship council: risk and potencial of private forest governance. **The Journal of Environment & Development**, v. 14, n. 3, p. 356-374, 2005.
- RAFAEL, G. C. **Análise de não-conformidades de certificação florestal identificadas em auditorias fsc no território brasileiro.** 2017. 91 f. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Rainforest Alliance. **Política de Cadeia de Custódia.** 2015. Disponível em: <[https://www.rainforest-alliance.org/business/wp-content/uploads/2018/02/19\\_coc-policy\\_pt.pdf](https://www.rainforest-alliance.org/business/wp-content/uploads/2018/02/19_coc-policy_pt.pdf)> Acesso em: 30 ago. 2019.
- SILVA, M. A. G. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão de qualidade.** 2009. 154 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) Universidade de Aveiro
- VOIVODIC, M. A.; FILHO, L. C. B. Os desafios de legitimidade em sistemas multisetoriais de governança: uma análise do forest stewardship council. **Ambiente & Sociedade**, v. 14, n. 1, p. 115-132, 2011.

# ANÁLISE DOS ASPECTOS OPERACIONAIS DO CORTE FLORESTAL SEMIMECANIZADO NA CAATINGA

Ana Karla Vieira da **SILVA**<sup>1</sup>; João Lucas Rebouças de **OLIVEIRA**<sup>1</sup>; Alan Cauê de **HOLANDA**<sup>1</sup>; Daniel Pena **PEREIRA**<sup>2</sup>; Pompeu Paes **GUIMARÃES**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil – karlinha.vieira.20@hotmail.com; joaomnlucas@hotmail.com; alan.holanda@ufersa.edu.br; pompeu.guimaraes@ufersa.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campos Uberaba, Av. Doutor Randolpho Borges Júnior, 2900, Bairro: Univerdecidade, CEP38064-300, Uberaba, Minas Gerais, Brasil – danielpena@iftm.edu.br

E-mail para correspondência: [karlinha.vieira.20@hotmail.com](mailto:karlinha.vieira.20@hotmail.com) - Nº 02/2019

## Resumo

A organização, o planejamento e a otimização das operações na colheita florestal tem sido uma busca constante por parte dos gestores. Objetivou-se por meio deste artigo realizar uma análise técnica dos aspectos operacionais envolvidos no corte florestal semi-mecanizado, com uso de motosserra, em uma área de Caatinga, sob Plano de Manejo Florestal Sustentável, por meio de um estudo de tempos e movimentos com auxílio de dois cronômetros de mão, e dados registrados em folha em branco. A sequência da atividade consistia de derrubada, processamento e empilhamento, com interrupções durante a atividade conforme necessidade do operador ou para manutenção do motosserra. A etapa que demandou maior tempo foi o processamento (47,20%), seguido do empilhamento (26,46%), interrupções (16,08%) e a derrubada dos indivíduos (10,26%). Verificou-se uma correlação positiva, que explica 0,81 da relação entre os tempos demandados para realização das atividades de derrubada e processamento dos indivíduos na Caatinga.

**Palavras-chave:** Tempos e movimentos; Manejo Florestal; Motosserra.

## Abstract

The organization, planning and optimization of forest harvesting operations has been a constant search of the managers. The objective of this study was to perform a technical analysis of the operational aspects involved in the semi-mechanized forest harvesting system, using a chainsaw, in a Caatinga area, under Sustainable Forest Management Plan, through by one study of times and movements with support of two hand timers and blank sheet data. The sequence of activity consisted of felling, processing and stacking, with interruptions during activity as required by the operator or for maintenance of the chainsaw. The stage that demanded the most time was processing (47.20%), followed by stacking (26.46%), interruptions (16.08%), and the felling of individuals (10.26%). A positive correlation was found, which explains 0.81 of the relationship between the times required to perform the felling and processing activities of individuals in Caatinga.

**Keywords:** Times and movements; Forest management; Chainsaw.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda de lenha na Caatinga decorre, sobretudo, para fins energéticos. Para suprir essa demanda, de forma sustentável, faz-se necessário que a exploração de lenha seja conduzida por meio de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), ou através de plantios florestais (RIEGELHAUPT e PAREYN, 2010).

O manejo florestal na Caatinga é considerado como integrante do modelo de exploração sustentável do bioma, com vantagem de excelente potencial para produção de lenha, adaptações climáticas, além de propiciar benefícios sociais (RIEGELHAUPT e PAREYN, 2010).

A colheita da floresta compreende a etapa final do extenso ciclo da produção. Cujo objetivo consiste, basicamente, em cortar, processar e extrair as árvores do interior das áreas de exploração até as margens dos eitos de corte (MACHADO et al., 2008).

No Brasil, a colheita florestal utiliza-se de diversos tipos de sistemas e métodos de trabalho, que se diferenciam de acordo com a região em que está inserida, em função da metodologia adotada pela própria empresa, do tipo de povoamento, das condições edáficas, recursos

disponíveis e outros fatores (LEITE, 2002).

No entanto, a escassez de informações acerca do processo de colheita na caatinga, torna-se um obstáculo para a organização, planejamento e otimização das atividades.

Sendo assim, objetivou-se por meio deste estudo realizar uma análise técnica dos aspectos operacionais envolvidos no sistema de colheita florestal semimecanizada em uma área de Caatinga, sob Plano de Manejo Florestal Sustentável, por meio do estudo de tempos e movimentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em uma propriedade privada em área de Caatinga, com exploração de lenha sob Plano de Manejo Florestal Sustentável. Licenciada pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte - IDEMA.

A área de estudo fica localizada no município de Upanema, RN. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é tipo BSh, ou seja, "Clima Semi-árido quente", com período de chuvas ocorrendo de março a maio.

A temperatura média anual é de 28,1°C. Com umidade relativa do ar em torno de 70%, e precipitação pluviométrica média anual de 536 mm (IDEMA, 2008).

A formação vegetal predominante é a Caatinga Hiperxerófila, com abundância de cactáceas e plantas espalhadas e de menor porte. Os solos predominantes são: Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico, Redzina e Cambissolo Eutróficos. Com altitude inferior a 100 metros (IDEMA, 2008).

## 2.2 Coleta e análise de dados

A coleta de dados foi realizada através de observações visuais das atividades componentes da colheita florestal semimecanizada na caatinga. Assim como por meio do estudo de tempos e movimentos descontínuos, com auxílio de dois cronômetros de mão e registro analógico.

Para a realização do corte semimecanizado foi utilizado uma motosserra (Figura 1) da marca STHIL, modelo MS 170, 2017. Com cilindrada de 30,1 cm<sup>3</sup>, potência de 1,3 kW e peso de 3,9 Kg (sem combustível e sem conjunto de corte).

Foi identificada a forma em que são realizadas atividades de corte, o qual compreende o abate e o processamento da lenha. Este último compreende as operações de desgalhamento, destopamento,

descascamento, medição, traçamento e empilhamento, também conhecido por “emetramento”.



**Figura 3.** Motosserra utilizada na exploração florestal semimecanizada. Fonte: Os Autores.

O “emetramento” pode ocorrer de forma manual ou mecanizada, com as pilhas de madeira possuindo em torno de um metro de altura, um metro de largura, e comprimentos variados, sendo acomodadas nas proximidades dos eitos de corte para facilitar o transporte. Esse processo corrobora para a quantificação da produção, em estéreos, pois assim, tendo altura e largura uniformes, basta medir o comprimento da pilha para determinar seu volume (LOPES e CANTO, 2018).

A atividade tinha início as 7:30 e término às 10:30 horas, englobando as operações de derrubada, processamento, empilhamento, e as interrupções para abastecimento,

afiação da corrente, e pausa por necessidade do operador.

Os tempos relativos a cada operação do corte florestal em manejo da caatinga foram apresentados em forma de estatística descritivas, como média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Foi realizado o teste de Correlação de Pearson, conforme a equação (1), com os tempos obtidos das atividades de derrubada e processamento, a fim de verificar se o tempo necessário para derrubada de um indivíduo e o tempo decorrido para o seu processamento estão relacionados.

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y} \quad (1)$$

Onde:  $r_{xy}$  = coeficiente de correlação de Pearson,  $S_{xy}$  = covariância e  $S_x$  e  $S_y$  = desvios padrão da variável x e variável y.

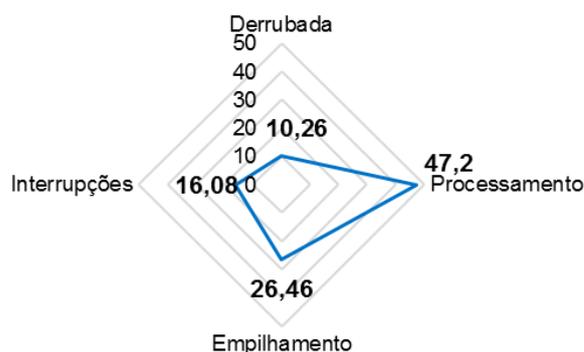
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo total da atividade foi de 114,09 minutos para o corte de 34 indivíduos, realizado no módulo (1 + 0), ou seja, um operador sem ajudante.

A seqüência da atividade consistia de derrubada, processamento e empilhamento, com interrupções

durante a atividade conforme necessidade do operador ou para manutenção da motosserra.

A derrubada dos indivíduos ocorreu, em 0,34 min., em média, condizendo a 10,26% do tempo total da atividade, consistindo na atividade que demandou menor tempo para execução. O processamento correspondeu a 47,20% do tempo total da exploração, com média de 1,58 min. para o processamento de cada indivíduo (Tabela 1), sendo a atividade que exigiu maior tempo, seguida do empilhamento, interrupções e derrubada (Figura 2).



**Figura 2.** Porcentagem de tempo demandado por operações na corte florestal na Caatinga. Fonte: Os Autores.

Valores semelhantes foram encontrados por Leite et al. (2014); Rodrigues et al. (2018); Costa et al. (2017), com relação ao processamento, como sendo esta a atividade que consumiu o maior tempo durante a colheita florestal.

**Tabela 2.** Atividades realizadas durante a exploração florestal na Caatinga, em minutos.

	Abate	Processamento	Empilhamento
Soma	11,71	53,85	30,19
Média	0,34	1,58	3,77
Variância	0,19	2,69	19,18
Desvio padrão	0,43	1,64	4,38
CV(%)	125,96	103,50	116,07

Simões et al. (2014), encontraram a atividade de “buscar e cortar” realizada por *feller-buncher*, em um sistema de colheita mecanizada em uma floresta de eucalipto no Estado de São Paulo, como a atividade parcial que despendeu maior tempo do ciclo operacional, representando, em média, 65,14% do tempo total, divergindo do resultado obtido neste estudo, por se tratar de uma atividade mecanizada.

O empilhamento da lenha produzida correspondeu a 26,46% do tempo total da atividade, sendo realizado em 30,19 min., com média de 3,77 min., como mostrado na Tabela 1, para cada pilha formada.

O empilhamento foi realizado de forma manual (Figura 3), logo após o processamento de aproximadamente oito indivíduos, onde o operador pausava a atividade de corte para então dar início ao carregamento das toras para formação das pilhas. O carregamento das toras era feito do interior área de corte para a área externa, de onde seriam movidas para o veículo e então transportadas.



**Figura 4.** Carregamento manual das toras para o empilhamento. Fonte: Os Autores.

O ensaio realizado encontrou uma correlação positiva, que explica 0,81 da relação entre os tempos demandados para realização das atividades de derrubada e processamento dos indivíduos na Caatinga.

Estudos realizados por Schettino et al. (2015), encontraram correlação positiva na colheita florestal, com relação ao rendimento do *feller-*

*buncher*, a qual cresce à medida que aumenta o volume médio por árvore.

As interrupções corresponderam a 16,08% do tempo total da atividade, sendo subdivididas em pausas por necessidade do operador e paradas para manutenção da motosserra (Tabela 2). As pausas se caracterizaram por interrupções para consumo de água por parte do operador, que ocorreram em média em 1,30 min., enquanto que as paradas para manutenção da motosserra ocorreram em média em 2,95 min. cada, onde eram realizadas atividades como abastecimentos, regulagens e afiações do conjunto de corte.

**Tabela 2.** Atividades realizadas durante a exploração florestal na Caatinga.

	<b>Pausas</b>	<b>Interrupções</b>
Soma	6,52	11,82
Média	1,30	2,95
Variância	1,23	13,55
Desvio Padrão	1,11	3,68
CV (%)	84,93	124,57

De acordo com Alves e Ferreira, (1998); Costa et al. (2017), as interrupções realizadas durante a atividade de exploração não podem ser evitadas, entretanto, podem ser otimizadas por meio do ajuste de

procedimentos, realizando manutenções antes do ciclo de operação, o que reduziria o tempo de permanência em manutenção, visto que estas interrupções demandam tempo e interferem na produtividade.

#### 4. CONCLUSÃO

A derrubada dos indivíduos correspondeu a 10,26% do tempo total da atividade, sendo o processamento a atividade que exigiu maior tempo, com 47,20%, seguida do empilhamento, o qual correspondeu a 26,46 %.

As interrupções corresponderam a 16,08% do tempo total da atividade, sendo subdivididas em pausas por necessidade do operador e paradas para manutenção da motosserra.

O ensaio realizado encontrou correlação positiva entre os tempos demandados para realização das atividades de derrubada e processamento dos indivíduos na Caatinga.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALVES, M. K. L.; FERREIRA, O. O. Avaliação da etapa de descasque de torretes de eucalipto para polpa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p.1-12, 1998.
- COSTA, E. M.; MARZANO, F. L. C.; MACHADO, C. C.; LEITE,

- E. S. Desempenho e custos operacionais de um harvester em floresta de baixa produtividade. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 2, p.124-131, 2017.
- IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte. Perfil do Seu Município: Upanema. v. 10 p.1-23, 2008.
- LEITE, A. M. P. **Análise da terceirização na colheita florestal no Brasil**. 2002. 251 f. 2002. Tese de Doutorado. Dissertação (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; GUEDES, I. L.; AMARAL, E. J. Análise técnica e de custos do corte florestal semimecanizado em povoamentos de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Cerne**, v. 20 n. 3, p. 637-643, 2014.
- LOPES, E. A.; CANTO, J. L. Produtividade e custos de dois sistemas de exploração e transporte de lenha na Caatinga. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2018.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Coord.) **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 501 p.
- RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão energética e o manejo florestal da Caatinga. In: GARIGLIO, M. A. et al. (Orgs.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. 2010. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 368 p. 2010.
- 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.
- SCHETTINO, S.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Correlação entre volumetria de florestas de eucalipto e produtividade e custos de máquinas de colheita de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.935-942, 2015.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 621-630, 2014.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal Rural do Semi-Árido pelo apoio e incentivo à pesquisa.

## ANÁLISE TÉCNICA DE UM SISTEMA DE COLHEITA MECANIZADO DE TORAS CURTAS EM CORTE FINAL DE PINUS

Alexandre Vilson **VINCENZI**<sup>1</sup>; Erick Martins **ARRUDA**<sup>1</sup>; Natali de Oliveira **PITZ**<sup>1</sup>; Gabriel **LOURENÇO**<sup>1</sup>; Jean Alberto **SAMPIETRO**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões nº 2090, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil

E-mail para correspondência: [jean.sampietro@udesc.br](mailto:jean.sampietro@udesc.br) - Nº 10/2019

### Resumo

A avaliação de sistemas de colheita de madeira é fundamental para correções e alterações no processo de produção visando maior sustentabilidade florestal. O objetivo deste trabalho foi realizar a análise operacional de um sistema de colheita mecanizado de toras curtas no corte final de povoamentos de pinus. O sistema era composto por *harvester* e *forwarder*. Foi realizado estudo de tempos e movimentos ao nível de elementos do ciclo segundo a abordagem de modelagem. Determinou-se os indicadores de taxa de utilização, disponibilidade mecânica, e eficiência operacional, bem como os tempos específicos consumidos no ciclo de trabalho e a produtividade. A atividade de corte com *harvester* apresentou uma produtividade média de 29,40 m<sup>3</sup>/SMH, enquanto a extração com *forwarder* um valor médio de 20,54 m<sup>3</sup>/SMH. A maior parte dos tempos em interrupções foram com abastecimento, manutenções e trabalhos auxiliares. Os fatores declividade e operador para *harvester*, e distância de extração e volume médio por tora para *forwarder* apresentaram efeito significativo sobre os tempos consumidos no ciclo de trabalho, bem como sobre a produtividade. Portanto, tais fatores devem considerados para fins de gestão e planejamento.

**Palavras-chave:** Estudo do trabalho florestal; técnicas e operações florestais; Corte e extração florestal.

### Abstract

The evaluation of timber harvesting systems is fundamental for corrections and changes in the production process aiming at greater forest sustainability. The objective of this research was to perform the work-study of a cut-to-length mechanized harvesting system in the final felling of pine stands. The system consisted of harvester and forwarder. Time and motion study at the cycle element level according to the modeling approach was done. Utilization rate, mechanical availability and operational efficiency, as well as the specific time consumption in the work cycle and the productivity were determined. The harvester cutting activity presented an average productivity of 29.40 m<sup>3</sup>/SMH, while the extraction with forwarder an average value of 20.54 m<sup>3</sup>/SMH. The slope and operator factors for harvester, extraction distance and average log volume for forwarder had a significant effect on working cycle time as well as productivity. Therefore, such factors should be considered for management and planning purposes.

**Keywords:** Forestry work-study; Forestry techniques and operations; Forest cut and extraction.

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação de sistemas de colheita de madeira tem grande importância por se tratar de uma ferramenta fundamental para correções e alterações no processo de produção, visando à racionalização e otimização dos recursos utilizados. Trata-se, ainda, de instrumento indispensável na comparação de diferentes métodos ou equipamentos.

Contudo, além de ser recorrente a realização de estudos de análise operacional de diferentes sistemas de colheita de madeira, também, tem-se a necessidade de se buscar melhor entendimento das relações entre as variáveis que explicam os processos produtivos, como: declividade, distância de extração e operador. Estes tendem a afetar significativamente a produtividade das atividades, o que possibilita subsidiar o planejamento e a tomada de decisão para a execução das operações da colheita florestal de forma eficiente e economicamente viável (LOPES, 2007; OLIVEIRA, 2013).

A análise técnica de operações florestais, geralmente, está vinculada a estudos de tempo e movimentos, cuja é considerada uma técnica muito importante no desenvolvimento de sistemas de colheita de madeira (SEIXAS et al., 2004), pois, dependendo da

abordagem e método de estudo empregado, permite a determinação e estimativa do tempo consumido para cada fase ou elementos do ciclo de trabalho, bem como de taxas e indicadores operacionais (MAGAGNOTTI; SPINELLI, 2012).

No Brasil, a maior parte dos estudos sobre análise técnica da colheita de madeira têm sido realizados em condições de manejo de florestas de curta rotação, nas quais são realizadas operações de corte raso. No entanto, estudos em operações onde o manejo de florestas é em longa rotação ainda são escassos na literatura.

Esta pesquisa teve como objetivo geral realizar a análise operacional de um sistema de colheita mecanizado de toras curtas no corte final de povoamentos de *Pinus taeda* L. visando subsidiar o planejamento das operações.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área reflorestada de uma empresa localizada na região dos Campos de Palmas, Sudoeste do Estado do Paraná. O relevo característico das áreas estudadas era suave ondulado a ondulado. O clima da região é classificado segundo Köppen como Cfb, temperado, com verões amenos e chuvas bem distribuídas. A

precipitação média anual varia entre 1800 a 2000 mm, e temperatura média anual entre 16 e 17 °C. A umidade relativa do ar apresenta médias anuais de 70 a 75% (IAPAR, 2019).

O estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus taeda* que foi manejado em regime *utility* e submetido a corte final. O povoamento tinha 19 anos de idade com 1.275 árv/ha, 23,78 cm de DAP médio, 20,52 m de altura média e 0,589 m<sup>3</sup>/árv de volume médio individual.

O sistema de colheita empregado era mecanizado de toras curtas (*cut to length* - CTL). Todas as etapas de corte (derrubada, desgalhamento, medição e traçamento) foram realizadas dentro do talhão com um *harvester* de esteiras. Em seguida as toras eram extraídas por baldeio até a margem do talhão com um *forwarder*.

Como as atividades entre o corte e o carregamento das toras era realizado em um curto espaço de tempo, este sistema é classificado ainda como “à quente”.

O *harvester* de esteira era da marca Volvo, modelo EC220 D, acoplado a um cabeçote Logmax 7000. O *forwarder* era da marca Ponsse, modelo Buffalo King.

Estudo de tempos e movimentos pelo método de amostragem “ao nível de

elementos do ciclo” foi realizado seguindo a abordagem de modelagem (MAGAGNOTTI; SPINELLI, 2012). O tempo do ciclo operacional de trabalho de ambas as máquinas de colheita foi dividido em elementos, sendo registrados os tempos produtivos e interrupções.

O método de cronometragem utilizado foi o de tempo contínuo, com uso de um cronômetro digital centesimal e formulários específicos para registro dos dados, sendo os dados coletados entre os meses de julho e agosto de 2018.

Na etapa de corte das árvores pelo *harvester*, o ciclo operacional de trabalho foi subdividido nos elementos: deslocamento entre árvores (DV); busca e derrubada (BD); processamento (PR); e interrupções (INT).

Na etapa de extração das toras pelo *forwarder*, os elementos nos quais o ciclo de trabalho foi subdividido são: viagem vazio (VV); carregamento (CR); viagem durante a carga (VDC); viagem carregado (VC); descarregamento (DC); viagem durante descarregamento (VDD); e interrupções (INT).

Foram registrados, também, dados de fatores influentes no desempenho das operações como pedregosidade, declividade, sentido de operação (active ou declive), distância de extração,

volume médio por tora, volume médio por ciclo e operador.

Determinou-se os indicadores de taxa de utilização (TU); disponibilidade mecânica (DM); e eficiência operacional (Eop). A DM foi determinada como sendo a relação entre o tempo em que a máquina permaneceu disponível para o trabalho (*available machine hour* – AMH) e o tempo programado (*schedule machine hour* – SMH) para ela trabalhar (Equação 1):

$$DM = \frac{AMH}{SMH} \times 100 \quad (1)$$

Em que: DM é disponibilidade mecânica (%), AMH é tempo disponível para o trabalho (horas) e, SMH é o tempo programado (horas).

Considerou-se como EOp a porcentagem do tempo em está sendo realizado trabalho produtivo (*productive machine hour*) em relação ao tempo em que a máquina estava mecanicamente disponível (Equação 2):

$$EOp = \frac{PMH}{AMH} \times 100 \quad (2)$$

Em que: EOp é eficiência operacional (%), AMH é tempo disponível para o trabalho (horas) e, PMH é o tempo em trabalho produtivo (horas).

A TU foi determinada considerando-se como a razão entre a porcentagem tempo em que a máquina estava

desempenhando atividades produtivas (PMH) e o tempo programado de trabalho (SMH) (Equação 3):

$$TU = \frac{PMH}{SMH} \times 100 \quad (3)$$

Em que: TU é a taxa de utilização (%), SMH é tempo programado para o trabalho (horas) e, PMH é o tempo em trabalho produtivo (horas).

Os tempos em interrupções foram classificados conforme terminologia da IUFRO (BJÖRHEDEN et al., 1995) e foram analisados por meio do diagrama de Pareto.

O tempo específico consumido (em  $m^3$ ) por elemento do ciclo foi calculado pela razão entre o tempo consumido no respectivo elemento e a produção no respectivo ciclo. Enquanto a produtividade por hora-máquina produtiva livre de interrupções ( $P_{PMH}$ , em  $m^3/PMH$ ) foi calculada pela razão entre a produção no ciclo e o tempo consumido no respectivo ciclo. Ainda, por meio da multiplicação do valor de  $P_{PMH}$  pela TU, foi possível determinar a produtividade por hora-máquina programada ( $P_{SMH}$ ).

O erro de amostragem relativo para a variável  $P_{PMH}$  foi determinado para o nível de 95% de probabilidade de significância, conforme Szewczyk et al. (2017).

As variáveis de tempos consumidos no ciclo operacional e  $P_{PMH}$  foram submetidas ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e, posteriormente, à Modelagem Linear Generalizada (GLM) para verificar a relação com fatores influentes.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O erro de amostragem de ambos os equipamentos ficou abaixo de 10% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Amostragem e valores médios dos indicadores operacionais.

Equipamento	<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
Função	Derrubada e processamento	Extração por baldeio
n	1024	50
Erro de Amostragem (%)	2,35	7,10
DM (%)	78,29%	90,20%
EOp (%)	72,86%	75,22%
TU (%)	57,04%	67,84%
$P_{SMH}$ (m <sup>3</sup> /SMH)	29,40	20,54

Onde: n - número de ciclos observados; DM - disponibilidade mecânica; EOp - eficiência operacional; TU - taxa de utilização;  $P_{SMH}$  - produtividade por hora-máquina programada.

A  $P_{SMH}$  do *harvester* foi maior em relação ao *forwarder*, por isso, considerando o balanceamento do sistema de colheita, seria necessário um segundo *forwarder* para conseguir aproximar os valores de produtividade do *harvester* com intuito de aumentar a

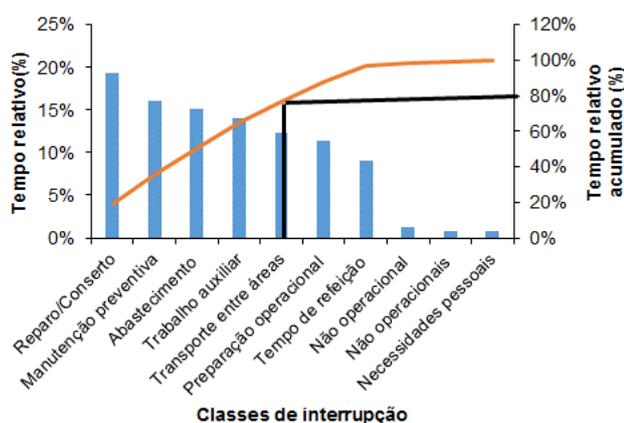
produção do sistema, embora os outros indicadores tenham sido melhores para o equipamento de extração.

Bonazza (2019), também, estudando um sistema de colheita de toras curtas composto por *harvester* e *forwarder* em corte final de pinus aos 33 anos (volume médio individual de 2,12 m<sup>3</sup>/árv), relatou resultados semelhantes ao observados no presente estudo. Além disso, o autor verificou que a diminuição de densidade de estradas decorreu em aumento da diferença de produtividade entre as máquinas, ocasionando um maior desbalanceamento do sistema.

Embora o *harvester* tenha apresentado maior produtividade, também, é necessário buscar medidas para melhorar os indicadores desta máquina, uma vez que esta apresentou maior número de interrupções durante os turnos amostrados. Dentre as interrupções, cerca de 80% destas foram ocasionadas aos, principalmente, devido à reparos/consertos, manutenções preventivas, abastecimento e trabalhos auxiliares (Figura 1).

As interrupções de reparos e consertos incluíram as atividades de troca de mola da faca do cabeçote, teste de novo sensor e troca de vidro quebrado. Na manutenção preventiva foi

realizado a manutenção e calibração do cabeçote de corte. Assim como, a retirada e troca de do sabre de corte para a continuação das atividades de corte, o que demandou tempo, já que era necessária a espera para a chegada das peças. No caso do abastecimento o que mais demandou tempo foi a troca de óleo e o deslocamento para o abastecimento, em semelhança aos resultados relatados por Oliveira (2013).



**Figura 1.** Pareto da distribuição relativa dos tempos em interrupções do *harvester*.

Nos trabalhos auxiliares foram empregadas as atividades de limpeza de resíduos em frente a máquina e a arrumação das pilhas de madeiras, fatos que não demandavam muito tempo para a realização. Porém, eram necessárias diversas vezes, aumentando quantidade de tempo em paradas nos turnos. Nas demais atividades eram operações

rotineiras, como aquecimento de máquinas, tempo de alimentação, necessidades dos operadores e conversas com os funcionários do setor da qualidade.

Em relação aos tempos consumidos em cada elemento do ciclo produtivo do *harvester*, a etapa de processamento (PR) foi a responsável pelo maior dispêndio de tempo durante o ciclo, seguido pela busca e derrubada (BD) e, por fim, pelo deslocamento vazio (DV) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Estatística descritiva das variáveis de desempenho operacional do *harvester*.

Variável	Média	Mediana	Desvio	CV(%)
DV (s/m <sup>3</sup> )	2,50	0,00	5,42	217
BD (s/m <sup>3</sup> )	25,90	23,73	11,68	45
PR (s/m <sup>3</sup> )	52,36	45,77	26,11	50
TT (s/m <sup>3</sup> )	80,76	72,89	32,06	40
P <sub>PMH</sub> (m <sup>3</sup> /PMH)	51,54	49,39	19,77	38
Declividade (graus)	16,48	19,00	4,34	26

Onde: DV – deslocamento vazio; BD – busca e derrubada; PR – processamento; TT – tempo total do ciclo de trabalho; P<sub>PMH</sub> – produtividade por hora-máquina produtiva.

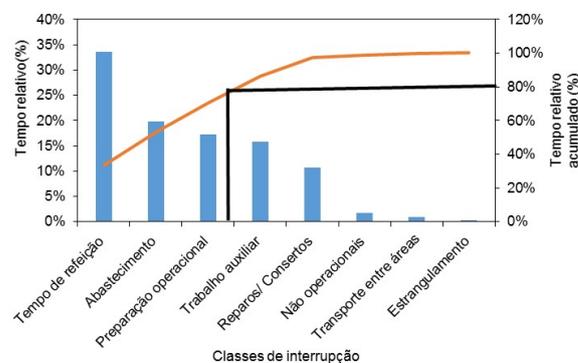
Tal comportamento quanto ao ciclo de trabalho, também, foi reportado nos trabalhos de Strandgard et al. (2013), Oliveira (2013), Walsh e Strandgard (2014) e Bonazza (2019), portanto, tal fato era esperado.

O elemento que teve maior variabilidade no consumo de tempo foi o DV, apresentando coeficiente de variação de 217%, corroborando com os resultados de outros estudos citados anteriormente. Embora este elemento não tenha tido influência significativa dos fatores operador e declividade ( $p$ -valor de 0,92 e 0,83, respectivamente, na análise variância por MLG), pode se atribuir a variabilidade dos valores ao fato de que em alguns ciclos não ocorreu deslocamento, resultando, desta forma, em um tempo específico mínimo equivalente a zero.

A produtividade média do *harvester* foi de 51,54 m<sup>3</sup>/PMH, apresentando variações entre 17,55 m<sup>3</sup>/PMH e 124,92 m<sup>3</sup>/PMH. Tal variação se deveu o efeito significativo do operador, declividade e sentido de operação ( $p$ -valor de 0,00, 0,00 e 0,04, respectivamente, na análise variância por MLG). Esses fatores, também, tiveram efeito significativo sobre o PR e BD, portanto, devem ser considerados para fins de planejamento.

Quanto à atividade de extração de toras com *forwarder*, as interrupções que consumiram maior parte do tempo foram por refeição, seguido de abastecimento e preparação operacional (Figura 2), diferindo dos valores observados por Oliveira (2013) que avaliou a extração

com *forwarder* em sistema de toras curtas em corte raso de eucalipto.



**Figura 2.** Pareto da distribuição relativa dos tempos em interrupções do *forwarder*.

Dentre os tempos consumidos em cada elemento do ciclo produtivo do *forwarder*, o elemento carregamento (CR) foi o responsável pelo maior dispêndio de tempo durante o ciclo, seguido pelo descarregamento (DC), logo após viagem carregado (VC), viagem durante carregamento (VDC), viagem vazio (VV) e por fim viagem durante descarregamento (VDD) (Tabela 3).

O presente resultado entra em concordância com os resultados de diversos outros autores que estudaram essa máquina em diferentes condições operacionais (SPINELLI et al., 2004; GHAFARIYAN et al., 2012; OLIVEIRA, 2013; WALSH; STRANDGARD, 2014; BONAZZA, 2019).

**Tabela 3.** Estatística descritiva das variáveis de desempenho operacional do *forwarder*.

Variável	Média	Mediana	Desvio	CV (%)
VV (s/m <sup>3</sup> )	16,27	13,80	8,50	52%
CR (s/m <sup>3</sup> )	45,54	42,40	14,29	31%
VDC (s/m <sup>3</sup> )	16,57	13,55	9,10	55%
VC (s/m <sup>3</sup> )	17,21	16,39	7,70	45%
DC (s/m <sup>3</sup> )	28,33	26,84	7,79	27%
VDD (s/m <sup>3</sup> )	2,22	2,04	1,25	56%
TT (s/m <sup>3</sup> )	126,15	123,03	30,80	24%
P <sub>PMH</sub> (m <sup>3</sup> /PMH)	30,28	29,26	7,56	25%
Declividade (°)	16,89	15,50	5,18	31%
Distância de extração (m)	233,31	193,48	101,18	43%
Volume médio por ciclo (m <sup>3</sup> /ciclo)	13,66	13,52	3,94	43%
Volume médio por tora (m <sup>3</sup> /tora)	0,10	0,10	0,04	29%

Onde: VV – viagem vazio; CR – carregamento; VDC – viagem durante a carga; VC – viagem carregado; DC – descarregamento; VDD – viagem durante o descarregamento; TT – tempo total do ciclo de trabalho; P<sub>PMH</sub> – produtividade por hora-máquina produtiva.

Os elementos que tiveram maior variabilidade no consumo de tempo foram os relacionados aos deslocamentos durante o ciclo de trabalho, o que pode ser explicado devido ao efeito significativo da distância de extração na análise variância por MLG.

A produtividade por hora máquina produtiva média foi de 30,28 m<sup>3</sup>/PMH, variando entre 19,87 m<sup>3</sup>/PMH e 50,14 m<sup>3</sup>/PMH, havendo efeito significativo da distância de extração e volume por médio por tora na análise variância por MLG.

## 4. CONCLUSÃO

As atividades de corte com *harvester* e extração florestal com *forwarder* apresentaram diferença de desempenho operacional, sendo maior a produtividade da primeira atividade, embora tenha apresentado resultados inferiores quanto a outros indicadores. Se recomenda medidas de redução de tempos consumidos em interrupções com abastecimento, manutenções e trabalhos auxiliares visando a melhoria dos indicadores operacionais.

Os fatores declividade e operador para *harvester*, e distância de extração e volume médio por tora para *forwarder* apresentaram efeito significativo sobre os tempos consumidos no ciclo de trabalho, bem como sobre a produtividade. Portanto, tais fatores devem considerados para fins de gestão e planejamento.

## 5. REFERÊNCIAS

- BJÖRHEDEN, R.; APEL, K.; SHIBA, M.; THOMPSON, M. A. **IUFRO Forest work study nomenclature**. Garpenberg: Department of Operational Efficiency, Swedish University of Agricultural Science, 1995. 16 p.
- BONAZZA, Marcelo. **Alternativas operacionais no desbaste e corte final em florestas de Pinus taeda**. 2019. 147 f.

- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2019.
- GHAFFARIYAN, M. R.; SESSIONS, J.; BROWN, M. Machine productivity and residual harvesting residues associated with a cut-to-length harvest system in southern Tasmania. **Southern Forests**, v. 74, n. 4, p. 229 - 235, 2012.
- IAPAR. **Médias históricas em estações do IAPAR**. 2019. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Palmas.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Palmas.htm) Acesso em: jul. 2019.
- LOPES, Sebastião Eudes. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 144 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- MAGAGNOTTI, N.; SPINELLI, R. **Good Practice Guidelines for Biomass Production Studies**. Sesto Fiorentino: CNR IVALSA, 2012. 52 p.
- OLIVEIRA, Diego de. **Análise operacional e de custos de sistemas de colheita de madeira em povoamentos de Eucalipto**. 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-oeste, 2013.
- SEIXAS, F.; BARBOSA, R.F.; RUMMER R. Tecnologia que protege a saúde do operador. **Revista da madeira**, v.14, p.68-73, 2004.
- SPINELLI, R.; OWENDE, P. M. O; WARD, S. M.; TORNERO, M. Comparison of short-wood forwarding systems used in Iberia. **Silva Fennica**, v. 38, n. 1, p. 85 - 94, 2004.
- STRANDGARD, M.; WALSH, D.; ACUNA, M. Estimating harvester productivity in Pinus radiata plantations using StanFord stem files. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 28, n. 1, p. 73 - 80, 2013.
- SZEWCZYK, G.; SOWA, J. M.; KAMIŃSKI, K.; KULAK, D.; STAŃCZYKIEWICZ, A. 2017. Selection of time study methods for forest operations. **Forestry Letters**, n. 110, p. 1-12.
- WALSH, D.; STRANDGARD, M. Productivity and cost of harvesting a stemwood biomass product from integrated cut-to-length harvest operations in Australian Pinus radiata plantations. **Biomass and Bioenergy**, v. 66, p. 93 - 102, 2014.

## 6. AGRADECIMENTOS

À empresa por permitir a realização do estudo e ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica da UDESC (PROBIC).

# AVALIAÇÃO DO CICLO OPERACIONAL DO SKIDDER NAS ATIVIDADES DE DESGALHAMENTO E EXTRAÇÃO

João Victor Rodrigues Barroso COELHO<sup>1</sup>; Raquel Silva PEREIRA<sup>2</sup>; Luiz Paulo de Souza CORREIA<sup>3</sup>; José Jhones MATUDA<sup>4</sup>; Ângelo Márcio Pinto LEITE<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 – km 583 nº 5000 – Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – joaovictor.rbcoelho@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 – km 583 nº 5000 – Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil – raquelpereiraenflorestal@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Folha 31 – Quadra 07 – Lote especial s/nº - Nova Marabá, 68507-590, Marabá, Pará, Brasil – luizpauloengflorestal@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 – km 583 nº 5000 – Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – ampleite@ig.com.br

<sup>5</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367 – km 583 nº 5000 – Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – angelo.leite@ufvjm.edu.br

E-mail para correspondência: [joaovictor.rbcoelho@gmail.com](mailto:joaovictor.rbcoelho@gmail.com) - Nº 16/2019

## Resumo

As atividades de colheita florestal são de grande importância para as empresas, sendo considerada a etapa de maior investimento e custo. Objetivou-se com este trabalho realizar uma análise das operações do ciclo de extração do *skidder* e do implemento desganhador florestal. A avaliação da operação dos ciclos foi realizada por meio de um estudo de tempos e movimentos (ETM). As etapas do ciclo operacional da máquina e do implemento foram pré-definidas, sendo coletados 87 e 92 ciclos respectivamente. Pôde-se observar que, a etapa que demandou maior tempo do ciclo da extração foi a manobra de carregamento 2, e o menor tempo foi o descarregamento e manobra. O tempo total médio gasto na operação de extração foi de 226,80 segundos. Verificou-se que, em 55,43% e 23,91% dos feixes avaliados, o desganhador florestal foi acionado quatro vezes e três vezes, respectivamente. O tempo médio gasto no desganhamento dos fustes foi de 53,83 segundos.

**Palavras-chave:** Colheita Florestal; Tempos e Movimentos; Desganhador de Fustes.

## Abstract

The activities of harvest and transportation florestal are of great importance from an economic point of view. With this, this study aims to undertake an analysis of the operations of the cycle of Skidder and implement forest delimiting. The evaluation of the operation of extraction was performed by means of a study of time and movements, where they were preset steps of the cycle of the machine and implement evaluated, where they were collected 87 and 92 cycles, respectively. It can be observed that the step that demanded greater and less time in the life cycle of the skidder was the maneuver of attachment 2 and the maneuver of trip, respectively and the average time spent in the operation of extraction was 3.78 minutes. It appears that at 55.43% and 23.91% of the beams tested, delimeter was engaged four times and three times respectively. The average time spent on the delimiting was 53.828 seconds.

**Keywords:** Forest harvesting; Time and Movements; Forest falconer.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda por produtos madeireiros e não madeireiros, provenientes de florestas plantadas influenciou as empresas do setor a melhorarem seus processos produtivos. Neste contexto, a colheita florestal assume papel de importância, uma vez que representa a atividade responsável pelo abastecimento dos locais de consumo. Além disso, a colheita e o transporte florestal chegam a representar mais de 50% dos custos totais da madeira posta no pátio da indústria (MACHADO, 2014).

A mecanização das operações de colheita intensificaram-se a partir da década de 1990 devido, à necessidade de redução dos custos de produção, implicando aumento no rendimento das operações (BRAMUCCI e SEIXAS, 2002).

Malinovski et al. (2014) relata que o sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades, para o fornecimento constante de madeira para a indústria e varia em função do relevo, do padrão e produção da floresta, sortimento e uso final da madeira e das máquinas e equipamentos disponíveis. No sistema de árvores inteiras (*full-tree*), a árvore é derrubada e arrastada para a margem da estrada ou

pátio intermediário, onde é processada (FAO, 1978). Esse sistema implica elevado índice de mecanização, trazendo ganhos de produtividade, redução de custos, além de entregar um produto com qualidade que atenda à demanda da indústria.

A necessidade por parte de algumas empresas de receber a madeira com menor quantidade de galhos e folhas facilita o transporte e contribui com a melhoria do processamento industrial. O desgalhamento mecanizado pode ser realizado com o uso de máquinas e equipamentos, como o *harvester* e *stroke delimeter*, que possuem melhor rendimento em comparação ao método semimecanizado. Recentemente uma empresa florestal desenvolveu o desgalhador florestal de discos, que consiste num implemento com disco planos recortados, podendo ser acoplado ao *skidders* ou em outros modelos de máquinas base.

Os *skidders* são tratores florestais articulados desenvolvidos para o arraste das árvores da área de corte até a margem da estrada ou pátio intermediário. Existem basicamente três tipos básicos de *skidders*: cabo, garra e com garra e grua (MALINOVSKI et al., 2014).



**Figura 1.** Desgalhador florestal semelhante ao avaliado no estudo. Fonte: TONIN (2015).

No desenvolvimento de sistemas de colheita, Seixas *et al.* (2004) consideram o estudo de tempos e movimentos uma técnica importante, pois o tempo consumido para cada um dos elementos do ciclo operacional permite a organização do trabalho, otimização do ciclo operacional, deduzir a produtividade e o custo e, em combinações com medidas ergonômicas, estabelecer o esforço humano requerido para cada uma das atividades.

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho analisar as operações do ciclo operacional do *skidder* e do implemento desgalhador de fustes, por meio do estudo de tempos e movimentos em um povoamento de *Eucalyptus spp.*

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa florestal, localizada no município de Itamarandiba, Minas Gerais. O povoamento de *Eucalyptus spp.*, foi plantado no espaçamento 1,25 x 6,00 m, e possuía 72 meses de idade e volume médio individual de 0,14 m<sup>3</sup>.

O sistema de colheita florestal utilizado pela empresa é o de árvores inteiras (*full tree*), sendo a derrubada das árvores e o amontoamento em feixes realizado pelo *feller-buncher*. O desgalhamento foi realizado pelo implemento desgalhador acoplado ao *skidder* com posterior arraste até o carreador.

O *skidder* utilizado é da marca John Deere, modelo 848H, com tração 4 X 4, potência bruta 149 kW (200hp), com distância entre eixos equivalente a 3.787 mm (149 pol.), motor PowerTech™ Plus de 6,8L (Figura 2).

A avaliação da operação de extração foi realizada por meio do estudo de tempos e movimentos. Para tal, as atividades desempenhadas pelo *skidder* foram subdivididas em elementos e interrupções do ciclo operacional, sendo:



**Figura 2.** Skidder John Deere 848H com desgalhador acoplado. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=AOS S4x4UHtc&t=3s>

a) Viagem sem carga: deslocamento da margem da estrada ao interior do talhão e sua aproximação do feixe de árvores;

b) Manobra e carregamento 1: manobras de posicionamento para engate do primeiro feixe de árvores juntamente com o engate do mesmo;

c) Manobra e carregamento 2: deslocamento até a realização das manobras de posicionamento para engate do segundo feixe de árvores juntamente com o engate do mesmo;

d) Viagem com carga: arraste do feixe de árvores do interior do talhão até a margem da estrada;

e) Descarregamento: posicionamento adequado do feixe na pilha juntamente com o desengate na margem da estrada;

f) Interrupções: outras operações não contempladas em nenhuma etapas anteriores, como: ajuste de pilhas limpeza dos feixes, operador comunicando-se via rádio e paradas para manutenção mecânica.

Normalmente o desgalhamento é realizado a aproximadamente 60 dias após a derrubada para facilitar a remoção dos galhos pelo implemento. Para efetuar o desgalhamento, o operador passa com o implemento desgalhador acoplado ao *skidder* sobre as copas das árvores até deixar o fuste isento de galhos.

No ciclo operacional do desgalhamento, foram coletadas as seguintes informações:

a) Passadas: número de vezes que o *skidder* acoplado com o implemento desgalhador passa sobre os feixes;

b) Desgalhamento: tempo consumido pelo conjunto *skidder* e implemento desgalhador para desgalhar um feixe de árvores;

c) Deslocamento: tempo consumido pelo conjunto *skidder* e implemento desgalhador para se deslocar até o próximo feixe.

O número de amostras necessárias para o estudo foi calculado de acordo com a equação (1):

$$n = (t^2 * CV^2) / E^2 \quad (1)$$

Em que: n é o número de ciclos, t é o valor tabelado de t Student, CV é o coeficiente de variação e, E o erro admissível.

Vale ressaltar que o número de ciclos coletados foi bastante superior ao mínimo exigido, garantindo assim a confiabilidade dos dados. O método utilizado foi o de cronometragem de tempo contínuo, sem detenção do cronômetro, registrando o início e o final de cada elemento do ciclo operacional. A cronometragem dos tempos gastos para a execução de cada elemento do ciclo operacional foi realizada com o aplicativo *Time Motion Study*.

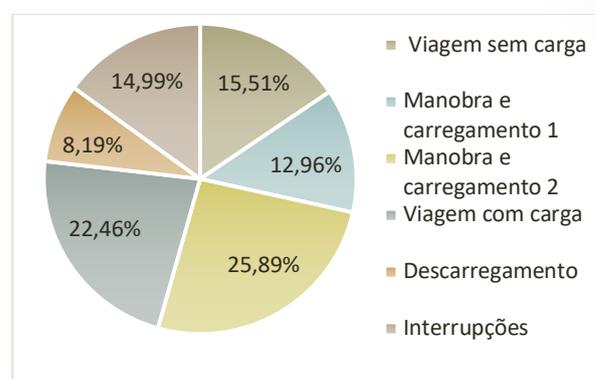
Todas as avaliações ocorreram durante o turno de trabalho diurno e sempre com o *skidder* sendo conduzido pelo mesmo operador.

Os dados obtidos a partir do estudo de tempos e movimentos foram compilados, processados e analisados no *software* MS Excel. A análise descreveu o tempo despendido em cada atividade do ciclo operacional.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo total utilizado para a execução dos ciclos operacionais do *skidder* durante a extração foi de 5,93 horas, obtido por meio de 87 ciclos. O

percentual de cada elemento do ciclo operacional pode ser observado na Figura 3.



**Figura 3.** Percentual das operações que compõem o ciclo operacional do *skidder* durante a extração.

Durante a extração, a etapa do ciclo operacional do *skidder* que demandou maior tempo foi manobra e carregamento 2, representando 25,89% do tempo observado. O resultado pode ser explicado pelo fato desta etapa ter sido influenciada pelo desgalhamento realizado de forma não satisfatória anteriormente.

Para atender aos requisitos de qualidade estabelecidos, o operador realizava manobras extras como levantamento, balanço dos fustes e passagem da lâmina do *skidder*.

Outro fator que pode ter influenciado a etapa manobra e carregamento 2 é a organização dos feixes. Quanto mais desorganizado o mesmo, maior a dificuldade na realização

do engate das toras e, conseqüentemente, maior o tempo despendido. O desgalhamento realizado com implemento desgalhador gerava uma desorganização do feixe, uma vez que o *skidder* passava diversas vezes sobre os mesmos para remover os galhos.

Ao estudar tempos e movimentos de um *skidder*, Lopes *et al.* (2007) verificaram que os elementos parciais que consumiram a maior parte do tempo do ciclo operacional da máquina foram a manobra de carregamento e a viagem com carga, com 25,2% e 24,8%, respectivamente.

Segundo Seixas (2008), ao contrário do *forwarder* que passa a maior parte do ciclo operacional de forma passiva, ou seja, realizando as operações de carga e descarga, o *skidder* deveria ocupar o maior tempo de forma ativa. Ou seja, realizando operações de viagem sem carga e viagem carregado e, conseqüentemente, consumindo um menor tempo proporcional do ciclo nas operações de engate e desengate.

Ainda, na Figura 3 percebe-se que as operações de viagem com carga e viagem sem carga representaram 22,46% e 15,51%, respectivamente. O maior tempo percentual de viagem com

carga é coerente devido o *skidder* voltar para margem do talhão arrastando o feixe, o que torna o seu deslocamento mais lento, devido ao peso da carga.

Para Pereira *et al.* (2015), o tempo de deslocamento da máquina, tanto carregado quanto vazio é influenciado pelo tamanho do talhão, distância de extração, condições da trilha de arraste, declividade, presença de obstáculos e o volume de madeira arrastado, principalmente em condições de aclives.

A área de estudo apresentava uma grande quantidade de indivíduos de *Caryocar brasiliense*, espécie arbórea protegida por lei. A empresa exigia o máximo de cuidado com estas árvores que estavam espalhadas pela área, com maior concentração nas laterais dos talhões. Por este motivo, o operador precisava desviar das mesmas durante as manobras. O ciclo operacional do *skidder* provavelmente foi influenciado por este aspecto, principalmente a viagem sem carga e o arraste.

A etapa manobra e carregamento 1 representou 12,96% em relação ao tempo total. Tal resultado pode ser explicado pelo fato desta etapa apresentar menor grau de dificuldade quando comparado com a manobra e carregamento 2. O descarregamento demandou 8,19% do tempo total,

indicando ser a operação de menor grau de dificuldade do ciclo operacional do *skidder* durante a extração.

Na ocasião, 14,99 % do tempo total foi consumido por atividades diferentes das operações do ciclo, tais como ajuste dos feixes e pilhas, limpeza das pilhas, operador comunicando-se via rádio, paradas para manutenção mecânica, entre outras.

O tempo médio gasto em cada operação do ciclo operacional do *skidder* está representado na Tabela 1.

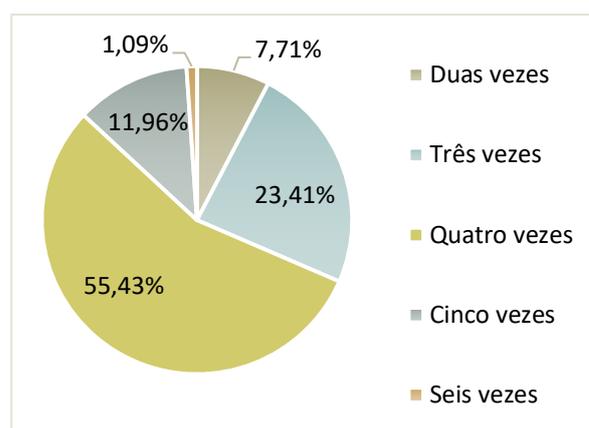
A operação de Manobra e carregamento 2 consumiu em média 63,49 segundos para ser executada, seguida pelo descarregamento que apresentou duração média de 55,07 segundos. As operações de viagem sem carga e manobra e carregamento 1 indicaram duração média de 38,20 e 31,77 segundos, respectivamente. A operação descarregamento despendeu em média 20,09 segundos para ser executada, indicando ser a etapa mais rápida do ciclo.

### 3.1 Ciclo operacional do desganhador florestal

A representatividade percentual do número de passadas do conjunto *skidder* e desganhador sobre os feixes para executar o desganhamento pode ser observada na Figura 4.

**Tabela 1.** Tempo médio gasto em cada operação do ciclo do *skidder* durante a extração

Operação	Tempo (s)
Viagem sem carga	38,20
Manobra e carregamento 1	31,77
Manobra e carregamento 2	63,49
Arraste	55,07
Manobra de desengate	20,09
Ciclo completo	226,80



**Figura 4.** Percentual do número de vezes que o *skidder* passou com o desganhador em atividade sobre os feixes.

Verifica-se que em 55,43% e 23,91% dos feixes avaliados, o desganhador foi acionado quatro vezes e três vezes, respectivamente. Este resultado indica que quatro e três são os números de passadas mais comuns para o desganhamento.

Nota-se também que em 11,96% e 1,09% dos feixes avaliados foi necessário acionar o desganhador cinco ou seis

vezes, respectivamente. Isso pode ter ocorrido em feixes maiores do que os demais e que, conseqüentemente, continham maior volume de copa, tornando-se assim o desgalhamento mais difícil.

Por outro lado, 7,71% dos feixes foram desgalhados com apenas duas passadas. Estes por sua vez, eram feixes menores, contendo menos fustes quando comparado aos demais, o que facilitava o desgalhamento devido ao menor volume de galhos a serem removidos.

O tempo médio gasto na operação do desgalhador em função do número de vezes que o implemento foi acionado está representado na Tabela 2.

Observa-se que quanto menor o número de vezes que o desgalhador passa sobre os feixes, menor é o tempo médio gasto na operação de desgalha.

Quando o desgalhador passou por duas e três vezes sobre os feixes, o tempo médio observado foi de 27,73 e 42,01 segundos, respectivamente. Os maiores tempos médios da operação, representados por 72,34 e 66,57 segundos, foram obtidos quando o desgalhador passou sobre os montes seis e cinco vezes, respectivamente.

**Tabela 2.** Tempo médio do número da operação de desgalhamento com desgalhador, em função do número de vezes que o implemento foi acionado.

Acionamentos	Tempo médio (s)
2	27,73
3	42,01
4	60,49
5	66,57
6	72,34

Outro aspecto observado é o fato que, as amplitudes entre os tempos médios apresentaram uma tendência de diminuição conforme aumentava o número de vezes que o desgalhador passava sobre os feixes. Quando ocorriam duas ou três passadas, essa tendência não era seguida. Tal situação indica que quanto maior o número de vezes que o desgalhador passa sobre o monte, mais fácil será a próxima passada.

O tempo médio de deslocamento entre feixes foi de 8,61 segundos. Esse tempo dependia da distância que entre os feixes e, também, da escolha feita pelo operador sobre os próximos feixes que seriam desgalhados.

O tempo médio gasto pela operação de desgalhamento realizada com o desgalhador foi de 53,83 segundos e, o número médio de passadas necessárias para a realização dessa etapa foi cerca de 3,5 vezes.

Para verificar se o desgalhamento estava sendo realizado de forma eficaz, o operador arrastava determinados feixes desgalhados, observando se os mesmos estavam livres de galhos e folhas.

#### 4. CONCLUSÃO

O *skidder* desempenhou com êxito as atividades de desgalhamento e extração, atendendo aos critérios estabelecidos pela empresa. Porém, seu rendimento na atividade de extração foi prejudicado por outras operações que não fazem parte do seu ciclo operacional, além do fato do desgalhador desorganizar a base dos feixes prejudicou a etapa de engate e arraste. Recomenda-se estudos posteriores para obtenção da produtividade e dos custos, assim como oportunidades de melhoria do processo.

#### 5. REFERÊNCIAS

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.

FOOD AND AGRICULTURE  
ORGANIZATION.  
**Planificación de  
carreteras forestales y  
sistemas de  
aprovechamiento.** Rome,  
1978. 171 p. (Estudos FAO:  
Montes, v. 2).

LOPES, E. S. *et al.* Avaliação  
técnica do trator florestal  
arrastador *skidder* com  
diferentes tipos de rodados  
na extração de madeira em  
povoamentos de pinus.  
Revista **Árvore**, Viçosa, v.  
31, n. 6, p. 1053-1061.  
2007.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.;  
PEREIRA, R. S.; CASTRO, G.  
P. O Setor Florestal  
Brasileiro e a Colheita  
Florestal. In: MACHADO, C.  
C. **Colheita Florestal**. 3  
ed. Viçosa, MG: UFV, 2014.  
543p.

MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO,  
C.M.S.; MALINOVSKI, R.A.;  
MALINOVSKI, R.A.; CASTRO,  
G.P. Sistemas. In: MACHADO,  
C.C. **Colheita florestal**. 3.  
Ed. Viçosa, MG: UFV, 2014.  
p. 178-205.

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**, Santa Maria, v.

25, n. 4, p. 981-989, out.-  
dez., 2015.

SEIXAS, F. Extração. In:  
MACHADO, C.C. (ed.).  
**Colheita Florestal.**  
Viçosa: UFV, 2002. p.89-  
128.

TONIN, R. P. **Avaliação do  
desgalhador florestal de  
discos em função de  
diferentes teores de  
umidade da madeira de  
eucalipto.** 2015. 68 f.  
2015. Dissertação de  
Mestrado em Ciência  
Florestal. Universidade  
Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, Botucatu.

# AVALIAÇÃO TÉCNICA DO TRATOR FLORESTAL ARRASTADOR SKIDDER

José Jhones **MATUDA**<sup>1</sup>; João Victor Rodrigues Barroso **COELHO**<sup>2</sup>; Luiz Paulo de Sousa **CORREIA**<sup>3</sup>; Ângelo Márcio Pinto **LEITE**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – jjmatuda@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – joaovictor.rbcoelho@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Folha31, Quadra 07, Lote Especial, s/n, Nova Marabá, 68507-590, Marabá, Pará, Brasil – luizpauloengflorestal@hotmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – angelo.leite@ufvjm.edu.br

E-mail para correspondência: [jhonesmatuda@gmail.com](mailto:jhonesmatuda@gmail.com) - Nº 15/2019

## Resumo

Muitos fatores podem interferir na produtividade do *Skidder*. Objetivou-se com esse trabalho identificar possíveis causas operacionais que possam interferir na extração de madeira com o *Skidder*. Realizou-se um estudo de tempos e movimentos para quatro operadores utilizando o Método de Tempo Contínuo. Foram analisados o tempo médio total para realização dos ciclos operacionais por cada operador, bem como os tempos parciais dos ciclos. O tempo médio para realização de um ciclo operacional foi de 248,10 segundos, no qual mais de 50% é destinado ao deslocamento e 11,36% destinado a arrumar pilha. A atividade de arrumar pilha quando planejada para ser executada após um número maior de viagens, reduz o tempo desta parcial em 24,5%. Verificou-se também que padronizar esta atividade, orientando todos os operadores a realizarem quantidades menores de interrupções e/ou paradas para arrumar pilha, tende a aumentar a produtividade dos *Skidders*.

**Palavras-chave:** Colheita florestal; Tempos e movimentos; Extração de madeira.

## Abstract

Many factors can interfere with *Skidder* productivity. The objective of this work was to identify possible operational causes that may interfere with the extraction of wood with *Skidder*. A time and motion study was performed for four operators using the Continuous Time Method. The total average time to perform the operational cycles by each operator, as well as the partial cycle times were analyzed. The average time to perform an operating cycle was 248.10 seconds, in which more than 50% is intended for displacement and 11.36% for tidying up. Stacking activity when planned to run after a larger number of trips reduces the time of this part by 24.5%. It has also been found that standardizing this activity, directing all operators to perform fewer interruptions and / or stacks to tidy up the stack, tends to increase *Skidders*' productivity.

**Keywords:** Forest harvesting; Times and motions; Wood extraction.

## 1. INTRODUÇÃO

A colheita florestal envolve um conjunto de operações que visam preparar e levar a madeira de um maciço florestal até o local de transporte. Considerado como a parte mais importante e onerosa do ponto de vista tecnológico, nas atividades florestais de campo, a colheita florestal mecanizada era praticamente inexistente até a década de 1940 (MACHADO et al., 2014). Com o advento da mecanização e a necessidade da empresa em cumprir seus objetivos de forma eficaz, torna-se necessário elaborar um planejamento adequado, com a utilização de técnicas e procedimentos pré-estabelecidos.

Segundo Malinovski et al., (2014) existem cinco sistemas de colheita: toras curtas, toras longas, árvores inteiras, árvores completas e cavaqueamento.

O sistema de árvores inteiras é caracterizado pela extração da parte aérea inteira da árvore derrubada e seu processamento na borda do talhão. Este sistema requer elevado grau de mecanização e pode ser utilizado em qualquer tipo de terreno (RODRIGUES et al., 2018). Nele são utilizados normalmente as máquinas *feller buncher*, *skidder* e garra traçadora. Este tipo de modal tem sido utilizado pelas empresas pelo seu baixo custo e alta produtividade,

principalmente nas atividades de corte raso (MALINOVSKI et al., 2014).

Constitui também um sistema que exige maior eficiência no planejamento para se reduzir custos e os impactos da colheita. Durante a execução das operações os impactos ambientais negativos gerados tendem a ser superiores ao de toras curtas, principalmente pela exposição do solo, acúmulo excessivo de resíduo nas bordas do talhão e maior compactação.

Devido sua dinâmica operacional, o *skidder* tende a se deslocar por todo o interior do talhão, possibilitando a ocorrência de compactação na área toda.

Diversos fatores podem interferir na produtividade das operações da colheita mecanizada e todos devem ser levados em consideração durante o planejamento. Para Seixas e Castro (2014) alguns fatores que interferem na produtividade das máquinas de extração são: densidade do talhão; topografia; condições climáticas; tipo de solo; volume individual (VMI) e distância média de extração (DME). Ainda pode ser acrescentado a esta lista a qualificação e experiência do operador, suas condições psicológicas, manutenção preventiva e capacidade operacional das máquinas.

Objetivou-se com esta pesquisa identificar possíveis causas operacionais

que tendem a interferir negativamente na extração com o *skidder*, por intermédio do estudo de tempos e movimentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus* spp pertencente a uma empresa florestal com plantios em municípios da Região de Teófilo Otoni, no estado de Minas Gerais. A coleta de dados ocorreu em um talhão retangular de 40 hectares (ha) com espaçamento de 6 x 1,5 metros, colhido pelo *feller buncher*. A classe de textura do solo da região de estudo é o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. O relevo é classificado como plano e suave ondulado.

A altitude média no local de estudos é de 860 metros acima do nível do mar e pertence a uma área de transição climática entre o clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (Cwa). Com clima tropical de savana com estação seca de inverno (Aw), ambos definidos pela classificação de Köppen-Geiger. A precipitação anual média no município é de 1.084 mm e a temperatura durante o ano varia em média de 15°C a 31°C, sendo a média anual de 23,4°C. O trator florestal *skidder* utilizado no estudo é o modelo 948L da marca John Deere. Esta máquina conta

com assento eletropneumático giratório de encosto alto e direção por *joystick*, peso operacional de 22.416 kg e está equipado com um motor de 281 cv de potência com 1276 Nm de torque. Seu sistema de transmissão é continuamente variável (CVT) e ângulo de articulação de 45° tanto para direita como para esquerda. Com relação a carga, a capacidade da garra é de 2,07 m<sup>2</sup> com abertura de 3,85 metros.

O sistema de colheita adotado pela empresa é o de árvores inteiras, sendo o modal constituído por *feller buncher*, *skidder* e garra traçadora.

A coleta dos dados em campo ocorreu durante dois dias no mês de julho de 2019. Para esta coleta foi elaborado uma planilha específica com as variáveis que compõem o ciclo operacional do *skidder*, de acordo com os procedimentos operacionais adotados pela empresa.

Foram coletados dados de quatro operadores. Para cada operador foi coletado um número de ciclos superior ao estimado por uma amostra piloto, objetivando atender um erro de amostragem máximo menor ou igual a 10% a 95% de probabilidade. Para esta estimativa utilizou-se a equação 1, citada por Campos e Leite (2017), para determinar o tamanho mínimo de amostra em populações finitas.

$$n \geq \frac{t^2 * CV^2}{\varepsilon^2 + \frac{t^2 * CV^2}{N}} \quad (1)$$

Em que:  $n$  é o número de amostras;  $t$  é o valor tabelado da estatística “t” de *Student*, a dado nível de significância ( $\alpha$ ) em  $n-1$  graus de liberdade;  $CV$  é o Coeficiente de variação (%);  $\varepsilon$  é o erro admissível (%); e  $N$  é o tamanho da população.

O tamanho da população ( $N$ ) utilizada para o cálculo do número de amostras ( $n$ ) de cada operador foi de 423, baseado em 20% da população total de feixes na área. Este valor ficou acima do transportado por cada operador, sendo com isso uma base de cálculo confiável.

A metodologia utilizada para o Estudo de Tempos e Movimentos (ETM) baseou-se em Barnes (2009), adotando-se o Método de Tempo Contínuo. Foram analisados o tempo médio total para realização dos ciclos operacionais de cada operador. Bem como os tempos parciais dos ciclos, subdivididos em: deslocamento vazio, manobra de carregamento, deslocamento com carga, manobra de descarregamento e arrumar pilha. Realizou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Dividiu-se a área destinada para a operação do *skidder* em quatro classes de distância entre a borda do talhão e o primeiro feixe a ser arrastado, com o objetivo de identificar as interferências

com relação a DME. Estas classes são: 0 – 50; > 50 – 100; > 100 – 200; e > 200.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 213 ciclos referentes a quatro operadores. A quantidade bem como o número de ciclos mínimo para cada operador é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Número de ciclos estimados para atingir o erro máximo de 10% a 95% de probabilidade e, números de amostras coletados para cada operador.

Operador	Ciclos estimados	Ciclos coletados
1	26	41
2	29	46
3	20	45
4	22	41

Como já esperado, de acordo com Lima e Leite (2014), houve uma relação direta da distância de extração com o tempo de realização do ciclo operacional.

O tempo médio entre cada classe de distância para cada operador correspondeu a 106,28 segundos para o Operador “1”, 144,05 para o Operador “2”, 134,78 segundos para o Operador “3” e 139,01 segundos para o Operador “4”. O incremento entre os tempos da menor para a maior distância foi de 58,63%, 92,33%, 81,15% e 85,47% respectivamente.

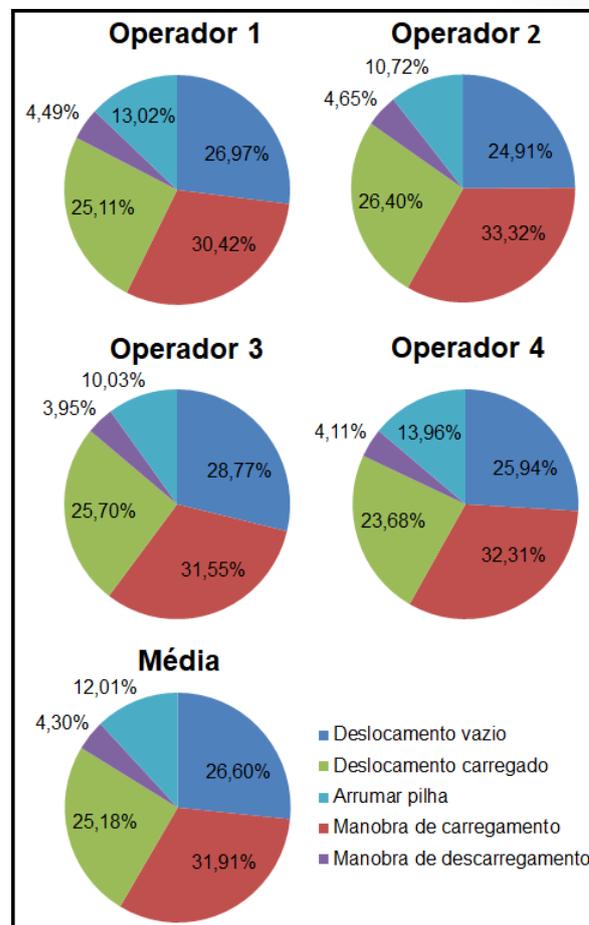
Constatou-se que houve pouca diferença percentual entre as etapas do ciclo operacional para cada operador, demonstrando que entre outros fatores, o tempo depende da habilidade de cada operador especificamente.

A “manobra de carregamento” é a que consome o maior tempo de execução. Entretanto, o somatório das manobras de deslocamento (“deslocamento vazio” e “deslocamento carregado”) correspondem a mais de 50% do tempo de execução de um ciclo operacional. Fernandes et al. (2009) e Araújo (2014) encontraram resultados parecidos aos dessa pesquisa. Segundo Seixas e Castro (2014) e Lopes e Diniz (2015), isso já era esperado tendo em vista que o *skidder* trabalha de forma ativa, ou seja, passa a maior parte de seu tempo se deslocando.

Vale ressaltar que a manobra de carregamento que variou entre 30,42% e 33,32% representou a coleta de dois feixes, havendo também o deslocamento do *skidder* durante esta atividade parcial no ciclo operacional.

A manobra “arrumar pilha” não deveria assumir grande frequência na atividade de extração, porém ocorreu de forma bem expressiva, tanto em quantidade como em tempo

disponibilizado à mesma, conforme Figura 1.



**Figura 1.** Distribuição percentual dos tempos das etapas do ciclo operacional com o *Skidder* para cada operador avaliado e, a média de todos eles considerando a atividade de “Arrumar pilha”.

Ao considerar a soma desta manobra nas médias dos ciclos operacionais nota-se o incremento de 34,08 segundos para o Operador “1”, 25,23 segundos para o Operador “2”, 24,53 segundos para o Operador “3” e, 35,09 segundos para o Operador “4”. De forma geral o incremento médio no ciclo

operacional referente a esta manobra de “arrumar pilha” foi de 30,71 segundos, o que representa 11,96% do ciclo operacional médio. Fiedler et al. (2008), em condições semelhantes estimaram que o tempo com as manobras de “arrumar pilha” representaram 22,32% do ciclo operacional, correspondente a 43,7 segundos.

Lopes *et al.* (2007) consideraram a “manobra de descarregamento” e “arrumar pilha” como uma única variável e chegou a conclusão que ela ocupava 22,15% do tempo médio para realização de um ciclo operacional de 156 segundos, numa DME de 56,8 metros. Araújo (2014) estimou que a atividade de “arrumar pilha” variou entre 11,83 segundos a 15,90 segundos por ciclo operacional.

O tempo excessivo gasto com as manobras para alinhar adequadamente os feixes ou fustes na pilha demonstram que, algo na operação anterior ou durante as atividades do *skidder* não está dentro dos padrões de qualidade. Sendo assim, necessária a identificação do agente causador desta perda de tempo e sua correção.

Desconsiderando-se as interrupções e/ou paradas e englobando apenas as horas efetivamente trabalhadas, cada operador apresentou as seguintes produtividades médias: de 13,75 ciclos

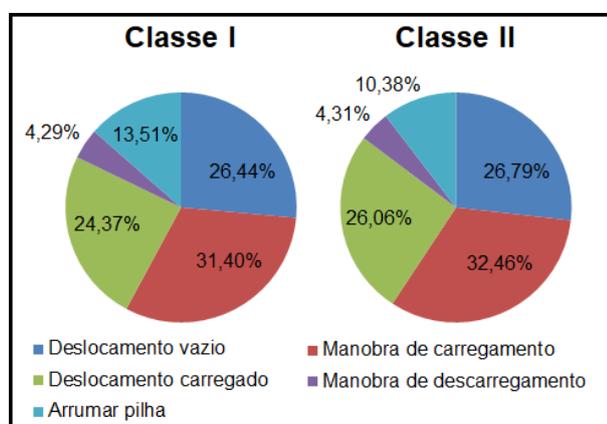
por hora para o operador “1”, 15,28 ciclos por hora para o operador “2”, 16,36 ciclos por hora para o operador “3” e, 14,32 para o operador “4”. A média geral foi de 14,51 ciclos operacionais por hora por operador, o que representa 248,10 segundos por ciclo. Considerando-se que cada ciclo representa o arraste de dois feixes, e cada feixe tem em média 21 árvores, cada viagem arrasta para a pilha uma média de 42 fustes.

Trabalhando em situação semelhantes, Araújo (2014) encontrou médias que variaram entre 134,99 segundos e 147,22 segundos utilizando um *skidder* Caterpillar 525C. Fiedler et al. (2008) encontraram uma produtividade de 13,9 árvores por ciclo que duraram em média 195,8 segundos descontados as interrupções, para um *skidder* Caterpillar 525B em um talhão de *Eucalyptus grandis* com volume médio por árvores de 0,165m<sup>3</sup>. Ambos *skidders* com capacidade de garra de 1,16m<sup>2</sup>.

Alves et al. (2014) encontraram produtividade bem inferior no arraste com o *skidder* em terreno ondulado, em torno de 31,31 árvores por hora com VMI aproximado de 0,6m<sup>3</sup> e, tempo médio de execução do ciclo de 6 minutos e 47 segundos.

Observando o comportamento de cada operador foi possível subdividir a

atividade em duas classes de trabalho. Operadores que fazem muitas manobras de “arrumar pilha”, caracterizados por aqueles que realizam a média de no mínimo uma manobra desta natureza a cada três ciclos, sendo estes denominados de Classe I. E operadores que fazem poucas manobras de “arrumar pilha”, caracterizados por aqueles que realizam a média de no máximo uma manobra desta natureza a cada quatro ciclos, sendo estes denominados de Classe II. Com o intuito de comparar estas atividades foi elaborado um gráfico de setores para cada uma das duas subdivisões, conforme Figura 2.



**Figura 2.** Distribuição percentual dos tempos das etapas do ciclo operacional com o *Skidder* para a média dos operadores que realizaram muitas manobras de “arrumar pilha” (Classe I) e, para os que realizaram poucas manobras (Classe II).

É importante ressaltar que, embora determinados operadores fizessem mais

paradas que outros para realizar esta atividade de “arrumar pilha”, todos percorriam todo o perímetro da pilha ajustando os fustes desalinhados, com o intuito de se garantir o encabeçamento adequado destas.

Nota-se que a atividade de “arrumar pilha” apresentou um aumento de tempo da Classe II para a Classe I de 24,5%. Conforme a Tabela 2, esta variável foi a única a apresentar diferença significativa entre os operadores, ou seja, aqueles que realizavam muita ou pouca manobra de “arrumar pilha”.

**Tabela 2.** Tempo médio, em segundos, para a realização de cada parcial e do ciclo operacional total do *skidder*, para as Classes I e II de empilhamento da madeira.

Clas	DV	MC	DC	MD	AP
I	67.7 <sup>ns</sup>	80.4 <sup>ns</sup>	62.4 <sup>ns</sup>	10.9 <sup>ns</sup>	34.6*
II	64.2 <sup>ns</sup>	77.8 <sup>ns</sup>	62.4 <sup>ns</sup>	10.3 <sup>ns</sup>	24.9*

Onde: Clas: Classe; DV: Deslocamento vazio; MC: Manobra de carregamento; DC: Deslocamento com carga; MD: Manobra de descarregamento; AP: Arrumar pilha; ns: não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Portanto, quanto menor o percentual de paradas para a atividade de extração, maiores tendem a ser a produtividade do operador. Ressalta-se que, esta etapa não deveria ser considerada padrão na operação de extração e, sim, realizada somente

quando ocorressem falhas no encabeçamento dos feixes na pilha localizada na borda do talhão.

#### 4. CONCLUSÃO

O ETM demonstrou que há pontos a serem melhorados na atividade de extração de madeira com o *skidder*, pois estes interferem na produtividade. Os principais pontos para melhorias do processo correspondem à padronização da atividade com o objetivo de reduzir as manobras de “arrumar pilha”, bem como, capacitar melhor os operadores para que estes realizem adequadamente suas funções.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALVES, G. C.; SCHELBAUER, A. A.; SANTOS, A. S.; ROBERT, R. C. G. Desempenho do Skidder em três condições de relevo na extração de madeira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 732 - 742, 2014.
- ARAÚJO, L. C. **Influência de corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal**. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.
- BARNES, R. M. **Motion and time study: design and measurement of work**. 7<sup>a</sup> ed. Noida: Wiley, 2009. 704 p.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 5 ed. Viçosa: UFV, 2017. 636 p.
- FERNANDES, H.C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M., MINETTE, L. J.; RINALDI, P. C. N. BERNARDES, A. M. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**, v.37, n. 83, p. 225-232, set., 2009.
- FIEDLER, N. C.; ROCHA, E. B. DA; LOPES, E. DA S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás. **FLORESTA**, v. 38, n. 4, p. 577-586, out./dez. 2008.
- LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C.C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa. UFV, 2014. p.46-73.
- LOPES, E. S.; MISSEL, J. W. P.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica do trator florestal arrastador "Skidder" com diferentes tipos de rodados na extração de madeira em povoamentos de pinus. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p. 1053-1061, 2007.
- LOPES, E. S.; DINIZ C. C. C. Produtividade do trator florestal *Chocker Skidder*

- na extração de madeira em terrenos declivosos. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 625 - 634, 2015.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R.S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. p.15-45.
- MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, R.A.; CASTRO, G.P. Sistemas. In: MACHADO, C.C. **Colheita florestal**. 3. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 178-205.
- 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.
- SEIXAS, F.; CASTRO, G. P. Extração. In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa, Ed. UFV, 2014. p. 106 - 161.

# EFEITO DO OPERADOR NO DESEMPENHO DE *SKIDDER* NA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE PINUS EM CORTE FINAL

Romano Rambo **LOVISA**<sup>1</sup>; Leonardo Poleza **LE MOS**<sup>1</sup>; Roni Erminio **PAVARIN**<sup>1</sup>;  
Caroline **FERNANDES**<sup>1</sup>; Jean Alberto **SAMPIETRO**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões nº 2090, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil

E-mail para correspondência: [jean.sampietro@udesc.br](mailto:jean.sampietro@udesc.br) - Nº 11/2019

## Resumo

A análise operacional de atividades florestais é indispensável para o entendimento das relações entre as variáveis que explicam os processos produtivos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do operador no desempenho de *skidder* na extração de árvores inteiras. A colheita foi realizada em povoamento de pinus, manejados para múltiplos produtos que foram submetidos a corte final aos 19 anos de idade. No sistema, a derrubada e o processamento das árvores, era realizado por *harvester* em turnos diferentes, enquanto a extração foi por *skidder*, cujo foi operado por pessoas com diferentes níveis de experiência. O desempenho operacional foi analisado por meio de estudo de tempos e movimentos ao nível de elemento do ciclo, determinando-se indicadores operacionais, tempos consumidos e a produtividade. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) e, depois, foram analisados por Modelo Linear Geral (MLG). Houve diferença significativa entre os operadores devido ao nível de experiência destes, bem como, efeito significativo da distância de extração. O desempenho operacional foi maior conforme maior foi o nível de experiência do operador, havendo relação inversa com a distância de extração. A produtividade média por hora produtiva para o operador 1 foi de 122,3 m<sup>3</sup>/PMH, para o operador 2 foi de 111,5 m<sup>3</sup>/PMH, enquanto para o operador 3 foi de 103,7 m<sup>3</sup>/PMH. Portanto, além do efeito do operador, é fundamental se considerar o efeito da distância de extração na gestão das operações.

**Palavras-chave:** Estudo do trabalho florestal; Técnicas e operações florestais; Produtividade.

## Abstract

The work study of forest operations is indispensable in order to understand the relationships between the variables that explain the productive processes. The objective of this study was to evaluate the effect of operator in the performance of *skidder* on extraction of whole trees. Harvesting was performed in a multi-product managed pine stand, which has been subjected to final cut at 19 years of age. In the system, the felling and processing of the trees was performed by *harvester* in different shifts, while the extraction was by *skidder*, which was operated by people with different levels of experience. The operational performance was analyzed by time and motion study at cycle element level, determining operational indicators, time consumption and productivity. The data was submitted to a Shapiro-Wilk normality test (W) and the analyzed by General Linear Model (GLM). There was significant difference between operators due to their level of experience as well as significant effect of extraction distance. Operational performance was higher as the operator's experience level increased, and there was an inverse relationship with the extraction distance. The average productivity per hour for Operator 1 was 122,3 m<sup>3</sup>/PMH, for Operator 2, 111,5 m<sup>3</sup>/PMH and for Operator 3, 103,7 m<sup>3</sup>/PMH. Therefore, in addition to the operator effect, it is essential to consider the effect of extraction distance in operations management.

**Keywords:** Forestry work-study; Forestry techniques and operations; Productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

A colheita e o transporte têm grande importância no setor florestal, dados aos riscos de perdas envolvidos nestas atividades e ao elevado custo destas operações.

Estas podem representar mais de 50% do custo total da madeira que posta em pátio da indústria. Além disso, são influenciadas por diversos fatores do ponto de vista técnico, econômico, ambiental e social que interferem diretamente no desempenho e no custo das operações (MACHADO; LOPES, 2000; LOPES, 2007).

Dentre as etapas da colheita florestal, a extração (que consiste na movimentação de madeira desde o local de derrubada até a margem do talhão, carregador ou o pátio intermediário) tem destaque por ser considerada uma etapa de alta complexidade e onerosidade dentro da colheita e, dessa forma, exigindo planejamento detalhado (SEIXAS; CASTRO, 2014), objetivando reduzir custos e impactos ambientais.

Diante dessa problemática, a análise operacional de etapas ou sistemas de colheita de madeira, ganha relevância por constituir-se de uma técnica indispensável na comparação de diferentes métodos, equipamentos ou operadores. Torna-se assim, um

procedimento fundamental para correções ou qualquer alteração do processo de produção, pois visa à racionalização e otimização dos recursos utilizados (LOPES et al., 2008).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do operador no desempenho operacional de *skidder* na extração de madeira de pinus em corte final.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas de uma empresa no município de Santa Cecília, SC. Os povoamentos eram de *Pinus taeda* L., os quais foram manejados visando à produção de usos múltiplos da madeira, sendo submetidos ao corte final, apresentando volume médio individual (VMI) de  $1,2 \text{ m}^3 \text{ árv}^{-1}$ .

O relevo da área de estudo variava entre suave a fortemente ondulado com declividade média de  $12,6^\circ$ , com talhões com tamanho médio de 12,1 ha e distância média de extração de 60,40 m.

O sistema de colheita era o de árvores inteiras (*full tree*). Sendo a derrubada e o processamento das árvores, realizados por *harvester* em turnos diferentes. Enquanto a extração era realizada por *skidder* com tração 4x4,

motor com potência de 203 hp e capacidade de pinça de 1,34 m<sup>2</sup>.

Avaliou-se a extração com *skidder* cujo foi operado por, doravante denominado, operador “A” com mais de 18 meses de experiência; operador “B” com mais de 4 meses de experiência; e um terceiro operado “C” com apenas 1 mês.

A análise operacional foi realizada por meio de um estudo de tempos e movimentos ao nível de elementos do ciclo segundo a abordagem de modelagem (MAGAGNOTTI; SPINELLI, 2012). Utilizou-se o método de cronometragem de tempo contínuo, com uso de *tablet* e software específico para registro dos dados. Todos os dados foram coletados nos meses de janeiro e fevereiro de 2019.

Na amostragem foram registrados os tempos produtivos e em interrupções, bem como, os valores de distância de extração (DE) e o volume por ciclo (VC).

O ciclo operacional de trabalho produtivo foi dividido em elementos, sendo: deslocamento vazio (DV); carregamento (CR); deslocamento carregado (DC) e descarregamento (DR).

Classificou-se os tempos em interrupções conforme a IUFRO (BJÖRHEDEN et al., 1995) e, então,

determinou-se os indicadores operacionais de Disponibilidade Mecânica (DM), Eficiência Operacional (EOp) e Taxa de Utilização (TU).

A DM foi considerada como sendo a relação entre o tempo em que a máquina permaneceu disponível para o trabalho e o tempo programado para ela trabalhar (Equação 1).

$$DM (\%) = \frac{SMH - TM}{SMH} \times 100 \quad (1)$$

Em que: DM: Disponibilidade Mecânica (%); SMH: horas máquina-programadas (h); TM: tempo em manutenção (h).

A EOp foi considerada como a porcentagem do tempo em está sendo realizado trabalho produtivo em relação ao tempo em que a máquina estava mecanicamente disponível (Equação 2).

$$EOp = \frac{PMH}{SMH - TM} \times 100 \quad (2)$$

Em que: EOp: Eficiência Operacional (%); PMH: horas máquina-produtivas; SMH: horas máquina-programadas (h); TM: tempo em manutenção (h).

Enquanto a TU foi considerada como a razão entre a porcentagem tempo em que a máquina estava desempenhando atividades produtivas e o tempo programado de trabalho (Equação 3).

$$TU = \frac{PMH}{SMH} \times 100 \quad (3)$$

Em que: TU: Taxa de Utilização (%);  
PMH0: horas máquina-produtivas (h);  
SMH: horas máquinas-programadas (h).

Calculou-se o tempo específico consumido por elemento do ciclo (em s/m<sup>3</sup>) pela razão entre o tempo consumido no elemento e a produção no respectivo ciclo. Por meio da razão entre a produção e o tempo consumido no ciclo foi possível calcular a produtividade por hora-máquina produtiva livre de interrupções ( $P_{PMH}$ , em m<sup>3</sup>/PMH). Desse modo, através da multiplicação do valor de  $P_{PMH}$  pela TU, determinou-se a produtividade por hora-máquina programada ( $P_{SMH}$ ).

Determinou-se o erro de amostragem relativo para a variável  $P_{PMH}$  para o nível de 5% de significância, de acordo Szewczyk et al. (2017).

Todas as variáveis de tempos consumidos no ciclo operacional e  $P_{PMH}$  foram submetidas, primeiramente, ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) e, em seguida, à análise de variância por Modelagem Linear Generalizada (GLM), com intuito de verificar se houve diferença significativa entre os operadores ou efeito da distância de extração (DE).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo total de avaliação do operador “A” correspondeu a 21,2 horas programadas, apresentando erro amostral de 3,68% em relação ao tempo do ciclo produtivo. Quanto ao operador “B”, equivaleu a 31,6 horas programadas com erro amostral de 3,81%. Por fim, para o operador “C” foram 19,08 horas programadas com erro amostral de 5,69%. Em média, a DM foi de 100%, a EOp de 85,71% e a TU de 85,71%. Oliveira (2013), Souza (2016) e Bonazza (2019) relataram valores de erro amostral próximo ao presente estudo, o qual pode ser associado às variações das condições operacionais.

Quanto ao ciclo de trabalho, o elemento que mais consumiu tempo foi deslocamento carregado (DC), seguido por descarregamento (DR), deslocamento vazio (DV), e por fim carregamento (CR) (Tabela 1).

Pereira et al. (2015), também encontraram em seu estudo, que o elemento “deslocamento carregado” consumiu a maior parte do tempo em relação aos demais elementos do ciclo operacional em situações operacionais semelhantes.

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos dados referentes aos elementos do ciclo produtivo, volume por ciclo, distância de arraste, tempo total e produtividade do equipamento *skidder* na operação de arraste.

Variável	Média	Mediana	Desvio	CV(%)
DV (s/m <sup>3</sup> )	7,34	6,16	5,01	68,26
CR (s/m <sup>3</sup> )	2,93	2,36	2,03	68,15
DC(s/m <sup>3</sup> )	9,70	8,03	6,77	69,81
DR (s/m <sup>3</sup> )	8,86	8,50	4,12	46,55
CTT (s/m <sup>3</sup> )	28,83	26,55	11,90	41,28
P <sub>PMH</sub> (m <sup>3</sup> /PMH)	147,44	135,58	60,42	40,98
DE (m)	60,40	50,00	44,86	74,30
VC (m <sup>3</sup> /ciclo)	5,31	4,80	1,52	28,68

Onde: DV – deslocamento vazio; CR – carregamento; DC – deslocamento carregado; DR – descarregamento; CTT – tempo total do ciclo produtivo; P<sub>PMH</sub> – produtividade por hora-máquina produtiva; DE – distância de extração; VC – volume por ciclo de trabalho.

Outros autores em situações operacionais distintas corroboram tal resultado (OLIVEIRA, 2013; SOUZA, 2016; BONAZZA, 2019). Segundo Seixas e Castro (2014), ao contrário da extração com *forwarder* que passa a maior parte do ciclo operacional de forma passiva, ou seja, realizando as operações de carga e descarga, o *skidder* tende a ocupar a maior tempo de forma ativa, ou seja, realizando as operações de viagens vazio e carregado, e conseqüentemente, consumindo um menor tempo proporcional do ciclo nas operações de carga e descarga.

De acordo com Souza et al. (2018), que estudaram a densidade ótima e aceitável de estradas florestais para a extração de madeira de pinus, o fato anteriormente citado implica numa recomendação de densidade de estradas maior para o trabalho com emprego de *skidder* em relação ao trabalho com *forwarder*.

Houve diferença significativa nos tempos consumidos e na produtividade entre os operadores devido ao nível de experiência e organização em seu procedimento operacional, bem como, em função da distância de extração (Tabela 2).

Entre os três operadores, o que despendeu menor tempo durante os ciclos foi o operador “A”, seguido pelo operador “B” e, por fim, pelo o operador “C” (Figura 1). Em geral, o operador “A” despendeu menor tempo nos elementos do ciclo relacionados ao deslocamento em relação aos demais operadores, o que ocasionou menor tempo despendido nos ciclos em geral, refletindo em uma maior produtividade.

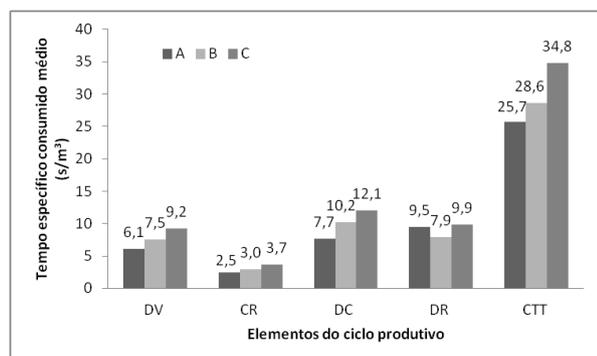
O operador “A” (maior experiência) apresentou menor consumo de tempo nos elementos do ciclo produtivo em relação aos operadores “B” e “C”, com

exceção do elemento DR, onde o operador “B” teve menor tempo.

**Tabela 2.** Valor de  $p$  da análise de variância por MLG para as fases do ciclo operacional, tempo total do ciclo, volume por ciclo e produtividade, em função do operador e distância de extração do equipamento *skidder* na operação de arraste.

Variável	Fator de Variação	
	Operador	DE
	Valor de $p$	
DV	0,0050**	0,0000**
CR	0,0000**	0,0000**
DC	0,0000**	0,0000**
DR	0,0000**	0,0404*
P <sub>PMH</sub>	0,0001**	0,0000**

Onde: DV – deslocamento vazio; CR – carregamento; DC – deslocamento carregado; DR – descarregamento; PPMH – produtividade por hora-máquina produtiva; DE – distância de extração.



**Figura 1.** Tempo específico consumido médio de cada elemento do ciclo e do tempo total do ciclo para cada operador para o equipamento *skidder* na operação de arraste.

Como a produtividade é uma relação entre o volume por ciclo e o tempo total do ciclo, a média da produtividade por hora produtiva para o operador “A” foi de 122,3 m<sup>3</sup>/PMH, para o

“B” foi de 111,5 m<sup>3</sup>/PMH, enquanto para o operador “C” foi de 103,7 m<sup>3</sup>/PMH.

A produtividade para ambos operadores tendeu a diminuir significativamente com o aumento da distância de extração, sendo maior a produtividade do operador “A” até cerca de 125 m, não havendo tendências evidentes de diferença nos dados até os 320 m (maior distância de extração avaliada).

Isso ocorreu em função de que nas maiores distâncias, o tempo do ciclo foi maior, devido o maior tempo investido nos elementos viagem vazio e viagem carregado, levando a uma menor produtividade.

Segundo Pereira et al. (2015), além da distância de extração, o tempo de deslocamento da máquina, tanto carregado quanto vazio é influenciado, também, pelas condições da trilha de arraste, declividade do terreno, presença de obstáculos (tocos, resíduos da colheita e sub-bosque) e o volume de madeira arrastado, principalmente em condições de acives. Desse modo, pode-se inferir que tais fatores tiveram maior influência sobre o desempenho operacional do *skidder* nas maiores distâncias de operação, do que o nível de experiência dos operadores.

#### 4. CONCLUSÃO

O desempenho operacional com *skidder* foi influenciado significativamente pela experiência do operador, sobretudo, até uma distância de extração de 125 m.

A distância de extração e volume médio por ciclo influenciaram os tempos do ciclo operacional produtivo e, dessa forma, o desempenho da operação, sendo variável o nível de influência destes fatores conforme o operador e elemento do ciclo.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BJÖRHEDEN, R.; APEL, K.; SHIBA, M.; THOMPSON, M. A. **IUFRO Forest work study nomenclature**. Garpenberg: Department of Operational Efficiency, Swedish University of Agricultural Science, 1995. 16 p.
- BONAZZA, Marcelo. **Alternativas operacionais no desbaste e corte final em florestas de *Pinus taeda***. 2019. 147 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2019.
- LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 144 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- LOPES, S. E., et al. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p.215-222, 2008.
- MACHADO, C. C.; LOPES, E. Análise da influência do comprimento de toras de Eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Cerne**, v. 6, p.124-129, 2000.
- MAGAGNOTTI, N.; SPINELLI, R. **Good Practice Guidelines for Biomass Production Studies**. Sesto Fiorentino: CNR IVALSÀ, 2012. 52 p.
- OLIVEIRA, D. **Análise operacional e de custos de sistemas de colheita de madeira em povoamentos de Eucalipto**. 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-oeste, 2013.
- PEREIRA, A. L. N. et al. Análise técnica e de custo do *feller buncher* e *skidder* na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal**, v. 25, p.981-989, 2015.
- SEIXAS, F.; CASTRO, G. P. Extração. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 106-161.

SOUZA, Franciny Lieny. **Densidade de estradas em povoamentos de *Pinus taeda* em regime de desbastes e corte raso.** 2016. 126 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016.

SOUZA, F. L.; SAMPIETRO, J. A.; DACOREGIO, H. M.; SOARES, P. R. C.; LOPES, E. S.; QUADROS, D. S. Densidade ótima e aceitável de estradas na colheita de pinus no sistema de toras curtas e árvores inteiras. **Scientia forestalis, Piracicaba**, v. 46, n. 118, p. 189 - 198, 2018.

SZEWCZYK, G.; SOWA, J. M.; KAMIŃSKI, K.; KULAK, D.; STAŃCZYKIEWICZ, A. 2017. Selection of time study methods for forest operations. **Forestry Letters**, n. 110, p. 1-12.

## 6. AGRADECIMENTOS

À empresa florestal por permitir a realização do estudo e ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica da UDESC (PROBIC).

# SUBSTITUIÇÃO DE MÁQUINAS FLORESTAIS

Luiz Paulo de Sousa **CORREIA**<sup>1</sup>, Angelo Márcio Pinto **LEITE**<sup>2</sup>, José Jhones **MATUDA**<sup>3</sup>,  
João Victor Rodrigues Barroso **COELHO**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Folha 31, Quadra 07, Lote Especial, s/n, Nova Marabá. 68507-590, Marabá, Pará, Brasil - luizpauloengflorestal@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – angelo.leite@ufvjm.edu.br

<sup>3</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – jjmatuda@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, Minas Gerais, Brasil – joaovictor.rbcoelho@gmail.com

E-mail para correspondência: [luizpauloengflorestal@hotmail.com](mailto:luizpauloengflorestal@hotmail.com) - Nº 17/2019

## Resumo

As grandes empresas do setor florestal possuem parte do seu capital imobilizado em máquinas utilizadas nas operações de colheita da madeira, sendo a substituição destes bens um processo comum nestas empresas. Contudo, decisão do momento ótimo de substituição de uma máquina por outra envolve um conjunto de procedimentos e princípios econômicos que indicarão a viabilidade de manter ou substituir o equipamento existente. Neste sentido que, objetivou-se com este trabalho apresentar e discutir com base em uma revisão de literatura, alguns métodos utilizados na substituição de máquinas de colheita florestal. Em relação às bibliografias consultadas verificou-se que, em geral, a escolha da metodologia por si só não é suficiente. Cada empresa deve adaptar sua política de substituição de máquinas à sua situação particular, levando em consideração as peculiaridades do seu processo produtivo.

**Palavras-chave:** Substituição de equipamentos, Colheita florestal, Avaliação econômica.

## Abstract

Large forestry companies own part of their capital in machines used in timber harvesting operations, and the replacement of these goods is a common process in these companies. However, deciding the optimal time to replace one machine with another involves a set of economic procedures and principles that will indicate the feasibility of maintaining or replacing existing equipment. In this sense, the objective of this paper was to present and discuss, based on a literature review, some methods used to replace forest harvesting machines. Regarding the bibliographies consulted, it was found that, in general, the choice of methodology alone is not sufficient. Each company must adapt its machine replacement policy to its particular situation, taking into account the peculiarities of its production process.

**Keywords:** Equipment replacement; Forest harvesting; Economic evaluation.

## 1. INTRODUÇÃO

Para suprir suas demandas por madeira, as grandes empresas florestais brasileiras utilizam, comumente, métodos mecanizados de colheita e transporte florestal. Por esta razão, tais empresas detêm parte do seu capital imobilizado em máquinas e equipamentos diversos. No entanto, à medida que esses bens são empregados na execução de suas tarefas sofrem processo de depreciação, podendo chegar a um ponto em que as receitas geradas são menores que os custos de produção, sendo necessário à substituição dos mesmos.

As máquinas utilizadas na colheita florestal sofrem um desgaste muito acentuado devido a fatores como: a própria natureza do material trabalhado (densidade e rusticidade da madeira); a alta intensidade do trabalho executado (praticamente as máquinas trabalham 24 horas por dia); as condições adversas de trabalho em campo, muitas vezes sujeitando as máquinas ao clima, solo e topografia desfavoráveis; às dificuldades de se promover a manutenção mecânica adequada das máquinas e equipamentos em campo.

O processo de depreciação das máquinas florestais em função do uso, além de tornar as manutenções cada vez mais dispendiosas, tende a gerar perda

de produtividade pelo tempo de indisponibilidade do equipamento, quando parado para realização de manutenção e, ou conserto.

Em decorrência disto que, análises de viabilidade para substituição desses ativos são de fundamental importância. Outros aspectos além da depreciação também devem ser considerados na avaliação de viabilidade de substituição das máquinas de colheita florestal, tais como: inadequação para execução das funções requisitadas; obsolescência em comparação aos equipamentos tecnologicamente superiores; surgimento de alternativas mais vantajosas, como a locação de equipamentos similares.

A decisão de substituição de bens de capital está entre as tarefas obrigatórias e relevantes realizadas com frequência ao longo da vida das empresas (ABENSUR, 2015). Entretanto, o conflito existente no processo de substituição ocorre devido à dificuldade em se decidir qual a melhor metodologia a ser utilizada e o momento adequado para efetuar essas substituições.

O princípio básico da substituição de um ativo consiste em comparar os ganhos de manter o ativo atual por outro num intervalo de tempo, comparativamente aos ganhos de

oportunidade obtidos com a aquisição de um ativo substituto, durante o mesmo período. Entretanto, apesar da relevância do tema, ainda são poucos os estudos diretamente relacionados à este assunto.

Neste sentido que, objetivou-se com este trabalho apresentar e discutir com base em uma revisão de literatura, métodos utilizados na substituição de máquinas de colheita florestal por diversos autores, visando demonstrar a importância desse assunto.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Inicialmente realizou-se um levantamento na literatura sobre os estudos que tratam a problemática da substituição de máquinas de modo geral, por intermédio da ferramenta de pesquisa “Google”. Por meio deste levantamento fez-se a seleção dos trabalhos mais relacionados à temática vida útil econômica de máquinas e métodos utilizados para auxiliar na tomada de decisão sobre o momento ótimo de substituição destas.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Vida útil econômica de máquinas e equipamentos

Corresponde ao período de utilização em que as máquinas e

equipamentos continuam desempenhando satisfatoriamente as suas funções ao mesmo tempo em que as receitas produzidas por estes sejam superiores ou iguais aos seus custos.

Este período de tempo depende do projeto da máquina/equipamento, dos cuidados na operação, da manutenção adequada destes, do obsolescimento, entre outros fatores (TORRES, 2006). Portanto, a vida útil depende de como o bem é utilizado e mantido.

Valverde e Rezende (1997), afirmam que no processo de substituição de máquinas o que prevalece são as considerações econômicas baseadas no desgaste natural e no uso extensivo do bem. Segundo Machado et al. (2014), a decisão em relação ao momento e a prioridade para se efetuar a substituição de uma máquina florestal deve-se basear em critérios de viabilidade técnico-econômico e, na política financeira da empresa.

Por isso que, o processo de análise econômica da substituição de bens de capital envolve muitos aspectos, tais como: i) idade do bem de capital em uso; ii) sua vida útil remanescente; iii) custos contábeis (ex: custos de manutenção, pessoal, materiais, depreciação); iv) custos econômicos (ex: custo de

oportunidade); v) o horizonte de planejamento para avaliação das alternativas; vi) impostos (ex: imposto de renda); vii) valor de aquisição do bem; viii) valor de revenda do bem em uso (se houver); e ix) a taxa de desconto a ser utilizada para atualização do fluxo de caixa do projeto (ABENSUR, 2010).

### **3.2 Métodos utilizados na substituição de máquinas e equipamentos**

#### *3.2.1 Análise Econômica de Investimento*

Tem a finalidade de possibilitar a escolha da melhor alternativa de investimento, utilizando métodos de análise específicos, com a consequente otimização dos recursos (HOJI, 2010).

Dentre esses métodos os mais utilizados são: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), Custo Anual Unitário Equivalente (CAUE), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback Period*.

#### *3.2.2 Funções Discretas e Contínuas*

Para as funções discretas têm-se os seguintes métodos: Comparativo Entre Curvas de Reparos; Curvas de Custos Unitários Anuais e Custos Unitários Acumulados Médios; Curva de Custos Unitários Acumulados Médios da

Máquina; Custo Médio Total; e Custo Anualizado Equivalente.

Para as funções contínuas têm-se os seguintes métodos: Retirada na sua forma pura (ciclo terminal); Substituição parcial e retirada; Substituição considerando custos de pontualidade; Cadeia de substituição (subdividida em duas partes: cadeia de substituição indefinida e constante; e cadeia de substituição considerando o progresso tecnológico).

#### *3.2.3 Métodos utilizando Programação Dinâmica (PD)*

A PD trata-se de uma metodologia de solução recursiva de problemas baseado na hipótese que se o problema puder ser decomposto em partes ou estágios, aonde estes sejam dependentes apenas dos estágios antecessores (para uma solução *forward*) ou sucessores (solução *backward*), então pode ser resolvido por passos, sendo que, a cada passo, avalia-se a melhor alternativa antecessora a qual consegue se atingir o ponto em questão (DARÚ e LACERDA, 2005).

### **3.3 Exemplos de métodos utilizados para substituição de máquinas florestais**

Dentre os métodos utilizados para determinar o tempo ótimo/ideal de

substituição de máquinas e equipamentos florestais apresentados anteriormente, o CAUE, a TIR, as Funções contínuas e a Programação dinâmica são os que aparecem mais frequentemente na literatura.

Santos et al. (2016b), utilizaram o método CAUE para determinar o ponto de substituição de máquinas *harvesters* e *forwarders* e o método TIR para determinar a rentabilidade das operações de corte e extração no período de 2007 a 2012. Os autores não encontraram o ponto de substituição das máquinas por meio do método CAUE, pois o mesmo ocorreu de forma crescente ao longo dos anos avaliados (Tabela 1).

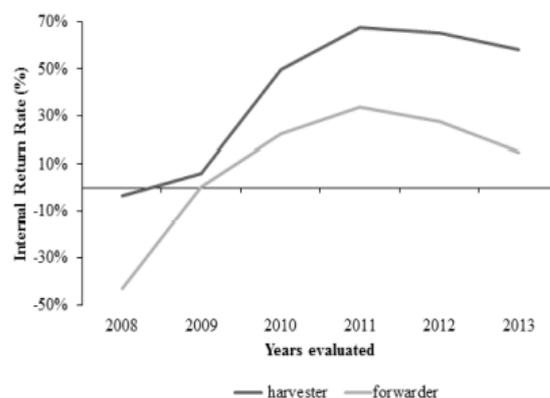
**Tabela 1.** Custo Anual Equivalente dos *Harvesters* e *Forwarders*.

		Máquina	
		Harvester	Forwarder
CAUE (U\$\$ ano <sup>-1</sup> )	2007	501,269	476,138
	2008	580,057	489,439
	2009	643,49	527,38
	2010	662,748	548,349
	2011	678,838	567,832
	2012	690,783	583,456

Fonte: Santos et al. (2016).

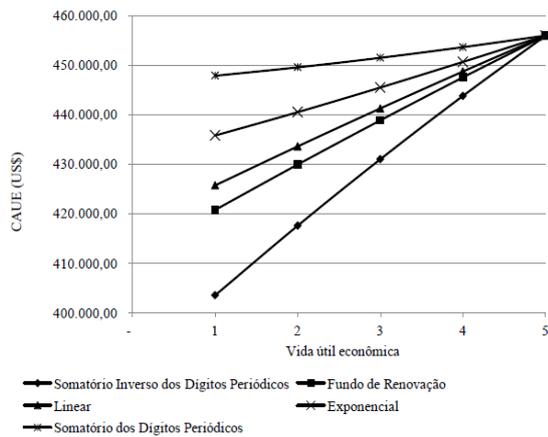
No entanto, por intermédio da TIR, os autores verificaram que o melhor momento para substituir os *harvesters* teria sido em 2011, uma vez que a maior

TIR foi encontrada nos cinco primeiros anos da máquina e, após esse período, houve uma redução dessa porcentagem. Isso pode ser explicado, segundo os autores, pelo aumento dos custos variáveis e pela redução da quantidade de horas efetivamente trabalhadas por ano, bem como da produtividade da máquina. Para a substituição dos *forwarders* avaliados o melhor momento teria sido aos cinco anos de idade, devido ao fato de que uma maior rentabilidade da operação ocorreu em 2011 e, após esse período esse percentual foi reduzido (Figura 1).



**Figura 1.** Taxa Interna de Retorno (TIR) do *Harvester* e *Forwarder*. Fonte: Santos et al. (2016).

Simões et al. (2013) analisaram a vida útil econômica do *forwarder*, por meio do método CAUE, considerando-se o custo operacional anual da máquina e o custo com depreciação determinado por diferentes métodos (Figura 2).



**Figura 2.** Custo Anual Equivalente do Forwarder ao longo da vida útil econômica. Fonte: Simões et al. (2013).

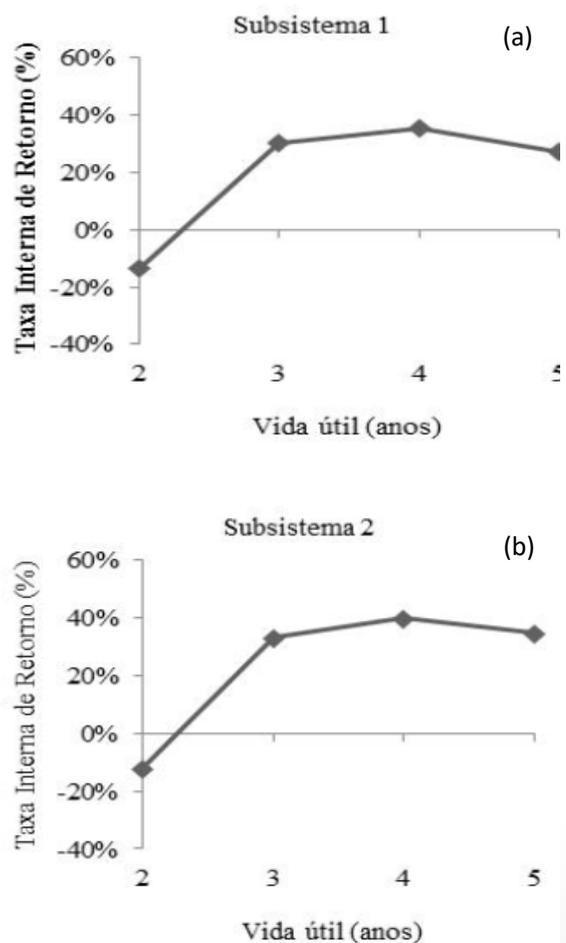
Os autores verificaram um CAUE crescente para os cinco anos em que o *forwarder* foi avaliado, não sendo possível determinar o ponto ótimo de substituição.

Santos et al. (2016a) realizaram uma análise técnica e econômica de um mesmo *harvester* operando em dois subsistemas distintos, sendo que no subsistema 1, a máquina realizou o corte, o desgalhamento, o descascamento e o traçamento das árvores, sendo as toras extraídas por *forwarder*.

Já no subsistema 2, o corte foi realizado por um *feller-buncher*, o desgalhamento, o descascamento e o traçamento executado pelo *harvester* e, a extração das toras executadas por um *forwarder*. Os autores observaram que o *harvester* apresentou maior taxa interna

de retorno (TIR), em ambos os subsistemas, no quarto ano de vida útil, sendo 35% no subsistema 1 e 40% no subsistema 2 (Figura 3).

Os autores verificaram também, que após o quarto ano de operação, a TIR diminui em razão do alto custo operacional, principalmente o custo com manutenção, sendo necessária a substituição da máquina após o quinto ano de operação.



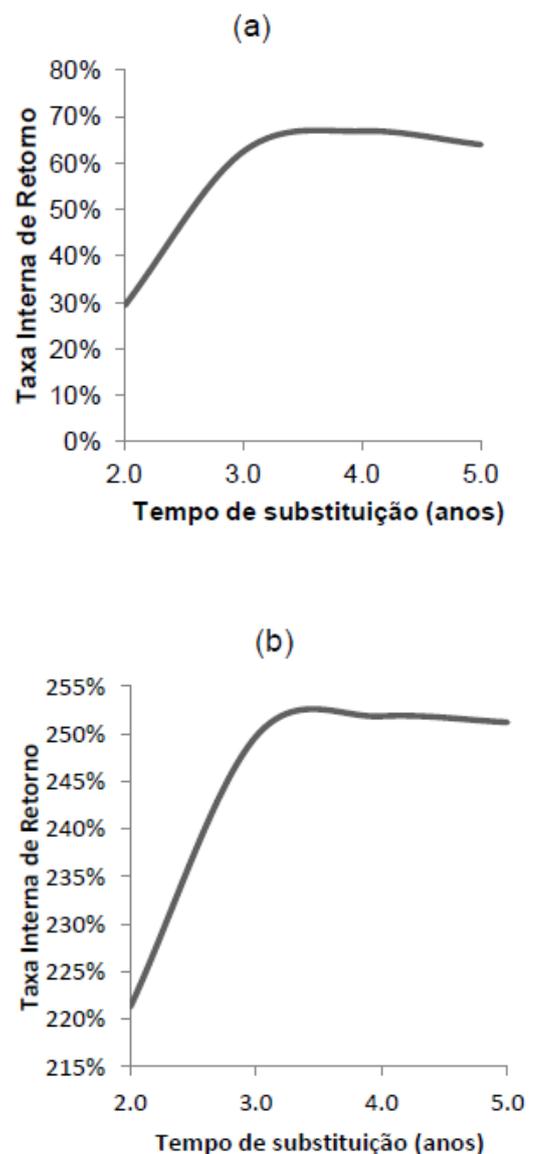
**Figura 3.** Taxa interna de Retorno (TIR), em função da vida útil (anos) do *harvester* operando em dois subsistemas distintos. Fonte: Santos et al. (2016a).

Leite (2012) avaliou, por meio da TIR, um *forwarder* operando no sentido de aclave e declive em terreno montanhoso e encontrou comportamentos distintos em relação ao sentido de operação. O autor observou que a operação em aclave não é rentável aos cinco anos, enquanto que, aos quatro anos foi evidenciada uma taxa interna de retorno de 13%. O autor também verificou que no sentido de declive, a operação de extração de madeira apresentou uma alta rentabilidade, com uma taxa de retorno de 122,86 %, mostrando ser eficiente até os cinco anos de operação (Figura 4).

Esse mesmo autor disse ainda que essa diferença pode ser explicada pela produtividade na extração, que passou de 35,60 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, no sentido de operação em aclave, para 40,33 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, no sentido em declive.

Marques et al. (2005a), desenvolveram um modelo matemático baseado em programação dinâmica para determinar o tempo ótimo de substituição de uma máquina florestal, incorporando as receitas geradas pelo uso e descarte desta. Buscou assim, maximizar lucros por intermédio de uma relação de recorrência referente as receitas e aos custos ao longo dos anos. Os autores compararam o modelo proposto com um modelo tradicional de substituição de

equipamento utilizado por Filgueiras (1997).



**Figura 4.** Taxa Interna de Retorno, em função do tempo de substituição do *forwarder*, em anos, no sentido de operação em aclave (a) e em declive (b). Fonte: Leite (2012).

Esses mesmos autores relataram ainda que o modelo proposto foi satisfatório e com seu desenvolvimento pode-se oferecer decisões ótimas de

substituir ou manter o equipamento. Os autores, também observaram que tal modelo se apresentou mais flexível, podendo ser utilizado em situações em que o equipamento gera ou não receitas diretas ou pois, quando não se utilizam receitas, os resultados são idênticos aos do modelo tradicional.

Marques et al. (2005b), em seu trabalho, utilizaram equações diferenciais (funções contínuas) para definir o momento ótimo das transformações (substituição) de veículos de transporte florestal. O modelo matemático utilizado, pelos autores, foi baseado no método de funções contínuas de ciclo terminal (adaptado de MASSE, 1962). Os autores comparam os resultados do modelo proposto com os resultados obtidos pelo método de VAUE. Marques et al. (2005b), concluíram que os modelos desenvolvidos mostraram-se adequados no que se refere ao suporte à tomada de decisão referente à substituição de veículos de transporte florestal.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição de máquinas e/ou equipamentos no tempo certo é crucial para os sistemas de produção e manutenção, pois ajuda a reduzir a taxa de falhas e aumenta a confiabilidade,

além de minimizar o custo operacional destas.

Tanto a substituição prematura quanto a tardia de máquinas e equipamentos leva a incorrer em perdas financeiras, pois ao se fazer a substituição prematuramente, o proprietário corre o risco de se desfazer do ativo antes da recuperação do capital investido. Se feita tardiamente há um risco de prejuízos, devido ao alto custo de manutenção e da redução do valor de revenda.

Portanto, a escolha da metodologia por si só não é suficiente, devendo cada empresa definir a sua política de substituição de máquinas de acordo com suas particularidades. Para tal é necessário, portanto, que as peculiaridades dos sistemas de produção de cada empresa sejam examinadas e avaliadas cuidadosamente, a fim de se reduzirem perdas com as melhores decisões tomadas.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ABENSUR, E. O. A Substituição de Bens de Capital: um Modelo de Otimização sob a Óptica da Engenharia de Produção. **Gestão & Produção**, v.22, n.3, p.525-538. 2015
- ABENSUR, E. O. Um modelo alternativo de otimização para a política de reposição

- de equipamentos. **Sinergia**, 11, p.140-150. 2010.
- DARÚ, G. H.; LACERDA, V. C. Utilização de Programação Dinâmica Multitrotulada para Balanceamento do Uso de Ferramenta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMATICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 28., 2005. São Paulo. **Anais...** São Paulo: SENAC, 2005.
- HOJI, M. **Administração financeira e orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial.** 9.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 587 p.
- LEITE, E. S. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas.** 2012. 109 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.
- MACHADO, C. C.; MACHADO, R. R.; BURLA, E. R.; SILVA, E. N. Gestão Integrada de Máquinas Florestais. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 522-543.
- MARQUES, G. M.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; FONTES, A. A. Aplicação da Programação Dinâmica na Substituição de Equipamentos. **Árvore**, v.29, n.5, p.749-756, 2005a.
- MARQUES, G. M.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; NOCE, R.; CASTRO, C. Uso de equações diferenciais para determinação do momento ótimo da transformação de veículos. **Árvore**, v.29, n.1, p.95-104, 2005b.
- MASSÉ, P. **Optimal investment decisions: rules for action and criteria for choice.** New Jersey: Prentice Hall, 1962. 500 p.
- SANTOS, D. W. F. N.; VALENTE, D. S. M.; FERNANDES, H. C.; FORASTIERE, P. R.; SILVA, R. M. F. Análise técnica e econômica do Harvester operando em dois subsistemas de colheita de madeira. **Engenharia na Agricultura**, v.24 n.6, p. 484-490, 2016a.
- SANTOS, L. N.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; SILVA, M. L.; SOUZA, A. P. Economic evaluation of forest harvesting with *Harvester* and *Forwarder*. **Árvore**, v.40, n.6, p.1077-1082, 2016b.
- SIMÕES, D.; CERVI, R. G.; FENNER, P. T. Análise da depreciação do forwarder com aplicação do custo anual uniforme equivalente. **Tékne e Lógos**, v.4, n.2, p.33-49, 2013.
- TORRES, O. F. F. **Fundamentos da Engenharia Econômica e da Análise Econômica de Projetos.** São Paulo: Thomson Learning, 2006. 160 p.
- VALVERDE, S. R.; REZENDE, J. L. P. Substituição de máquinas e equipamentos: métodos e aplicações. **Árvore**, v.21, n.3, p.353-364, 1997.



# Sessão Técnica III

## TRANSPORTE, ESTRADAS E LOGÍSTICA FLORESTAL



## DESCARREGAMENTO DE TORAS DE *Pinus* NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO FLORESTAL

Daniel Pena PEREIRA<sup>1</sup>; Ana Karla Vieira da SILVA<sup>2</sup>; João Lucas Rebouças de OLIVEIRA<sup>2</sup>; Luciélia Lacerda da SILVA<sup>2</sup>; Pompeu Paes GUIMARÃES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campos Uberaba, Av. Doutor Randolpho Borges Júnior, 2900, Bairro: Univerdecidade, CEP38064-300, Uberaba, Minas Gerais, Brasil – danielpena@iftm.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil – karlinha.vieira.20@hotmail.com; joaomnluucas@hotmail.com; lucielialacerda@gmail.com; pompeu.guimaraes@ufersa.edu.br

E-mail para correspondência: [pompeu.guimaraes@ufersa.edu.br](mailto:pompeu.guimaraes@ufersa.edu.br) - Nº 01/2019

### Resumo

O descarregamento florestal é uma etapa importante, através dele finaliza-se a cadeia de suprimentos e inicia-se a cadeia de transformação. Através deste artigo objetiva-se analisar as atividades envolvidas no descarregamento de toras de *Pinus* para suprimento de uma indústria de painéis. A coleta dos dados foi tomada durante as atividades do descarregamento florestal de uma carreta no mês de fevereiro de 2013 em uma empresa florestal localizada em Piên, sul do Estado do Paraná. O estudo de tempos e movimentos utilizado foi o contínuo, utilizando um cronômetro e formulário para registro. As atividades do descarregamento florestal foram analisadas através das estatísticas descritivas média, desvio padrão e coeficiente de variação. Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise de variância no delineamento inteiramente casualizado. As médias das atividades foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, quando estas apresentaram diferenças estatísticas significativas. O ciclo de descarregamento florestal, em média, correspondeu a 85,8 minutos, com coeficiente de variação de 22,8%. A atividade mais demorada foi o “deslocamento e fila para descarregamento”, diferindo estatisticamente das demais, e variando de 14,0 a 44,4 min.

**Palavras-chave:** Logística florestal; Gestão do abastecimento florestal; Estudo de tempos e movimentos.

### Abstract

Forest unloading is an important step, through which the supply chain ends and the transformation chain begins. This article aims to analyze the activities involved in the unloading of pine logs to supply a panel industry. Data collection was performed during the unloading of a trailer in February 2013 at a forestry company located in Piên, southern Paraná State. The study of times and movements used was continuous, using a timer and form for recording. Forest unloading activities were analyzed using descriptive statistics mean, standard deviation and coefficient of variation. The results were submitted to a variance analysis in a completely randomized design. Activity averages were compared by the *Scott-Knott* test at 5% probability, when these showed significant statistical differences. The forest discharge cycle, on average, corresponded to 85.8 minutes, with a coefficient of variation of 22.8%. The longest activity was the “Displacement and unloading queue”, differing statistically from the others, and ranging from 14.0 to 44.4 min.

**Keywords:** Forest logistics; Forest supply management; Study of times and times.

## 1. INTRODUÇÃO

Os tempos de carregamento e descarregamento são à base dos custos terminais, tornando-se altamente expressivos quando o transporte é efetuado em pequenas distâncias, com maior número de operações de carga e descarga, e menos expressivos em grandes distâncias (MALINOVSKI, 2010).

O descarregamento é a retirada da madeira do veículo no local da utilização final ou no pátio de transbordo. Este é o elo entre o transporte principal e o destino final da madeira (MINETTE et al., 2008).

A redução do tempo de descarregamento dos veículos ocasiona diminuição nas horas efetivas de viagens desses e aumento na quantidade de madeira transportada por unidades de tempo (MACHADO et al., 2009).

Além da distância de transporte Lacowicz (2000) apontou o tempo de carga, descarga e fila de espera dos veículos florestais como fatores que afetam o transporte florestal, estando compreendido o custo da hora parada, em que incide apenas o custo fixo do veículo.

No estudo de Holzleitner e Kaznian (2011), a fase de descarregamento correspondeu a 7,0% do ciclo operacional do transporte rodoviário de madeira na Áustria. O descarregamento do

transporte rodoviário de madeira na Finlândia levou a 16,0% do total de transporte (NURMINEN e HEINONEN, 2007). Para Lacowicz et al. (2002), a fase de descarregamento ocupou 4,4% do ciclo operacional de transporte rodoviário florestal na Irlanda.

O tempo de espera para o descarregamento demonstrou um gargalo sério na operação, principalmente na programação da saída dos veículos pela equipe de logística. Um estudo de tempos e movimentos sobre o transporte rodoviário florestal, com diferentes composições veiculares em localidades do Vale do Rio Doce (MG), determinou que a espera dos veículos para descarregamento dos veículos na fábrica, encontrou uma espera equivalente a 19,5% do tempo total desta operação (ALVES et al., 2013).

Analisando o tempo médio do ciclo de transporte, Lacowicz et al. (2002), ao minimizar os períodos de espera em filas por meio da utilização da técnica de programação linear, determinaram que ao invés de 35 seriam necessários 23 veículos.

Dessa forma, objetiva-se analisar as atividades envolvidas no descarregamento de toras curtas de Pinus para suprimento de uma indústria de painéis.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A espécie utilizada foi o *Pinus taeda*, adotando um corte raso ao décimo quinto ano.

O sistema de colheita adotado foi o de toras curtas (*Cut-to-length*), com o *Harvester* para abate e processamento, e o *Forwarder* para baldeio, com até 2,6 m de comprimento e diâmetro variando de 8 a 18 cm.

Para o transporte das toras foi utilizado uma carreta de até 48,5 t, cavalo mecânico da marca Mercedes Benz, modelo AXOR 3344S, equipado com dois eixos traseiros trucados e tração 6 x 4, ano de fabricação 2012.

O descarregador de madeira na fábrica era composto por uma máquina base de escavadeira de acionamento hidráulico com esteiras da marca Volvo, modelo EC210, potência nominal de 143 HP, equipada com garra da marca J de Souza, com área útil de 1,35 m<sup>2</sup> e alcance médio de 10,8 m.

A coleta dos dados foi tomada durante as atividades do descarregamento florestal no mês de

fevereiro de 2013 em uma empresa florestal localizada em Piên, sul do Estado do Paraná.

O motorista da carreta foi acompanhado durante as atividades do descarregamento florestal na fábrica de painéis. O estudo de tempos e movimentos utilizado foi o contínuo, utilizando um cronômetro e formulário para registro (BARNES, 1977).

Foram contabilizadas ao total 7,2 h de atividades relativas ao descarregamento florestal durante os turnos matutinos e vespertinos. O descarregamento florestal envolvia as seguintes fases (Tabela 1).

As atividades do descarregamento florestal foram analisadas através das estatísticas descritivas média, desvio padrão e coeficiente de variação. Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise de variância no delineamento inteiramente casualizado. As médias das atividades foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, quando estas apresentaram diferenças estatísticas significativas.

**Tabela 1.** Descrição das atividades relacionados ao descarregamento florestal.

		Descrição
1	Fila para pré-registro, pesagem e volumetria	Período de tempo em que os motoristas aguardam para poder proceder as atividades de pré-registro, pesagem e volumetria
2	Pré-registro, pesagem e volumetria	Momento que os motoristas e veículos são registrados. A carreta já passou pelo <i>logmeter</i> e o veículo carregado encontra-se parado em cima da balança
3	Deslocamento e fila para descarregamento	Período de tempo em que os motoristas aguardam para que seja efetuado o descarregamento propriamente dito
4	Remoção das cintas de amarração	O motorista desde da cabine e desacopla as cintas de fixação das toras no semirreboque
5	Descarregamento propriamente dito	Momento em que o motorista e o veículo encontram-se parado e a descarregadora promove a retirada das toras do semirreboque e deposita sobre as pilhas do pátio de estocagem
6	Limpeza do compartimento de carga	Já promovido o descarregamento, o motorista direciona o veículo para a área de limpeza, desce da cabine e promove varredura do semirreboque para retirada de resíduos, areia, casca, galhos finos e folhas ainda aderidos ao compartimento de carga.
7	Retorno à balança e fila de saída	Após a limpeza o motorista e o veículo retornam a balança para pesagem do veículo vazio.
8	Pesagem do veículo vazio	O veículo vazio encontra-se parado em cima da balança

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo de descarregamento florestal, em média, correspondeu a 85,8 minutos, com coeficiente de variação de 22,8%. Na Tabela 2 é mostrada as estatísticas descritivas relativas ao descarregamento florestal no transporte rodoviário com carreta.

Normalmente o descarregamento florestal transcorre no pátio de

armazenamento das toras da fábrica de painéis.

O descarregamento florestal é uma etapa importante, através dele finaliza-se a cadeia de suprimentos e inicia-se a cadeia de transformação. Com a etapa do descarregamento também é possível contabilizar a quantidade de carga (toras) entregue pela diferença entre o peso do veículo

carregado - pesado ao chegar a unidade industrial - e o peso do veículo vazio - ao ser pesado novamente, na

saída da unidade industrial, mas dessa vez com o veículo vazio (GUIMARÃES et al., 2016).

**Tabela 2.** Estatísticas descritivas do descarregamento florestal da carreta.

Atividades	Média (Min)	Média (%)	Máximo (Min)	Mínimo (Min)	Desvio padrão	CV (%)
1	12,4	14,5	27,0	0,0	12,0	96,9
2	9,6	11,2	15,0	6,0	4,2	43,3
3	29,2	34,0	47,0	12,0	15,2	52,1
4	5,8	6,8	8,0	5,0	1,3	22,5
5	13,4	15,6	20,0	9,0	4,3	32,4
6	4,6	5,4	6,0	4,0	0,9	19,4
7	8,8	10,3	15,0	3,0	4,5	51,7
8	2,0	2,3	3,0	1,0	0,7	35,4
	85,8		115,0	66,0	22,8	26,6
<b>TOTAL</b>	<b>429,0</b>					

Em que: CV(%) indica coeficiente de variação em porcentagem.

O objetivo da equipe responsável pelas atividades do descarregamento foi promover a retirada das toras do compartimento de carga o mais rápido possível, para que novamente os motoristas pudessem iniciar um novo ciclo de transporte.

Dos 85,8 min decorridos no processo de descarregamento, 50,4 min foram necessários para o período de espera em filas. Ou seja, se as filas fossem evitadas, a etapa de descarregamento poderia ser efetuada em apenas 35,4 min.

O coeficiente de variação entre os ciclos de descarregamento (26,6%) foi menor do que entre cada atividade, onde houve uma variação de 19,4 a

96,9%, para a “Limpeza do compartimento de carga” (Figura 1) e a “Fila para pré-registro, pesagem e volumetria”, respectivamente.



**Figura 1.** Limpeza do compartimento de carga após o descarregamento florestal. **Fonte.** Os autores

As atividades que demandaram maior tempo foram o (1°) deslocamento e fila para

descarregamento; (2°) descarregamento propriamente dito; (3°) fila para pré-registro; pesagem e volumetria; e (4°) pré-registro pesagem e volumetria, conforme Figura 2.



**Figura 2.** Pré-registro, pesagem e volumetria (*logmeter*). **Fonte.** Os autores

A atividade de remoção das cintas envolveu apenas 5,7 % do tempo total do ciclo de descarregamento (Figura 3), no entanto, Guimarães et al. (2013) relataram que 26% dos motoristas já terem sofrido algum tipo de acidente de trabalho, sendo que 20% sofrera queda da carga transportada, podendo ter sido causado pelo entrelaçamento da cinta de amarração na carga transportada.

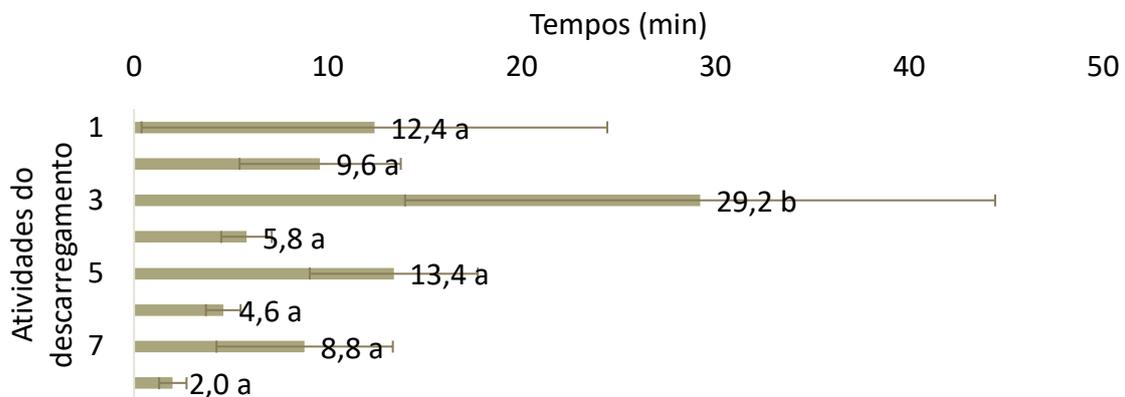
A Figura 4 indica a comparação entre os tempos decorridos em cada atividade do descarregamento de toras do transporte florestal com carreta. Na Figura 5 é mostrado a porcentagem de

tempo relativo a cada atividade do descarregamento de toras.

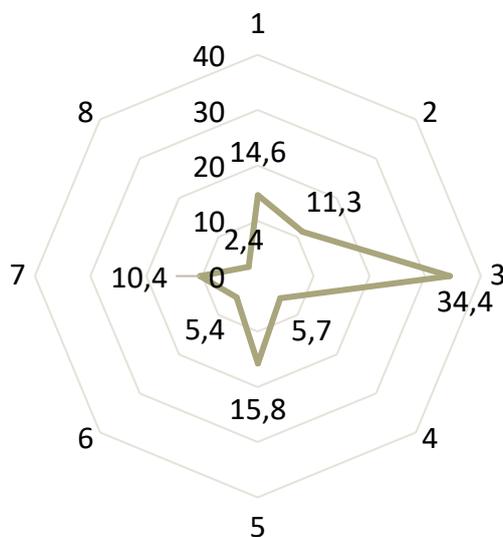


**Figura 3.** Remoção de cintas de amarração das toras. **Fonte.** Os autores

O deslocamento e fila para descarga (1°) foi a atividade que consumiu maior tempo dentro do descarregamento das toras do compartimento de carga da carreta, e diferiu das demais estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de *Scott-Knott*. Esta mesma atividade apresentou um desvio padrão de 15,2 min, com um intervalo de 14,0 a 44,4 min. Esta mesma atividade correspondeu a 34,4% de todo período do descarregamento florestal.



**Figura 4.** Tempos (min) e coeficiente de variação por atividade do descarregamento florestal; e Porcentagem de tempo (b) relativo as atividade do descarregamento do transporte florestal. **Obs.** As médias seguidas por uma mesma letra em coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de *Scott-Knott*.



**Figura 5.** Porcentagem de tempo relativo as atividades do descarregamento do transporte florestal.

Em uma estimativa pessimista, realista e otimista, foram dispendidos, respectivamente, 62,0; 84,8; e 107,6 minutos para efetuar o ciclo de descarregamento. Para uma jornada de

trabalho de 24 h (1.440 min), em apenas um turno, poderiam ser descarregados 23,2; 17,0; e 13,4 veículos respectivamente.

Partindo do pressuposto que uma carreta transporte um Peso Bruto Total (PBT) de 48,5 t de toras, em um turno de trabalho, para uma estimativa pessimista, realista e otimista, poderiam ser descarregados 648,96; 823,58; e 1.126,79 toneladas, respectivamente. Um aumento de 21,20% na carga transportada da estimativa pessimista para a realista; e um aumento de 42,41% da estimativa pessimista para otimista.

Uma estimativa otimista do descarregamento florestal pode ser alcançada se forem minimizados os tempos relativos aos períodos de espera em filas.

Em um estudo sobre o consumo de combustível da carreta durante o ciclo de transporte, Guimarães et al. (2019) analisaram que, para menores percursos, poderia ocorrer menor consumo de combustível, se fosse utilizado veículos com menores compartimentos de carga, permitindo maior agilidade nas etapas de carregamento e descarregamento.

Mesmo que o período de tempo parado em filas não agregue valor ao produto final é necessário ser contabilizado para que se tenha uma estimativa precisa do tempo necessário

para efetuar um ciclo de descarregamento.

#### 4. CONCLUSÃO

O descarregamento florestal envolve oito atividades, sendo que três delas são referentes ao período de tempo desperdiçado em filas.

Ao total são necessários 85,8 minutos para completar um ciclo de descarregamento, destes, em média, 50,4 minutos são perdidos em filas.

A atividade mais demorada no ciclo de descarregamento florestal foi o “deslocamento e fila para descarga”, diferindo estatisticamente das demais, e variando de 14,0 a 44,4 minutos.

Pela variação do ciclo de descarregamento é possível efetuar a mesma atividade em uma estimativa pessimista, realista ou otimista, dispendendo respectivamente, 62,0; 84,8; e 107,6 minutos.

Uma redução no tempo do ciclo de descarregamento da estimativa pessimista para realista poderia refletir em um aumento de 21,20% na carga transportada; e da estimativa pessimista para otimista, um aumento de 42,41% na carga transportada em um mesmo turno de trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALVES, R. T.; FIEDLER, C. N.; SILVA, E. N.; LOPES, E. S.; CARMO, F. C. A. Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 897-904, 2013.
- BARNES, R. M. **Estudos de tempos e movimentos: projeto e medida de trabalho**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1977. 635 p.
- GUIMARAES, P. P.; ARCE, J. E.; LOPES, E. da S.; FIEDLER, N. C.; ROBERT, R. C. G.; SEIXAS, F. Analysis of fuel consumption sensitivity in forestry road transport. **Floresta**. Curitiba, v. 49, n. 2, p. 155-162, 2019.
- GUIMARAES, P. P.; ARCE, J. E.; LOPES, E. da S.; PELISSARI, A. L.; SALAMI, G.; CASTRO, V. G. de. Modeling of fuel consumption for forest transportation. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 29, n. 2, p. 496-506, 2016.
- GUIMARAES, P. P.; ROMANO, C. A.; CATAI, R. E.; PRADO, L. M. N. do; PELISSARI, A. L. Perfil do motorista do transporte rodoviário florestal no município de Campo do Tenente- PR. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 9, n. 17, p. 3603-3617, 2013.
- HOLZLEITNER, F.; KANZIAN, C. Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. **European Journal of Forest Research**, v. 130, p. 293-301, 2011.
- LACOWICZ, P. G. **Minimização dos custos de transporte rodoviário florestal através do uso da programação linear e otimização do processo**. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2000.
- LACOWICZ, P. G.; BERGER, R.; TIMOFEICZYK JR., R.; SILVA, J. C. G. L. Minimização dos custos de transporte rodoviário florestal com o uso da programação linear e otimização do processo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p.75-87, 2002.
- MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. B.; MACHADO, R. R. **Transporte rodoviário florestal**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa; 2º Edição, 217 p, 2009.
- MALINOVSKI, R. A. **Modelo matemático para otimização dos custos operacionais de transporte de toras com base na qualidade de estradas**. 180f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010.
- MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E. N. **Carregamento e descarregamento**. In:

MACHADO, C. C. (org.).  
Colheita Florestal. 2. ed.  
Viçosa: Ed. UFV, cap. 5, p.  
146-160, 2008.

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

## ESTRADAS E ACEIROS: QUANDO HÁ COMPATIBILIDADE?

Yasnay Maria de Moraes Massola **FREITAS**<sup>1</sup>; Eudes dos Santos da **SILVA**<sup>2</sup>;  
Mariana Peres de Lima Chaves e **CARVALHO**<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil – [moraesyasnay@gmail.com](mailto:moraesyasnay@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil – [eudissantos@hotmail.com](mailto:eudissantos@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil – [marianaperes212@gmail.com](mailto:marianaperes212@gmail.com)

E-mail para correspondência: [moraesyasnay@gmail.com](mailto:moraesyasnay@gmail.com) - Nº 19/2019

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo a revisão de literatura sobre o paradigma criado entre estradas e aceiros florestais, bem como a sua interação, conceitos, funções e características, com a finalidade de fornecer um panorama geral. O estudo foi realizado com dados obtidos a partir de buscas em periódicos, bibliotecas digitais de universidades e livros. Em razão do reduzido número de publicações a esse respeito, a revisão é de caráter descritivo. Partiu-se da definição do conceito de estradas, seu uso e importância para o Brasil, além de apresentar estudos sobre as despesas com esse modal de transporte. Quanto aos aceiros, também se usou a definição deste, além de parâmetros que são utilizados para sua construção e manutenção. Ainda, um breve panorama sobre os incêndios no país, além de apresentar a deficiência sobre legislações que regulamentem a manutenção dos aceiros. Por fim, determinou-se que sejam realizados estudos aprofundados para este tema para que sejam desenvolvidas metodologias eficazes no combate aos incêndios florestais.

**Palavras-chave:** Aceiros; Estradas Florestais; Incêndios Florestais.

### Abstract

This work aimed at a literature review about the paradigm created between roads and firebreaks, as well as their interaction, concepts, functions and characteristics, with the use of a general overview about this area. The data was data obtained from searches in journals, university digital libraries and books. Due to the small number of publications in this regard, the review is descriptive. The study was conducted with the definitions about of the concept of roads, its use and importance for Brazil, and present studies on the expenses with this mode of transport. As for the firebreaks ones, the definition of this one be used, besides the parameters that are used for its construction and maintenance, as well as a brief overview about the fires in the country, besides presenting the default in the laws that regulate the maintenance of the firebreaks. Finally, can be determine further studies are conducted on this topic to use forest fire fighting methods.

**Keywords:** Firebreaks; Forest Roads; Forest Fires.

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas brasileiras fornecem matéria prima para os mais diversos setores da economia. Contribuem com a geração de empregos e arrecadação de tributos, fazendo com que o setor florestal desempenhe importante papel para o Brasil nos aspectos econômicos, sociais e ambientais.

O transporte florestal rodoviário é uma atividade essencial no decorrer da cadeia produtiva e sua eficiência deve ser garantida para que o abastecimento de matéria prima não seja comprometido, tornando arriscada a viabilidade do empreendimento florestal.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura – DNIT (2018), no Brasil, o modal rodoviário é o principal meio para deslocamento de cargas, caracterizando-se por sua simplicidade de funcionamento, principalmente se comparado a outros meios de transporte. Indicado para curtas e médias distâncias e para transporte de cargas de maior valor agregado, tem como grande vantagem a baixa necessidade de manuseio de carga.

Sendo assim, mesmo com o crescente número de opções para a logística de transportes, as rodovias continuam sendo a principal forma de

escoar os produtos, dentre eles os madeireiros. A rede viária é, portanto, um elemento fundamental na implantação de um empreendimento florestal, sendo diretamente influenciada pelo sistema de colheita e tipo de transporte florestal utilizado.

Ademais, as estradas florestais costumam ser frequentemente utilizadas como aceiros. Os quais, se construídos corretamente, podem ter seus custos de manutenção compensados pelo valor dos produtos. Somando-se a isso, os empreendimentos são ajudados através da redução dos danos materiais causados por incêndios florestais, reduzindo assim, o custo do investimento.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre estradas e aceiros, bem como, a interação entre os dois, conceitos, balizando funções, características e fornecendo um panorama geral sobre possibilidades e potencialidades.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Morandi e Camargo (2015) afirmam que revisões sistemáticas da literatura podem trazer consolidação e agregar resultados de estudos diversos através

da pesquisa, mapeamento, avaliação crítica unificação de dados para gerar novos conhecimentos.

As bases de buscas utilizadas foram os portais: Scielo; Periódicos CAPES e bibliotecas digitais das Universidades Federais Brasileiras. As buscas envolveram os descritores “estrada”, “aceiros”, “incêndios” e “florestal” na ordem descrita, nos idiomas português e inglês.

Devido ao reduzido número de publicações científicas relacionadas à interação entre estradas e aceiros florestais a revisão tem caráter descritivo e, por consequência, uma ampla busca da literatura.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Estradas Florestais**

Segundo Moraes (2014), a rede viária florestal é composta por diversas vias interligadas, construídas e mantidas para tornar possível as etapas produtivas. As quais têm seu início na implantação e vão até o transporte de madeira, sendo responsável por proporcionar acesso dos insumos e produtos, mão de obra e matéria prima às áreas florestais.

Ainda de acordo com o autor supracitado, o padrão das estradas dado pela geometria vertical,

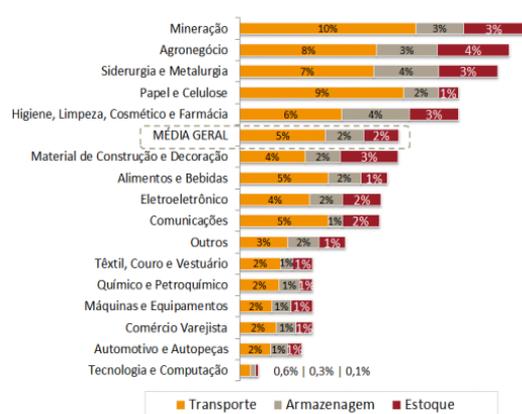
horizontal, largura da pista e tipo de pavimento, influencia nos custos de construção e manutenção das estradas. Além de impactar na durabilidade de pneus, desempenho energético e eficiência operacional dos veículos. Dessa forma, é necessário classificar as estradas para que o gestor possua informações técnicas sobre as vias, sendo uma ferramenta para subsidiar o planejamento do transporte.

Contudo, é importante enfatizar que os percentuais de participação do transporte no custo logístico total de uma organização, variam consideravelmente entre os diferentes setores da economia e, também, entre as empresas individualmente.

Para Fleury (2014), normalmente quanto menor for o valor agregado das mercadorias transportadas, maior será o impacto dos gastos de transporte nos custos logísticos totais das empresas, em virtude das cargas serem mais volumosas e com margens de lucro menores que produtos de alto valor agregado.

Pesquisas realizadas no Brasil pelo Instituto de Logística e Supply Chain – ILOS (2014), corroboram a afirmação anterior. Através das 100 maiores empresas do país, oriundas de diversos

setores da economia, obteve-se que o agronegócio é o terceiro setor que mais sofre os impactos dos custos de transporte em relação à receita líquida (8%), sendo precedido apenas pelos setores de mineração (10%) e de papel e celulose (9%), conforme destacado na Figura 1.



**Figura 1.** Custos logísticos das empresas brasileiras em relação à receita líquida, por setor. Fonte: ILOS (2014).

Não obstante, através do gráfico é possível constatar que o agronegócio é o segundo setor com maior custo logístico total com relação à receita líquida (15%), sendo que somente as empresas de mineração (16%) possuem despesas logísticas superiores.

### 3.1.1 Hierarquia de estradas

Eaton et al. (1987) propõem um método objetivo para calcular o Índice de Condição de Rodovias Não Pavimentadas (ICRNP), o qual tem como base valores de dedução, que são obtidos de acordo com os defeitos encontrados e os respectivos níveis de severidade do trecho estudado. Os defeitos são classificados de acordo com suas dimensões em relação à área do trecho em que ocorrem e, assim, as estradas são classificadas em função dos valores médios do ICRNP, indicando a integridade da rodovia, de acordo com uma escala numérica, conforme a Tabela 1.

Baesso e Gonçalves (2003) afirmam que as estradas rurais podem ser divididas em quatro categorias distintas, designadas por A, B, C e D. Onde as estradas da categoria A, correspondem às vias em que a superfície de rolamento é composta por agregados naturais oriundos de jazidas, atendendo a determinados parâmetros quanto a composição granulométrica.

**Tabela 1.** Classificação dos trechos da estrada segundo ICRNP.

ICRNP	Classificação
0	Intransitável
10	Péssimo
25	Muito Ruim
40	Ruim
55	Regular
70	Bom
85	Muito Bom
100	Excelente

Já a categoria B é composta por estradas que apresentam material produzido artificialmente (britados) na camada superficial de rolamento. A categoria C compreende solos oriundos de jazidas, naturalmente estabilizados, como saibros, areias, piçarras e outros, desde que sejam utilizados para compor a superfície de rolamento. Por fim, correspondem à categoria D vias em que a camada superficial é formada por materiais de seu próprio leito natural.

### 3.1.2 *Parâmetros de construção/ implantação*

Para Fattori (2007) é necessário que a superfície de rolamento de uma estrada rural não pavimentada esteja em conformidade de forma que seja eficaz a drenagem das águas superficiais que precipitam sobre a plataforma da via, para os dispositivos

de captação e escoamento (sarjetas, bigodes, dissipadores de energia).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1980) apresentou uma classificação para estradas, utilizando a largura como um dos principais critérios, sendo 8 metros para as primárias e 4 metros para as secundárias.

Já Souza (2016) utilizou a largura da pista de rolamento como um dos critérios para que as classes fossem diferenciadas, em que estradas de 7 a 8 metros são consideradas primárias, de 5 a 6 metros secundárias e de 3 a 4 metros estradas terciárias.

As malhas viárias rurais e florestais podem ou não possuir algum tipo de pavimentação com o uso de materiais como cascalhos, lateritas, seixos, britas e outros. O objetivo da pavimentação é fornecer à via uma maior capacidade de suportar o peso causado pela movimentação de veículos em sua superfície (MACHADO, 1984).

Considerado um tipo de pavimentação, o revestimento primário consiste na distribuição do cascalho sobre o leito sistematizado da estrada com a finalidade de melhorar a aderência e tração dos veículos quando o piso estiver molhado. Efetua-se o depósito de cascalho sobre a superfície

quando a declividade da estrada for maior que 6%, além das lombadas para evitar o seu rebaixamento, ocasionado pelo tráfego de veículos (CABRAL, 2011).

Em uma avaliação de perdas de solo em estradas não pavimentadas Oliveira et al. (2010) concluíram que a influência da declividade em relação às perdas de solo em estradas florestais não pavimentadas foi significativa para declives acima de 12%. Assim, as estradas devem ser planejadas com declividades inferiores a este valor para evitar grandes perdas de solo.

Macedo (2014) afirma que a escolha do projeto de estrada ideal está intimamente ligada ao custo desta, especificamente ao custo da terraplanagem. Além disso, tanto na execução dos cortes como dos aterros, as condições desfavoráveis do solo natural podem exigir a execução de serviços especiais de alto custo, tais como: escavações em rocha, obras especiais de drenagem, estabilização de taludes e outros.

### **3.2. Aceiros**

Soares et al. (2017) afirmam que aceiros podem ser definidos como faixas relativamente largas, em que se interrompe ou modifica a continuidade da vegetação, a fim de dificultar a

propagação do fogo e facilitar o seu combate.

Segundo o Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios – Prevfogo (2013) o aceiro pode ocorrer naturalmente, em locais de ausência de vegetação ou “combustível”, como um rio, lago ou desfiladeiro. Não obstante, podem ser feitas por ação antrópica e muitos deles também são utilizados como estradas ou trilhas.

Quanto à largura dos aceiros, Soares et al. (2017) dizem que esta é variável de acordo com o tipo de floresta e com o grau de risco do local. Ademais, deve se relacionar com a altura da vegetação para que a passagem do fogo não aconteça por radiação, sendo prudente que a largura seja cerca de duas vezes a altura das árvores. Contudo, este quesito nem sempre é atendido, haja vista que representaria uma perda de área produtiva muito grande.

#### *3.2.1 Parâmetros de manutenção*

Para Oliveira Júnior et al. (2017), o interesse por eventos de incêndios florestais aumentou consideravelmente nos últimos 20 anos em virtude do crescente número de focos e suas consequências ambientais, em especial em Áreas de Preservação

Ambiental (APA) e nas Unidades de Conservação (UC). Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE corroboram esse acréscimo das queimadas com base em imagens de satélite que registraram um aumento de 82% em 2019, no período de janeiro a agosto, comparado ao mesmo período em 2018, conforme a Figura 2.



**Figura 2.** Focos de queimada de 1 de janeiro a 18 de agosto, registrados de 2013 a 2019. Fonte: Programa Queimadas/INPE (2012).

No Brasil, não existe uma legislação em vigor que determine a frequência de manutenção de aceiros, ficando sob responsabilidade do proprietário do empreendimento. Contudo, especialistas recomendam que seja realizado anualmente. Em alternativa, as Secretarias Estaduais decretam períodos proibitivos de queimadas, a exemplo o estado de Mato Grosso, que durante o ano de 2019 deu início a esse período em 15 de julho e foi prorrogado até 04 de

outubro, em virtude das condições climáticas.

### 3.3. Estradas X Aceiros

#### 3.3.1 Ponto de equilíbrio entre proteção e economia

Para que os custos não sejam muito elevados, alguns empreendimentos florestais utilizam as estradas já existentes na propriedade, apenas construindo vias complementares à medida que se tornam necessárias.

Outras, no entanto, fazem projetos e desenvolvem conforme fora idealizado, sendo esta a melhor maneira para o produtor que esteja em busca do melhor aproveitamento de suas florestas. O traçado deverá utilizar preferencialmente os pontos que apresentem melhor estabilização de encostas, mantendo a menor densidade possível. Uma distância de extração economicamente viável e largura suficiente para atender a passagem ou cruzamento de duas composições de transporte (CORREA, MALINOVSKI e ROLOFF, 2006).

Silva (2017) afirma que os verdadeiros custos econômicos dos incêndios florestais tropicais são amplamente desconhecidos e não precisam ser confinados a uma área, podendo afetar a saúde e a economia. Ainda segundo a autora, é improvável

que custos externos de incêndio, como dias de trabalho perdidos e a perda de produção, sejam contabilizados na região afetada pelo incêndio.

### 3.3.2 Seleção de variáveis

De maneira geral, como raramente os incêndios começam no interior da floresta, os aceiros internos são mais estreitos (5 a 20m) e os externos mais largos (20 a 100m). Soares (2000) assegura que alterando a estrutura da vegetação no terreno verticalmente por meio de podas, horizontalmente por meio de desbastes, com posterior compactação ou fragmentação dos resíduos, é possível obter a redução de risco de incêndio.

O mesmo autor sustenta que principalmente em coníferas, mais susceptíveis aos incêndios de copa, a poda é capaz de evitar ou dificultar o avanço do fogo pela árvore. Na produção de madeira para celulose, no entanto, a poda não é necessária e não é feita, pois, a densidade da plantação é mais alta e a atividade seria antieconômica. Neste caso, o autor recomenda o trato silvicultural de algumas linhas (entre 5 e 10 m) às margens dos aceiros e, para diminuir o risco de incêndio e facilitar o combate, que os resíduos sejam retirados.

Para desenvolver o planejamento da rede viária, são necessários projetos, levantamentos, estudos, operações e construção, para que sejam identificados os pontos frágeis que possam causar problemas ambientais e, com isso, propor métodos que reduzam os impactos causados pelo empreendimento. Malinovski et al. (2004) recomendam que as empresas em vias de implantação de um projeto de construção apresentem Estudos de Impacto Ambiental (EIA), devendo apresentar as seguintes atividades: diagnóstico ambiental (meio físico, biótico e socioeconômico), análise de impactos ambientais do projeto e suas alternativas, estudo de medidas mitigadoras e elaboração dos programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos. Esse estudo deverá estar associado ao Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), apresentando informações e conclusões relativos aos objetivos e justificativas do projeto, às alternativas tecnológicas, aos diagnósticos ambientais, aos impactos ambientais, à qualidade ambiental futura (com e sem projeto), às medidas mitigadoras, aos programas de acompanhamento e monitoramento e às recomendações das alternativas mais favoráveis.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude do crescente número de focos de incêndios florestais no Mato Grosso e este ser o estado com maior número de queimadas no Brasil, necessita-se de estudo mais aprofundado para que sejam desenvolvidas metodologias que sejam eficazes para os proprietários rurais, e, também, para os moradores de zona urbana, na prevenção de perdas por consequência dos incêndios.

Além disso, estudos que sejam eficazes no controle de incêndio trariam melhoria não somente à qualidade e preservação de vida da fauna local, mas também da comunidade como um todo. Haja vista que durante o período de estiagem, a umidade relativa chega a marcar 8% no estado, dificultando a qualidade respiratória e de vida da população.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BAESSO, D. P., Gonçalves, F. L. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção.** 2003. Florianópolis: Departamento de Estradas e Rodagem, 236 p. 2003.
- CABRAL, E. S. P. **Estudo de caso sobre conservação de rodovias não pavimentadas MG-161.** 2011. 55 f. Relatório Técnico (Pós-Graduação em Engenharia de

Estradas) - Instituto educacional Cândida de Souza, Minas Gerais.

Construção de aceiros. **Prevfogo**, 2013. Disponível em: <<http://prevfogofloresta.blogspot.com/2013/07/construcao-de-aceiros.html>>. Acesso em: 12/09/2019.

CORRÊA, C. M.C.; MALINOVSKI, J. R.; ROLOFF, G. Bases para planejamento de rede viária em reflorestamento no sul do Brasil. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 277 - 286. 2006.

EATON, R. A.; GERARD, S.; DATTILO, R. S. A method for rating unsurfaced roads. **Transportation Research Record**, v. 2, n. 1106, p. 34-43, 1987.

EMBRAPA. **Construção de estradas florestais e transporte florestal rodoviário na região amazônica.** Circular técnica, 1980. Belém/PA.

FATTORI, B. J. **Manual para manutenção de estradas de revestimento simples.** Porto Alegre, 2007. 80 f. Monografia. (Graduação em Engenharia Civil) - UFRS, Rio Grande do Sul.

FLEURY, P. F. Gestão estratégica do transporte. In: FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. F. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos.**

2014. Atlas, p. 247-256, 2 ed. 2014.
- ICM 2018: Índice que avalia as rodovias federais pavimentadas é divulgado. **DNIT**, 2018. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/icm-2018-indice-que-avalia-as-rodovias-federais-pavimentadas-e-divulgado>>. Acesso em: 12/09/2019.
- INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN. **Panorama ILOS: custos logísticos no Brasil**. Rio de Janeiro: ILOS, 2014. Disponível em: <<https://www.i-los.com.br/web/custos-logisticos-no-brasil/>>. Acesso em: 12/09/2019.
- MACEDO, E. L. **Projeto em perfil, projeto vertical ou greide de uma estrada de rodagem**. 2014. Noções de topografia para projetos rodoviários. (Apostila).
- MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. 1984. Viçosa: UFV, Imprensa universitária. 138 p. 1 ed. 1984.
- MALINOVSKI, J. R. *et al.* **Código de prática para estradas florestais**. 2004. Malha Viária Logística de Estradas, (Apostila).
- MORAES, A. C. **Classificação de estradas florestais e determinação de rotas de transporte utilizando sistema de informação geográfica**. 2014. 66 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa.
- MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R. **Revisão sistemática da literatura**. In: Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman. p. 141-175. 2015.
- OLIVEIRA, F. P.; SILVA, M. L.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; LEITE, F. P.; Avaliação de perdas de solo em estradas florestais não pavimentadas no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Piracicaba**, v. 38, n. 87, p. 331-339, 2010.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. Relação entre o Standardized Precipitation Index (SPI) e os Relatórios de Ocorrência de Incêndios (ROI) no Parque Nacional do Itatiaia. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-9, 2017.
- SILVA, E. C. G. **Metodologia para quantificação de gastos públicos no combate a incêndios florestais em unidades de conservação**. 2017. 98 f. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias) Universidade Federal do

Espírito Santo, Espírito Santo.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Floresta**, v.30, n.12, p. 11-22, 2000.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 2017. Editora UFV, 255p. 2 ed. 2017.

SOUZA, F. L. **Densidade de estradas em povoamento de *pinus taeda* l em regime de desbaste e corte raso**. 2016. 126. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Florestal) Universidade de Santa Catarina, Santa Catarina.

# INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA SELEÇÃO DE CAMINHÕES NO MERCADO BRASILEIRO

Francieli de **VARGAS**<sup>1</sup>; Catize **BRANDELERO**<sup>2</sup>; Valmir **WERNER**<sup>2</sup>; Bibiana Graeff **NOLASCO**<sup>3</sup>; Guilherme Magro da **SILVA**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UFSM/PPGEF, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – devargasfrancieli@gmail.com

<sup>2</sup> UFSM/DER, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – catizebrandelero@gmail.com; valmirw1@gmail.com;

<sup>3</sup> UFSM/Eng. Florestal, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – bibiananolasco@hotmail.com; guilherme\_ms11@hotmail.com

E-mail para correspondência: [laboratoriomecaniza@gmail.com](mailto:laboratoriomecaniza@gmail.com) - N° 18/2019

## Resumo

Tendo em vista a variedade de fabricantes e modelos de caminhões, esse trabalho teve como objetivo analisar informações técnicas disponíveis nos catálogos de fabricantes para auxiliar na seleção deste tipo de veículo. Foram utilizados catálogos dos modelos de caminhões disponíveis no mercado brasileiro, até o primeiro semestre de 2018. As características técnicas analisadas foram: potência (kW), capacidade de tanque de combustível (l), capacidade máxima de tração (t), sistema de transmissão, fabricantes de motores e número de cilindros. Os dados foram analisados em planilha eletrônica. Totalizou 132 modelos de caminhões, distribuídos em 10 fabricantes. A fabricante Volkswagen dispõe de 22% do total, seguida pela Scania e Mercedes. Quanto às classes de potência dos motores, 38,4% encontram-se na classe II e apenas quatro fabricantes não possuem exemplares nesta classe. Com relação aos motores, a fabricante Cummins representa o percentual de 30,3% da totalidade de modelos. O volume de tanque de combustível de 76 exemplares encontra-se na classe II (241,3 a 417,5 l). Também, o mesmo ocorreu na capacidade máxima de tração, destacando-se a classe II (42,4 a 78,3 t), com 45 exemplares. O agrupamento destes veículos utilizando fatores técnicos, em modelos semelhantes, auxilia na seleção do caminhão, de acordo com as particularidades e finalidade de uso.

**Palavras-chave:** Modal rodoviário; Fabricantes; Potência do motor.

## Abstract

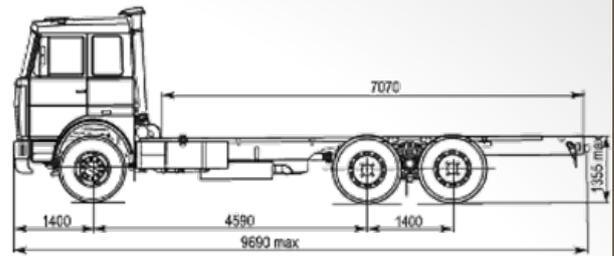
Considering the variety of truck manufacturers and models, this study aims at analysing the technical information available in catalogues in order to assist the selection of this type of vehicle. The analysed truck models catalogues were the ones available on the brazilian market until the first semester of 2018. The assessed technical characteristics were the following: power (kW), fuel tank capacity (l), maximum traction capacity (t), transmission system, motor manufacturers and cylinder quantity. The data were analysed in electronic spreadsheet. The total amount of trucks was 132 models, which were distributed into 10 manufacturers. The manufacturing company Volkswagen holds 22% of the total amount, followed by Scania and Mercedes. As for the engine power classes, 38.4% are in class II and only four manufacturers do not have samples in this class. Regarding the motors, the manufacturing company Cummins represents 30.3% of the total models. The fuel tank volume of 76 samples are in class II (241.3 to 417.5 l). Also, the same happened in the maximum traction capacity, highlighting the class II (42.4 to 78.3 t), with 45 samples. The grouping of these vehicles using technical factors, in similar models, assists in the selection of the truck, according to the particularities and the purpose of use.

**Keywords:** Modal road; Manufacturers; Engine power.

## 1. INTRODUÇÃO

A cadeia logística do transporte de cargas tem papel fundamental no desenvolvimento econômico do país (RONCHI et al., 2013; ROCHA, 2015), bem como efeitos diretos sobre a produção e abastecimento de produtos. A Confederação Nacional do Transporte, CNT (2017), aponta que o modal rodoviário é o segmento de maior participação na matriz de transporte de cargas, representando 61%, sendo adequado para curtas e médias distâncias. Este modal é utilizado por cooperativas, empresas e autônomos (VALENTE et al., 2016).

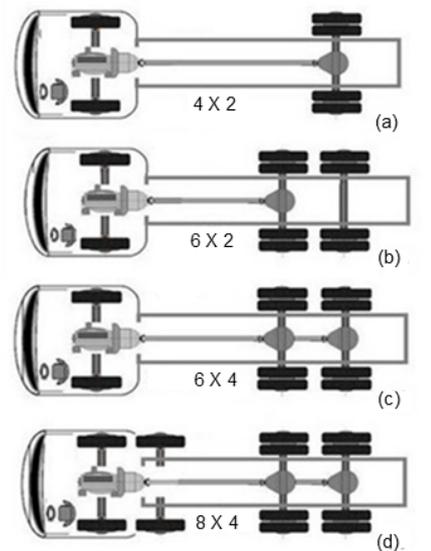
Conforme o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2008) caminhões (Figura 1) são definidos como veículos automotores destinados ao transporte de carga, com Peso Bruto Total (PBT) entre 3,5 até 31,5 toneladas, podendo tracionar ou arrastar outro implemento, quando tiver capacidade máxima de tração compatível. A CNT define o PBT como o peso máximo que o veículo transporta. Enquanto que, a capacidade máxima de tração (CMT) é o peso máximo que a unidade motora é capaz de tracionar.



**Figura 1.** Desenho demonstrativo de um caminhão, com suas respectivas dimensões. Fonte: Adaptado de EcuRed (2018).

O caminhão é um veículo fixo, monobloco, constituído de uma única parte que traz a cabine junto com o motor e a unidade de carga (carroceria) (LATELLA, 2010).

Ainda o caminhão é constituído de uma única unidade tratora e transportadora, podendo ter tração do tipo 4x2, 6x2, 6x4 ou 8x4 (Figura 2).



**Figura 2.** Desenhos demonstrativos de caminhões com tração do tipo (a) 4x2; (b) 6x2; (c) 6x4 e (d) bi-truck 8x4. Fonte: TRC (2018).

Quando conjugado é nomeado de biminhão, pois é constituído de um caminhão e um reboque. Quando combinando um caminhão mais dois reboques constitui-se um treminhão (MACHADO et al, 2009). Atualmente, foi acrescentado novo sistema de tração 8x4, nomeado de *bi-truck*.

A frota brasileira de caminhões corresponde a 1.900.307 veículos, sendo estes correspondentes a 3,09% da frota brasileira total (Anuário da Indústria Automobilística Brasileira, 2018).

A ANFAVEA (2018) considera caminhões e cavalos mecânicos como caminhões *trucks*, classificando-os como nacionais e/ou importados. O licenciamento de caminhões *trucks* nacionais, nos últimos três anos, vem oscilando, pois em 2015 eram em torno de 70 mil, em 2016 decresceu para 48 mil e em 2017 teve pequeno crescimento para cerca de 50 mil veículos licenciados anualmente. Ressalta-se que as fabricantes MAN e Mercedes Benz são predominantes neste segmento.

Destaca-se que a idade média dos caminhões pertencentes às empresas transportadoras é de aproximadamente 10,2 anos e de autônomos é em torno de 18 anos (CNT, 2017). Os veículos com idade média alta ficam suscetíveis a menor produtividade, desconforto para o motorista e aumento do índice de

acidentes (ANTT, 2009). Os caminhões que possuem tecnologias obsoletas podem apresentar defeitos mecânicos com maior frequência. Ainda, problemas vinculados à segurança, maior consumo de combustível e insumos, logo emitem maior quantidade de poluentes (MOURA, 2012). Estes problemas poderiam ser minimizados com a troca dos veículos, visando atender a demanda do motorista e/ou da empresa.

Apesar das deficiências do transporte rodoviário brasileiro, este é altamente necessário para a distribuição de insumos e produtos beneficiados. A escolha veicular está relacionada a uma série de particularidades ligadas ao produto a ser transportado, à distância a ser percorrida, a estrutura física e também, às características mecânicas. Assim, este estudo teve por objetivo relacionar os caminhões disponíveis no mercado atual, classificá-los de acordo com características técnicas, a fim de auxiliar no processo de seleção.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se a identificação dos fabricantes nacionais de caminhões. Por meio dos folhetos, catálogos técnicos e manuais disponibilizados pelas empresas fabricantes. O levantamento das características técnicas: potência (kW),

capacidade de tanque de combustível (l), capacidade máxima de tração (t), sistema de transmissão, fabricantes de motores e número de cilindros, foram reunidas em planilha eletrônica.

Os caminhões foram organizados em quatro classes de potência (Tabela 1). Os limites inferiores e superiores de cada classe foram definidos pela metodologia adaptada de Silva et al. (2013). Na variável capacidade volumétrica de tanque de combustível e capacidade máxima de tração, também foram criadas classes, em litros e toneladas, respectivamente. As demais variáveis analisadas foram subdivididas dentro das classes de potência.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliaram-se informações de dez fabricantes, nas quais se contabilizou 132 modelos de caminhões, que estão distribuídos conforme as classes de potência (Figura 3).

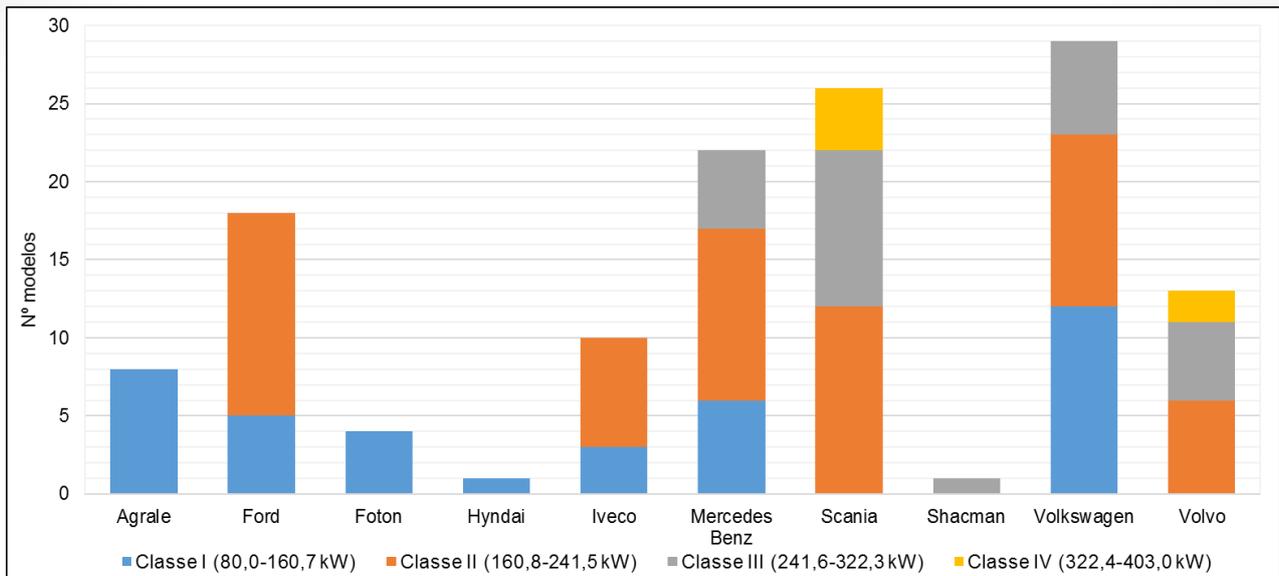
A fabricante Volkswagen apresentou o maior número de modelos, com 22% do total, seguida pela Scania com 26, a Mercedes com 22 e a Ford com 18, representando 19,7%, 16,7% e 13,6%, respectivamente. Estas quatro fabricantes produzem 72% do total de caminhões ofertados.

**Tabela 1.** Classificação dos caminhões em grupos de classes de potência (kW), capacidade volumétrica dos tanques de combustível (l) e capacidade máxima de tração (t).

Grupos	Classes	Limite inferior e superior
<b>Potência do motor (kW)</b>	I	80,0 a 160,7
	II	160,8 a 241,5
	III	241,6 a 322,3
	IV	322,4 a 403,0
<b>Capacidade volumétrica de tanques de combustível (L)</b>	I	65,0 a 241,2
	II	241,3 a 417,5
	III	417,6 a 593,7
	IV	593,8 a 770,0
<b>Capacidade máxima de tração - CMT (t)</b>	I	6,5 a 42,3
	II	42,4 a 78,3
	III	78,4 a 114,1
	IV	114,2 - 150

Quanto a potência dos motores dos caminhões, as fabricantes Scania, Shacman e Volvo não possuem exemplares na classe I (80,0 a 160,7 kW). As fabricantes Agrale, Foton e Hyundai somente apresentam exemplares nesta classe. Por outro lado, na classe de maior potência (322,4 a 403,0 kW) somente as fabricantes Scania e Volvo apresentam modelos.

Ressalta-se que a fabricante Shacman dispõem modelos somente na classe III (241,6 a 322,3 kW). Na classe II consta o maior número de modelos e também a participação da maioria dos fabricantes.

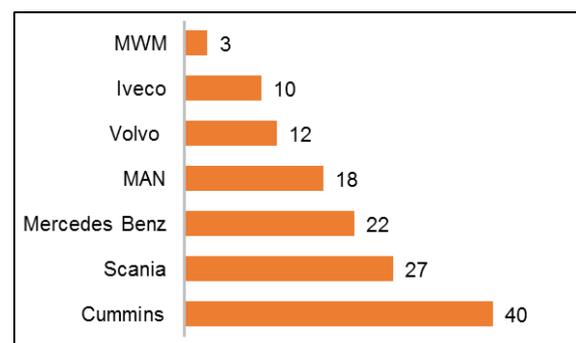


**Figura 3.** Distribuição do número de caminhões nas classes de potência, para cada fabricante disponível no mercado brasileiro.

Com relação às marcas de motores, foi observado que quatro das fabricantes de caminhões possuem motores próprios. Outros adquirem de terceiros, sendo que, em casos específicos, possibilitam ao comprador realizar a escolha de modelo/marca de motor de sua preferência. Como exemplo, a fabricante Agrale, em específico, dá a opção de realizar a escolha entre as fabricantes de motores Cummins ou MWM; o mesmo ocorre com a fabricante Volvo quando possibilita em quatro de seus modelos de caminhões a escolha entre quatro possíveis modelos de motores de fabricação própria.

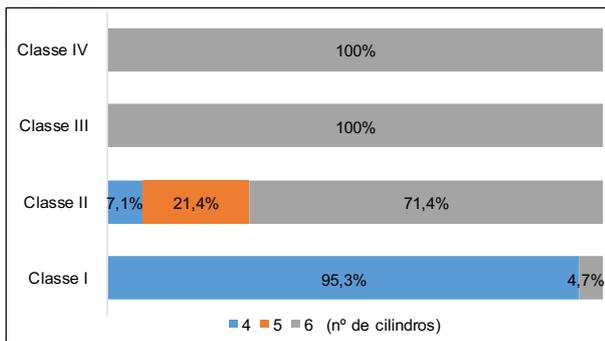
Dentre as fabricantes de motores o de maior representatividade é a fabricante Cummins, com 40 modelos, seguida da Scania, com 27 modelos

(Figura 4). Em levantamento realizado sobre a distribuição dos modelos de motores em cavalos mecânicos, por Silva et al. (2018), as fabricantes Scania e Cummins apresentaram maior representatividade no mercado, com 64 e 20 exemplares, respectivamente.



**Figura 4.** Disposição do número de motores por fabricante.

Quanto ao número de cilindros dos motores (Figura 5), estes foram distribuídos de acordo com as classes de potência.



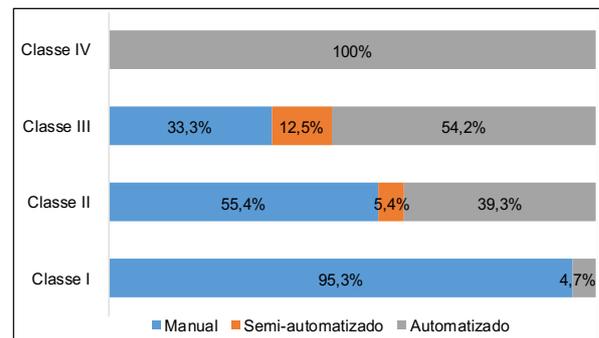
**Figura 5.** Disposição do número de cilindros nas classes de potência dos modelos de caminhões.

Observou-se que 56,8% dos modelos apresentam 6 cilindros, distribuídos em todas as classes de potência. Os modelos de caminhões com 5 cilindros estão presentes apenas na classe II, que representa 9,09% do total.

O sistema de transmissão também foi analisado em função das classes de potência dos motores. As classes I, II e III apresentam 43, 56 e 24 exemplares, respectivamente. O sistema de transmissão manual está presente nas classes I e II. O sistema semi-automatizado tem menor expressividade, sendo encontrado somente nas classes II e III. Enquanto que o sistema de transmissão automatizado nas classes II e III (Figura 6).

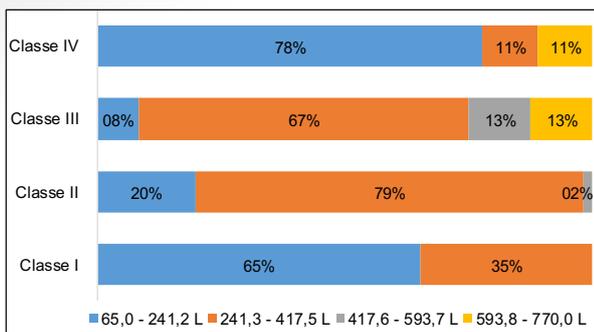
Ao analisar a capacidade de tanque de combustível nas classes de potência, constatou-se que a classe I de tanque de combustível (65,0 a 241,2 l) tem representatividade nas quatro classes de potência, bem como, a classe II (241,3 a

417,5). A classe I de tanque de combustível detém 48 modelos e a classe II 76 modelos. Juntas estas classes representam, aproximadamente, 94% do total de modelos de tanques de combustível. Silva et al. (2018), quando realizaram a classificação dos tanques de combustível dos modelos de cavalos mecânicos, constataram que o aumento da capacidade de tanque é diretamente proporcional ao aumento da sua potência. Ainda, que esse aumento proporciona maior autonomia, otimizando a atividade e a qualidade da mesma.



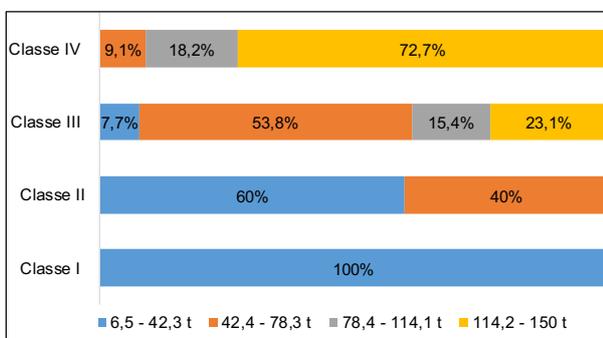
**Figura 6.** Distribuição de modelos de caminhões quanto ao sistema de transmissão.

A classe III de potência é a que apresenta exemplares das quatro classes de capacidade volumétrica de tanques de combustível (I) (Figura 7).



**Figura 7.** Classificação da capacidade volumétrica dos tanques de combustível (l) nas classes de potência em caminhões.

Para compor a análise da capacidade máxima de tração (CMT) foram considerados 112 modelos de caminhões que possuíam essa informação nos catálogos. As classes I, II, III, VI apresentaram 30, 45, 26 e 11 modelos, respectivamente. Na Figura 8 é possível observar que a Classe I de potência dos motores apresenta CMT variando de 6,5 a 42,3 toneladas. Nas demais classes de potência existe a opção de escolha. A classe de maior potência dos motores apresenta CMT variando de 42,4 t até 150 t de massa.



**Figura 8.** Classificação da capacidade máxima de tração (t) nas classes de potência dos modelos disponíveis de caminhões.

Em relação as classes da CMT no estudo de Silva et al. (2018), os modelos de cavalos-mecânicos estão distribuídos, principalmente, na Classe I e II, representando 88,9% do total. Também, cerca de 2,2% dos catálogos de fabricantes não disponibilizaram o CMT. No presente estudo, com caminhões, esta variável não esteve presente em 15,15% do total de catálogos.

#### 4. CONCLUSÃO

Os caminhões disponíveis para o setor rodoviário brasileiro apresentam diversos modelos no mercado nacional.

A análise das informações técnicas contidas nos catálogos de forma dinâmica, agrupada por modelos semelhantes, auxilia no processo de seleção destes veículos.

A seleção está condicionada a fatores como o uso, estradas, manutenção, ergonomia e aos critérios de potência, tração e autonomia.

A fabricante Volkswagen foi a que apresentou o maior número de modelos, seguida pela Scania, Mercedes e a Ford.

A maioria dos caminhões disponíveis apresentam motorização da fabricante Cummins.

## 5. REFERÊNCIAS

- ANFAVEA - **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. 48 f. São Paulo. 2018.
- ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestre. **Dados do RNTRC**, 2009. Disponível em: <[www.antt.gov.br](http://www.antt.gov.br)>. Acesso em: 25 de maio de 2018.
- CNT - Confederação Nacional do Transporte. **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. 67 p. 2017. Disponível em: <[http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo\\_transport\\_e\\_rodoviario\\_infraestrutura.pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_transport_e_rodoviario_infraestrutura.pdf)> Acesso em: 08 de maio de 2018.
- CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução nº 290/2008**. Disponível em: <<http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/RESOLUCAOCONTRAN29008.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.
- EcuRed. Figura demonstrativa de caminhão. Disponível em: <<https://www.ecured.cu/Archivo:Maz6303.gif>>. Acesso em: 02 de maio de 2018.
- LATELLA, V. C. Di. **Acidentes com transporte de cargas na MG 010: Análise sobre estatística de 2005 e 2009**. (Pós-graduação MBA gestão estratégica de projetos), Belo Horizonte, MG. 2010.
- MACHADO, C. C. et al. **Transporte rodoviário florestal**. 2. Ed. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2009. 217 p.
- MOURA, G. A. **A viabilidade de cooperativas para a renovação da frota autônoma de caminhões**. 2012. 81 f. Dissertação de Mestrado (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental). Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2012.
- ROCHA, Cristine Fursel. **O transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia**. 2015. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Econômicas), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI. 2015.
- RONCHI, R. D. C.; MOURAA, G. A. ROCHA, C. H. Mensuração do custo social subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional - um estudo de caso: soja, café e boi em pé. **Journal of Transport Literature**, Vol. 7, n. 2, p. 52-77, 2013.
- SILVA, G. M. et al. Informações técnicas para seleção de cavalos mecânicos para o transporte rodoviário, **Tecno-Lógica**, Vol. 22, n. 1, p. 85-89, jan. 2018. ISSN 1982-6753. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/10440>>. Acesso em: 14 de maio de 2018.

doi:<http://dx.doi.org/10.17058/tecnolog.v22i1.10440>.

>. Acesso em: 03 de julho de 2018.

TRC - Portal Guia do Transportador. Figura demonstrativa de tipos de caminhões conforme sua tração. Disponível em: <<http://www.guiadotrc.com.br/noticiaid2.asp?id=30755>

VALENTE, A. M.; NOVAES, A. G.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H. **Gerenciamento e transportes e frotas**. 3 ed. ver. - São Paulo: Cengage Learning, 2016.

# MOVIMENTAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Guilherme Milani **SANTOS**<sup>1</sup>; Catize **BRANDELEIRO**<sup>2</sup>; Valmir **WERNER**<sup>2</sup>;  
Jairo **PERIPOLLI**<sup>1</sup>; Mariana Peres de Lima Chaves e **CARVALHO**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UFSM/Engenharia Florestal, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – gmilanisantos@gmail.com; jairoperipolli@gmail.com

<sup>2</sup> UFSM/DER, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – catizebrandelero@gmail.com; valmirw1@gmail.com

<sup>3</sup> UFMT/Faculdade de Engenharia Florestal, Av. Fernando Corrêa da Costa, 78060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil – marianaperes212@gmail.com

E-mail para correspondência: [laboratoriomecaniza@gmail.com](mailto:laboratoriomecaniza@gmail.com) - Nº 14/2019

## Resumo

No Brasil, o deslocamento dos produtos provenientes das florestas é predominantemente rodoviário. Diversos fatores interferem no custo, na qualidade e segurança do transporte. Logo o presente estudo, teve como objetivo aplicar um questionário quali-quantitativo para empresas do segmento de florestas plantadas, com o intuito de traçar um diagnóstico sobre o transporte madeireiro no Estado do Rio Grande do Sul (RS). As perguntas foram organizadas de forma aberta, fechada e dependentes. Foi encaminhado questionário para 16 gestores de empresas florestais associadas a AGEFLOR. Os resultados são parciais, pois 50% aproximadamente das empresas retornaram o mesmo. As respostas obtidas caracterizam a realidade da porção Leste do Estado. O produto mais transportado é a tora com 66,6%, sendo o a combinação veicular de carga (CVC) biminhão (CVC com uma unidade tratora tipo caminhão mais um reboque), o veículo mais utilizado com 78%. O raio de deslocamento em nenhum dos casos foi superior 250km, sendo a BR290 utilizada em 66% das cargas. O controle de massa das cargas é realizado com marcações nos fúrios por 66% das empresas. E o estado de saúde dos motoristas em 44% das empresas não é acompanhado por equipe de saúde. Assim, conclui-se que um levantamento de dados referentes ao transporte florestal é fundamental para melhorar as condições desta classe no RS.

**Palavras-chave:** Transporte; Rodovias; Questionário.

## Abstract

In Brazil, the displacement of forest products is predominantly by road. Several factors affect the cost, quality and safety of this transport. Therefore, the present study aimed to apply a questionnaire to companies in the forest sector, with the purpose of making a diagnosis of logging in the state of Rio Grande do Sul. The questions were organized openly, closed and dependent. The questionnaire was sent to 16 managers of forest companies associated with AGEFLOR. The results achieved are a sample, because only 50% of companies returned contact. The answers obtained characterize the reality of the eastern portion of the state. The most transported product is log. The articulated truck is the most recurrent model of vehicle, being equipped with forestry car body. The displacement radius in neither case was greater than 250 km. The load mass control is performed with rod markings in 66% of companies. And the state of health of drivers in 44% of companies is not monitored. Thus, it is concluded that a survey of data related to forest transportation is fundamental to portray the conditions of this class in Rio Grande do Sul.

**Keywords:** Transport; Roads; Questionnaire.

## 1. INTRODUÇÃO

No ano de 2017, o Brasil contava com 7,84 milhões de hectares de árvores plantadas, sendo responsável por 6,1% do PIB industrial. (IBA, 2017). No Rio Grande do Sul, a participação do Setor de Base Florestal no PIB do estado foi de 6,4% (AGEFLOR, 2016).

Neste setor, o transporte florestal consiste no deslocamento de cargas que saem dos hortos produtivos até os locais de processamento ou exportação. No Brasil, o deslocamento desses produtos é predominantemente rodoviário e, segundo Barbosa (2018) pode chegar a 50% do custo total da madeira.

Diversos fatores podem interferir nesse custo, bem como, na qualidade e segurança dessa operação, tais como: a qualidade do trajeto percorrido, o veículo utilizado, o estado de saúde do motorista, o tipo de carga transportada, entre outros (MACHADO et al., 2009; ALVES et al., 2013).

Visto as inúmeras condições que afetam o transporte de cargas, Machado (2009) elenca que, para garantir um transporte rápido e eficiente, assim como, assegurar a máxima utilização dos recursos disponíveis, deve-se executar o planejamento dessas atividades. Para Biscaia (2019) a

aplicação de geotecnologias é necessária no planejamento e gestão operacional, no sistema de produção de florestas plantadas pois, permitem tomada de decisões mais assertivas em relação a formação dos blocos de colheita, distribuição de mão-de-obra, posicionamento dos estoques de madeira, investimentos em estradas e otimização dos eixos rodoviários, garantindo a redução de custos.

Assim, visando identificar áreas críticas, gerar sensibilização sociocultural e obter outras informações importantes para elaboração de planos de prevenção de acidentes.

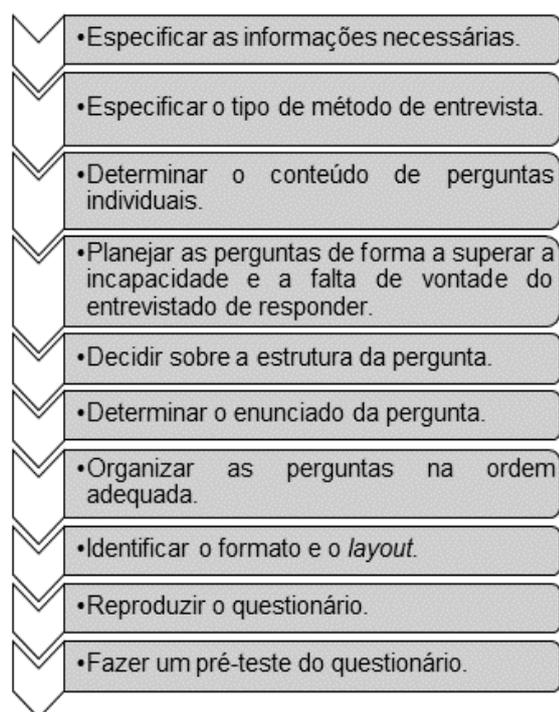
A pesquisa teve como objetivo traçar um diagnóstico sobre o transporte de produtos de origem florestal no Estado do Rio Grande do Sul (RS).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para executar a presente análise foi estruturado um questionário a partir da metodologia prevista por Bowers (2012). O mesmo entende que este pode ser considerado um roteiro, formulário de entrevista ou instrumento de medida. A metodologia em questão prevê o processo exposto na Figura 1.

As perguntas foram organizadas segundo a orientação de Gil (2010) em questões abertas (descritivas),

fechadas (múltipla escolha ou dicotômica) e dependentes (vinculadas a resposta anterior). Contou com 14 perguntas que foram encaminhadas a um gestor florestal para analisar, interpretar e sugerir alterações.



**Figura 1.** Fluxograma para compor questionários segundo metodologia de Bowers (2012).

Após o questionário foi encaminhado, via planilha digital por e-mail, para 16 gestores de empresas florestais associadas a AGEFLOR (Associação Gaúcha de Empresas Florestais). Estes, receberam o questionário, uma apresentação e a justificativa da pesquisa. Após retorno do mesmo, os dados de todas as

respostas foram compilados, criando o banco de dados em planilha eletrônica para análise.

Realizou-se um mapeamento das rodovias utilizadas para o escoamento da produção, elencando as principais rotas utilizadas pelas empresas, fluxo de transporte, produtos transportados, distância percorrida, tipos de veículos e acompanhamento do estado de saúde dos motoristas.

Para que fosse possível ter noção estimada da quantidade de cargas que circulam pelas rodovias, buscou-se o volume de produto movimentado diariamente pelas empresas.

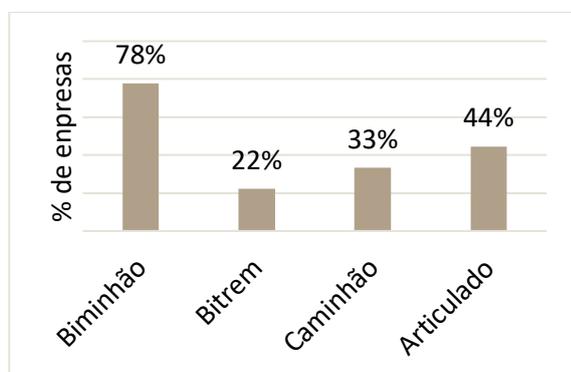
Para o geoposicionamento das empresas e seus hortos florestais, foi disponibilizado as coordenadas “X” e “Y”. Com o uso do *software QGis* os pontos foram locados no mapa do Estado.

A partir da base vetorial do Estado e rede viária, obtido no banco de dados do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS), foi possível gerar um mapa temático com: a) o destino do transporte; b) raio de movimentação de carga e c) as principais estradas de circulação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos dez sendo, 9 retornos com interesse em participar da pesquisa e, uma resposta negativa, cuja empresa alegou que esta participação não faz parte da estratégia da mesma. O maior obstáculo para a obtenção dos dados foi o tempo de resposta aos questionários, que variou de 2 dias até 5 meses.

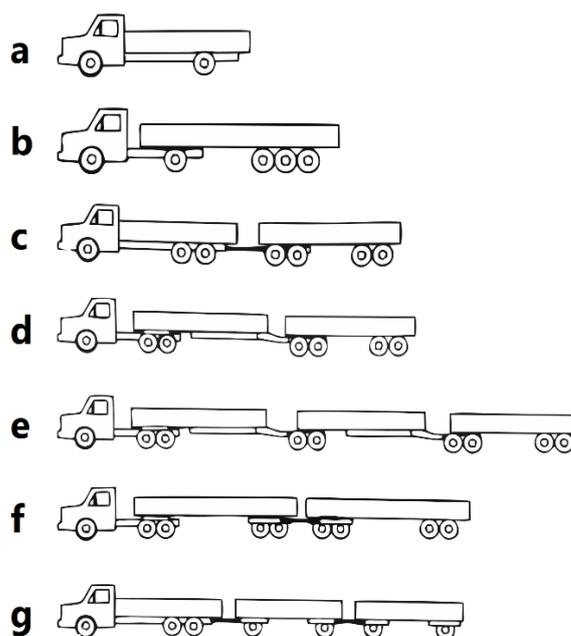
A partir dos resultados obtidos na pesquisa, identificou-se que o transporte de produtos florestais das nove empresas participantes é realizado através do modal rodoviário. Evidenciadas as quatro CVCs adotadas para o transporte de madeira do Estado (Figura 2).



**Figura 2.** Modelos de veículos utilizados para o transporte florestal no RS.

Destaca-se que o biminhão é utilizado por aproximadamente 78% das empresas, seguido por articulado, caminhão e bitrem. Os modelos tritrem, rodotrem e treminhão não são utilizados pelas empresas questionadas.

Prates (2017) informa que veículos com capacidade de cargas menores comumente não atuam em raios maiores, e que combinações veiculares com alta capacidade de tonelagem, dificilmente são aplicados para menores distâncias, justificando assim, a não utilização de tritrem, rodotrem e treminhão, na presente pesquisa. Na Figura 3, é possível visualizar as especificações técnicas de caminhões e articulados.



Em que: a) Caminhão: composto por apenas uma unidade tratora e transportadora, com tração do tipo 4x2, 4x4, 6x2 ou 6x4. b) Articulado: uma unidade tratora (cavalo mecânico) com tração 4x2 ou 6x4 e um semirreboque. c) Biminhão: um caminhão e um reboque. d) Bitrem: um cavalo mecânico e dois semirreboques. e) Tritrem: um cavalo mecânico e três semirreboques. f) Rodotrem: combinação de um articulado e um reboque. g) Treminhão: um caminhão e dois reboques.

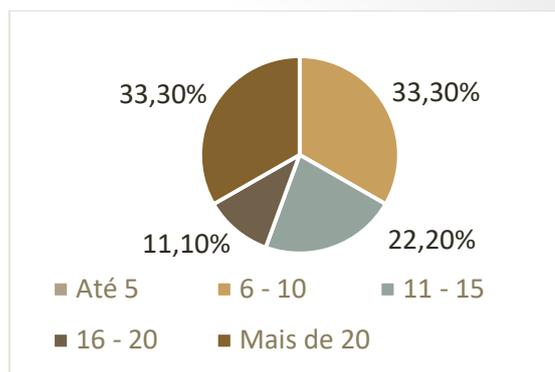
**Figura 3.** Especificações técnicas das combinações veiculares de carga. Fonte: adaptado de Machado, 2009.

Quanto ao tipo de compartimento de carga o destaque é para a carroceria florestal, pois a mesma é utilizada por 100% das empresas. O modelo fechado com piso móvel é utilizado por 11,1% das empresas que, além de utilizarem a carroceria florestal, utilizam esse exemplar. Já o modelo fechado basculante não foi citado.

Ao questionar sobre os produtos transportados, as empresas informaram que transportam uma combinação de produtos. Assim, o produto tora é transportado por 66,6% das empresas, 55,5% transportam toretes, 33,3% lenha, 22,2% cavaco e aproximadamente 11,1% das empresas transportam casca.

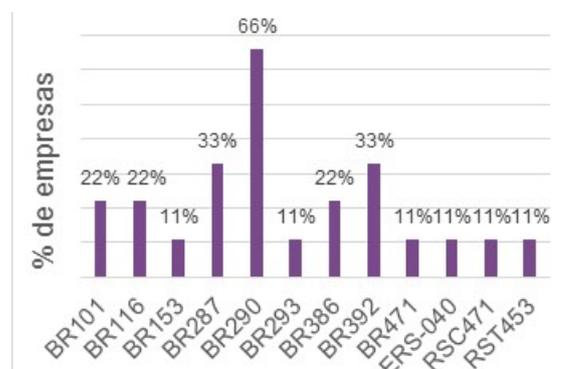
Quanto ao número estimado de cargas movimentadas diariamente foi estruturada a Figura 4. Foi apurado que as movimentações de 6 a 10 e mais de 20 cargas, correspondem a 33,30%, respectivamente.

De acordo com as respostas, sabe-se que no mínimo, 50 CVC's passam pelas rodovias todos os dias. Esses, transportando grande volume de madeira bruta como lenha, tora ou torete. As cargas de cavaco ou casca também entram na contagem.



**Figura 4.** Número de cargas movimentadas pelas empresas diariamente.

Buscando estimar as principais rodovias utilizadas por estas empresas, a questão foi de múltipla escolha (Figura 5). Identificou-se que a BR-290 é utilizada em 66% das cargas movimentadas, seguidas pelas rodovias federais 287 e 392 com 33%, respectivamente. Também, foram citadas a utilização das rodovias federais 101,116, 153, 293, 386 e 471. Ainda as rodovias estaduais ERS-040, RSC-471 e RST-453.



**Figura 5.** Principais rodovias federais e estaduais utilizadas no transporte de cargas florestais no RS.

Ao inferir sobre a distância da movimentação de cargas (Figura 4), destaca-se que 33,3% possuem raios oscilantes de 151 a 200 km. Ainda, 22,2% deslocam cargas em raios variando de 101 a 150 e 201 a 250 km, respectivamente. Foi observado que somente 11% movimentam cargas com raios de aproximadamente 0 a 50 e 51 a 100 km, na devida ordem. Dentre as empresas, nenhuma transporta produtos florestais em distâncias acima de 250 km.

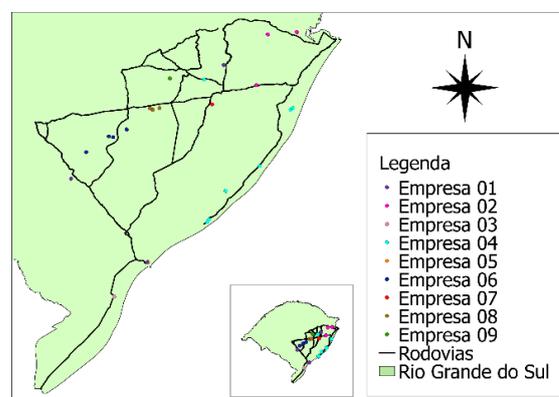
Ao localizar as empresas participantes da pesquisa no espaço geográfico foi possível observar que estão localizadas próximas da costa leste do Estado. Isto porque a proximidade ao porto de Rio Grande reduz o custo do transporte, tanto para o produto quanto aos insumos demandados.

A redução do desgaste do maquinário, também pode ser elencado como fator para que as empresas optem por situar sua matéria prima próxima ao destino final.

Dessa forma, com as informações anteriormente mencionadas detalhadamente, foi possível a estruturação do mapa com as principais rotas utilizadas pelas empresas (Figura 6).

Outro questionamento foi quanto ao controle de massa das cargas, onde

obteve-se como retorno que 88,88% efetuam o controle. Sendo que 66,6% das empresas utilizam a marca na parte superior dos fúteis, como ferramenta para estimar a massa da carga. Assim, 33,3% informaram fazer uso do sistema de balança para efetuar a pesagem do veículo antes e após o carregamento.

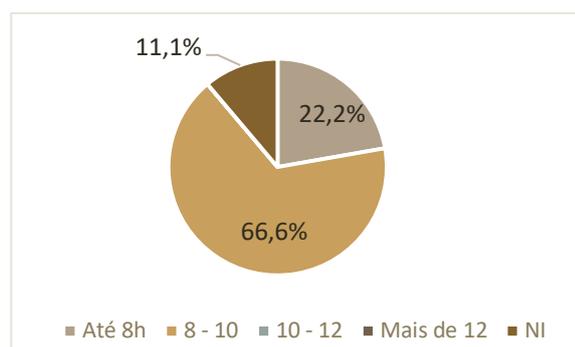


**Figura 6.** Mapa de localização das empresas florestais e rodovias de escoamento de seus produtos, no estado do Rio Grande do Sul.

Para complementar a pesquisa buscou-se informações referentes a jornada de trabalho (Figura 7) e o estado de saúde dos motoristas, visto que o mesmo influencia diretamente na qualidade do transporte e na vida dos trabalhadores.

Destaca-se que 100% das empresas atendem a legislação com jornadas com limite de 10 horas. Ainda, 66,6% dos motoristas trabalham de 8 a 10 horas por dia.

O curto raio de transporte faz com que a jornada de trabalho em operação, dos motoristas, seja reduzida. Assim, o desgaste físico causado por muitas horas ao volante, não seja considerado principal causador de acidentes.



Onde: NI = A empresa não possui tal informação

**Figura 7.** Porcentagem das empresas em relação a jornada de trabalho diária dos motoristas que realizam o transporte de carga.

Para identificar o compromisso junto aos operadores, foi questionado se a empresa disponibiliza o acompanhamento médico e a realização de exames periódicos para estes. Os dados apontam que 44,4% realizam o acompanhamento médico, outros 44,4% não oferecem este acompanhamento e ainda, 11,1% não possuem conhecimento sobre realização dos mesmos.

Das empresas que realizam acompanhamento médico com os motoristas, destaca-se que é cobrado

por 100% a realização dos exames gerais, 75% o exame toxicológico e 50% ainda dispõem do acompanhamento de um técnico em segurança do trabalho.

As empresas entrevistadas salientaram que são cobrados exames gerais periódicos, para acompanhamento do nível da pressão arterial, índice glicêmico, triglicerídeos, colesterol e é acompanhado o índice de massa corporal (IMC). Destaca-se que duas empresas realizam o acompanhamento dos exames e possuem ciência dos resultados.

O fato de que todas as empresas possuem o transporte de cargas de forma terceirizada ou mista (parte própria e parte de terceira), afeta consideravelmente a qualidade de tal acompanhamento. Visto que, geralmente o contato com os colaboradores é realizado de forma superficial, nos momentos de carregamento e de entrega. Assim, nem sempre a empresa está ciente do acompanhamento médico realizado pela terceira.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada Estatísticas (IPEA,2015), destaca que 23% dos acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, não são causados por imprudência, descumprimento de lei ou

más condições da rodovia, bem como do veículo. Assim, essa porcentagem pode estar diretamente ligada às alterações da saúde em condutores.

O Sindicato dos Trabalhadores Em Transportes Rodoviários de Londrina (2017), destaca que ao manter o corpo saudável, o operador trabalha durante períodos maiores, se necessário, e de melhor forma, aumentando sua segurança durante as viagens e o seu rendimento. Frisando a importância do acompanhamento médico e da segurança do trabalho, com os operadores dos veículos.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados foram impactados pela a baixa participação das empresas. Todavia, as empresas respondentes possibilitaram diagnosticar a porção Leste do Estado.

Quanto ao CVC e compartimento de carga mais utilizado têm-se, respectivamente, o biminhão e a carroceria florestal. Entre as empresas a variação do número de cargas movimentadas diariamente, foi de “até cinco cargas” a “mais de 20”. As rodovias mais utilizadas são a BR-290, BR-287 e BR-392.

Ficou evidente a necessidade de uma ampla pesquisa para contribuir em

melhorias das condições de trabalho aos motoristas em todo o Estado.

#### 5. REFERÊNCIAS

- AGEFLOR – Associação Gaúcha de Empresas Florestais. **Sumário executivo – Setor de Base Florestal Ano Base 2017.** 2017. p. 13. Disponível em: <<http://www.ageflor.com>>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- ALVES, R. T.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E. N.; LOPES, E. S.; CARMO, F. C. A. Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. **Revista Árvore**, v.37, n.5, p. 897-904, 2013.
- BARBOSA, A. MARCOS. Eficiência e qualidade na logística da madeira. **Opiniões Florestal**, a. 15, n. 51, p.50 - 51, 2018.
- BISCAIA, G. ALBERTO. Geotecnologias no planejamento florestal. **Opiniões Florestal**, n.56, p.16-17. 2019.
- BOWERS, D. Elaboração de questionários e formulários. In: MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** Porto Alegre: Bookman. 6ª ed. 2012. p. 240-267.
- SINTTROL - Sindicato dos trabalhadores em transportes rodoviários de Londrina. **Cuidados durante**

- o expediente preservam a saúde do motorista.** 2017. Disponível em: <<https://sinttrol.org.br>> . Acesso em: 20 ago. 2019.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas. 6ª ed. 3º reimpressão. 2010. p. 200.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ, do ano de 2015.** 2015. São Paulo, 2016. p. 77.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras** - **Caracterização, tendências e custos para a sociedade.** 2015. Brasília, 2015. p. 34.
- MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Transporte rodoviário florestal.** Viçosa: Editor UFV, 2. ed., 2009. p. 217.
- PRATES, P. W. M. **Comparação de custos operacionais entre combinações veiculares de carga no transporte de toras no arco do desflorestamento.** 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Mato Grosso.

# Sessão Técnica IV

## ERGONOMIA E SEGURANÇA EM OPERAÇÕES FLORESTAIS



# APLICAÇÃO DO MÉTODO RULA NAS POSTURAS ADOTADAS DURANTE A DERRUBADA SEMIMECANIZADO DE *Mimosa tenuiflora* (MART.) Benth

Luciélia Lacerda **SILVA**<sup>1</sup>; Ana Karla Vieira da **SILVA**<sup>1</sup>; João Lucas Rebouças **OLIVEIRA**<sup>1</sup>; Daniel Pena **PEREIRA**<sup>2</sup>; Pompeu Paes **GUIMARÃES**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Semiárido, R. Francisco Mota - 572, Presidente Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil – lucielialacerda@gmail.com; karlinha.vieria.20@hotmail.com; lucas.joaolucasreboucas.joo9@gmail.com;

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campos Uberaba, Av. Doutor Randolpho Borges Júnior, 2900, Bairro: Univerdecidade, CEP38064-300, Uberaba, Minas Gerais, Brasil – danielpena@iftm.edu.br

E-mail para correspondência: [lucielialacerda@gmail.com](mailto:lucielialacerda@gmail.com) - Nº 03/2019

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar as principais posturas adotadas durante a derrubada semimecanizada da jurema preta. O método empregado foi o *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Verificou-se 104 posturas condensadas em 10 codificações principais de forma que as 6 primeiras se referem as mais repetidas e as quatro últimas as com pior categoria de ação. As codificações 334121121, 214131121 e 324143121 foram as de maior representatividade e as posturas 324144121 e 334143121, as de pior categoria de ação. O antebraço permaneceu codificado pelo dígito 1, indicando angulação entre 0° e 20° por 14,4 minutos, considerando uma jornada de trabalho diária de 480 minutos. Os punhos foram avaliados com 15° positivos, dígito 4, por 336 minutos do total da jornada de trabalho. Todas as posturas se encontram com os pés e pernas bem apoiados e equilibrados. Cinco posturas se enquadram com angulação para o tronco de 60° positivo, codificada pelo dígito 4.

**Palavras-chave:** Ergonomia, Colheita Florestal, biomecânica.

## Abstract

The objective of this work was to analyze the main postures adopted during the semi-mechanized overthrow of the jurema preta. The method employed was the Rapid Upper Limb Assessment (RULA). 104 condensed postures were found in 10 main codings so that the first 6 refer to the most repeated and the last four to the worst action category. The codifications 334121121, 214131121 and 324143121 were the most representative and the postures 324144121 and 334143121 were the worst category of action. The forearm remained coded by digit 1, indicating angulation between 0 and 20° for 14.4 minutes, considering a daily workday of 480 minutes. The wrists were evaluated at 15° positive, digit 4, for 336 minutes of the total workday. All postures are with well-supported and balanced feet and legs. Five postures fit with a 60° positive trunk angle, encoded by the digit 4.

**Keywords:** Ergonomics, Forest harvest, biomechanics.

## 1. INTRODUÇÃO

A importância e potencialidade econômica do setor florestal contrastam com situações precárias de trabalho, elevado número de acidentes e doenças ocupacionais (COELHO, 2017).

Sendo assim, destaca-se fato das operações de colheita da madeira serem realizadas por máquinas, que dependendo das condições do povoamento florestal, relevo, sistema de colheita e o próprio tipo da máquina, podem expor os operadores a condições ergonômicas inadequadas, com relação às condições ambientais (ruído, conforto térmico, vibração), além da adoção de posturas inadequadas e movimentos repetitivos (FIGUEREDO, 2016).

A ergonomia, ciência definida por Lida (2016) como o estudo da adaptação do trabalho ao ser humano, enfatizando que o trabalho aqui tem uma acepção ampla e abrange não só os trabalhos executados por máquinas e equipamentos, utilizados para transformação de materiais, mas também, todas as situações que envolvem o relacionamento de um ser humano com uma atividade produtiva de bens ou serviços.

No Brasil, a preocupação com o crescente aumento de lesões por esforços repetitivos (LER) e distúrbios

osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) gerou a inclusão de instrumentos específicos legais que podem ser visualizados na coletânea de Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho-TEM. Em especial a Norma Regulamentadora 17 criada em novembro de 1990 (KLIEMANN; FERREIRA, 2015).

O presente trabalho teve como objetivo a análise das posturas adotadas durante a derrubada semimecanizada da *Mimosa tenuiflora* (mart.) Benth, popularmente conhecida como jurema preta, por meio da utilização do protocolo *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) para avaliação de membros superiores dos operadores.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para a realização desta pesquisa foram extraídos durante a derrubada semimecanizada de Jurema Preta, no município de Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte.

A motosserra utilizada, modelo STIHL MS 260, cilindrada de 50,2 cm<sup>3</sup>, 4,8 kg e 2,6/3,5 kW/cv de potência.

O método de avaliação postural utilizado foi o *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) que, segundo Mattos et. al (2016), foi desenvolvido

com o propósito de avaliar a exposição de riscos para membros superiores durante as atividades de trabalho.

Para Capeletti (2013), este método é indicado para analisar a sobrecarga concentrada no pescoço e membros superiores. Para tal utiliza-se diagramas com intuito de facilitar a identificação das amplitudes de movimentos nas articulações de interesse. Como também, avalia o trabalho muscular estático e as forças exercidas pelos segmentos em análise.

O mesmo ainda destaca que, devido à facilidade e confiabilidade dos resultados obtidos, esse método é bastante utilizado na análise ergonômica de posturas, atividades e postos de trabalho (CAPELETTI, 2013).

O método RULA é baseado em uma avaliação dos membros superiores e inferiores, para tanto o corpo foi dividido em dois grupos (A e B). O grupo A é constituído pelos membros superiores, ou seja, braços, antebraços e punhos. Já o grupo B é representado pelo pescoço, tronco, pernas e pés (CAPELETTI, 2013). A análise dos grupos A e B acontece por meio de códigos posturais que variam entre 1 e 6.

Cabe ao investigador, a observação das posturas do operador e o seu dimensionamento para um dos códigos descritos pelo método e apresentados na Tabela 1. De forma que o sinal positivo (+) indica angulação posterior ao corpo e o sinal negativo (-) a angulação anterior ao corpo.

**Tabela 1.** Detalhe das posturas dos grupos A e B, de acordo com seus referidos códigos

Códigos	1	2	3	4	5	6
Braço	20°+	± 20° ou +20°	20°- 45° +	90°+		
Antebraço	0° - 60°	60°- 100°	100° +			
Punho	0°	15°-15	15°+	15°+		
Rotação do Punho	0°, Rotação média	Rotação externa				
Pescoço	Extensão	0°- 10°	10°-20°	20°+		
Tronco	0°	0°-20°	20°-60°	60°+		
Pernas	Pernas e pés bem apoiados e equilibrados	Pernas e pés não estão corretamente apoiados e equilibrados				
Atividade (Grupo A e B)	Sem carga ou menor que 2 kg intermitentes	Carga entre 2 e 10 kg intermitentes	Carga entre 2 e 10 kg estática ou repetitiva	Carga superior a 10kg intermitentes	Carga superior a 10 kg intermitentes ou estática	Há força brusca e ou repetitiva

A avaliação foi feita de forma indireta, ou seja, através de um vídeo onde foram extraídas imagens da postura do operador a cada 5 segundos gerando 104 posturas.

Após a avaliação do grupo A e B, tendo em vista as angulações entre os

membros e o corpo, as codificações posturais são alocadas em uma pontuação (1 a 7) que define sua categoria (1 a 4) seguida de uma indicação de intervenção em diferentes escalas de tempos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Pontuação, categoria e intervenção definidas pelo método RULA

Pontuação	Categoria	Intervenções
1 ou 2	1	Postura aceitável.
3 ou 4	2	Deve-se realizar uma observação. Podem ser necessárias mudanças.
5 ou 6	3	Deve-se realizar uma investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
7	4	Devem ser introduzidas mudanças imediatamente.

Ademais, foi calculada a média ponderada das categorias de ação das posturas obtidas durante a derrubada semimecanizada da *Mimosa tenuiflora* (MART.) Benth pelo auxílio da Equação 1.

$$\bar{X} = \frac{(C_1 * R_1) + (C_2 * R_2) + \dots + (C_n * R_n)}{Np} \quad (1)$$

Em que:  $\bar{X}$ , Categoria de ação média;  $C_i$ , Categoria de ação no nível  $i$ ;  $R_i$ , Repetição do nível  $i$ ; e  $Np$ , Número de posturas encontradas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas 104 posturas e condensadas em dez codificações, apresentadas na Tabela 3. As seis primeiras se tratam das posturas mais repetidas durante a atividade e as

quatro últimas correspondem aquelas com pior categoria de ação.

A codificação 334121121 foi a postura que mais se repetiu e se enquadra na categoria 2, indicando a necessidade de realizar uma observação, além de destacar que mudanças podem ser necessárias.

Em relação aos membros superiores e inferiores, os braços se encontram com angulação posterior ao corpo entre 20° e 45°+, antebraços inclinados 100°+, punho posicionado 15°+, rotação do punho com angulação média, pescoço entre 0° e 10°+, tronco entre 0° a 20°+, com pernas bem apoiadas e equilibradas além de carga

exercida pelo grupo A, entre 2 a 10 kg, que neste caso se refere ao peso da motosserra. Já o grupo B, se apresenta sem carga ou com carga inferior a 2 kg intermitentemente (Figura 1).

**Tabela 3.** Dados posturais obtidos através da análise da derrubada segundo método RULA.

Código	Categoria	Repetição	Porcentagem
334121121	2	8	7,69
214131121	2	6	5,77
324143121	3	5	4,81
221133121	2	4	3,85
214123121	2	3	2,88
211132121	2	3	2,88
321144121	3	2	1,92
334143121	3	1	0,96
324144121	4	1	0,96
334143121	4	1	0,96
Média		2,24	



**Figura 1.** Postura referente ao código 334121121.

A mesma difere da segunda postura mais repetida (2141131121), apenas em relação ao código referente aos braços que se comportaram de forma a possuírem angulações entre 20° posteriores ou anteriores ao corpo (2), ao antebraço (1) configurando angulação entre 0° e 60°+ e ao pescoço que pode variar positivamente entre 10° e 20° (3).

Já a terceira codificação mais representativa (324143121), se diferencia da primeira em relação aos códigos referentes ao antebraço 2 indicando angulação entre 60° e 100° posteriores ao corpo além do código do pescoço aqui diagnosticado com angulação de 20° + 4 e no que concerne ao tronco que se apresenta com angulação entre 20° e 60° + código 3.

Considerando uma jornada diária de trabalho como 480 min, o operador se manteria neste posicionamento por 36,9 minutos.

Segundo Paschoarelli et. al (2008), para o antebraço, amplitudes de até 45° são consideradas seguras para prono supinação porém, no caso da primeira postura, o operador se encontra com antebraço com angulação e 100°+, codificada pelo dígito (3).

Ademais, as codificações que se encontram dentro do limite de amplitude segura, dita por Paschoarelli et al

(2008), ou seja, codificadas com dígito (1) para os antebraços, são: 214131121 com 5,77% de representatividade, 214123121 e 211132121 estas com 2,88% de representatividade, todas classificadas na categoria 2, totalizando 3% da jornada de trabalho ou 14,4 minutos do total de 480 minutos.

No que se refere aos punhos, Paschoarelli et al (2008) ressalta que angulações entre 10° e 15° de flexo-extensão são consideradas seguras para o operador. Sendo assim, a angulação com a codificação (4) que aponta 15°+ para os punhos foi diagnosticada na primeira postura (334121121), na segunda (2141131121), terceira (324143121), quinta (214123121) além da oitava (334143121), nona (324144121) e décima postura (334143121) descritas aqui de acordo com seu grau de representatividade, respectivamente, se encontraram dentro do limite considerado seguro pelo referido autor.

Ao todo, ao se considerar uma jornada de trabalho de 480 minutos, o operador se manteria com os pulsos na angulação codificada pelo dígito (4) por 70% do período, totalizando exatos 336 minutos.

Todas as posturas condensadas na Tabela 3, se mostraram com os pés e pernas codificadas com dígito (1) que

significa os pés e pernas bem apoiados e bem equilibradas.

Deve-se notar que apenas as duas posturas mais repetidas (334121121 e 214131121) se encontraram com o tronco ereto codificada pelo dígito (1) totalizando somente 9,6 minutos da jornada de trabalho. Para mais, apenas a postura 211132121 se enquadrou com angulação entre 0° e 20° para o troco, dígito (2), ou seja, o operador se manteria com troco nesta inclinação por 4,8 minutos da jornada de trabalho considerada.

Além disso, são cinco as posturas em que o tronco se encontra com angulação codificada pelo dígito (3), entre 20° e 60°+, resultam em 24 minutos de 480 min e duas posturas foram codificadas pelo dígito (4) para os troncos, indicando angulação dos mesmos de 60°+.

Segundo Másculo e Vidal (2011), quanto mais fechado for o ângulo entre o tronco e as coxas, maior será a pressão dentro dos discos. Desta forma, as posturas que se encontram com angulação dos troncos de 60°+, dígito (4), são as mais preocupantes.

Sobre o pescoço, apenas duas posturas foram avaliadas com angulação entre 0° e 10°+. Além disso, três posturas se mantiveram com angulação prescrita pelo dígito (3), ou seja, entre 10° e 20°+ e cinco posturas, portanto, a maioria, foram

codificadas pelo dígito (4) indicando inclinação do pescoço em 20°+.

Para Másculo e Vidal (2011), angulações que promovem o pescoço inclinado para frente causa desconforto, uma vez que promove uma sobrecarga nos ligamentos e articulações da região. Além disso, os mesmos ainda ressaltaram que conforme a angulação da cabeça para frente aumenta, cresce o desconforto no pescoço (MÁSCULO; VIDAL, 2011).

As posturas 324144121 indicando braços com angulação entre 20° e 45°+, antebraços com angulação entre 60° e 100°+, punhos com 15°+, rotação dos punhos média, pescoço inclinado positivamente 20°, tronco com angulação de inclinação de 60°+ pernas e pés bem apoiados e equilibrados além de carga do grupo A entre 2 e 10 kg intermitente e em relação do grupo B, o operador se encontra sem carga ou com carga inferior a 2 kg intermitente.

Ademais, a codificação 334143121, difere da postura descrita acima, apenas em relação a angulação do antebraço sendo que aqui, a mesma é 100°+ e em relação ao tronco codificado aqui pelo dígito (3), ou seja, entre 20° e 60° de inclinação se enquadram na categoria 4 indicando que devem ser introduzidas mudanças imediatamente, totalizando cada uma, 7 pontos.

#### 4. CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados obtidos, conclui-se que as posturas nas quais o antebraço é descrito pelo dígito (2) indicando angulação entre 60° e 100°+ e pelo dígito (3) angulação de 100°+, devem ser modificadas imediatamente.

Além disso, devem ser modificadas o quanto antes as posturas em que o pescoço não se encontra descrito pelo dígito (2).

Considerando que as posturas 324144121 e 33414312 foram classificadas na categoria 4, sendo assim, é fundamental sua mudança imediata.

#### 5. REFERÊNCIAS

- CAPELETTI, B. H. G. M. **Aplicação do método RULA na investigação da postura adotada por operador de balanceadora de pneus em um centro automotivo.** 19 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2013.
- COELHO, M.; LIMA, D. S. S.; FONSECA, G. C. Condições de saúde e trabalho na extração florestal manual em terrenos montanhosos. **Revista Ação Ergonômica**, v. 12, n. 1, 2017.

IIDA, L.; BUARQUE, L.  
**Ergonomia: projeto e produção.** 2016. Editora Blucher, 2 ed. 2016.

International Ergonomics Association (IEA). Disponível em: <www.iea.cc>. Acesso em: 18 de agosto de 2019.

KLIEMANN, M. P.; DOS SANTOS FERREIRA, M. Análise ergonômica do trabalho em célula de produção de componentes automotivos: abordagem top-down e bottom-up. **Revista da Graduação**, v. 3, n. 1, p.3, 2015.

MATTOS, D. L., TEIXEIRA, L. A. F., MERINO, E. A. D., & DA SILVA JÚNIOR, O. F. P. Quick Kaizen de ergonomia: um estudo de caso em uma indústria do segmento automobilístico. **Journal of Lean Systems**, v. 1, n. 3, p. 69-78, 2016.

PASCHOARELLI, L.C., DE OLIVEIRA, A.B., GIL COURY, H.J.C. Assessment of the ergonomic design of diagnostic ultrasound transducers through wrist movements and subjective evaluation. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 38, n. 9-10, p. 999-1006, 2008.

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C.  
**Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente.** 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

FIGUEIREDO, A. P. M. **Ergonomia na colheita florestal semi-mecanizada e mecanizada: revisão de literatura.** 09 f. Trabalho de conclusão de curso. (Pós-graduação em Gestão Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016

# AValiação DE VIBRAÇÃO NO ASSENTO DE TRATORES UTILIZANDO ACELERÔMETROS TRIAXIAIS

Juliano DEPOI<sup>1</sup>; Catize BRANDELEIRO<sup>2</sup>; Valmir WERNER<sup>2</sup>; José Fernando SCHLOSSER<sup>2</sup>; Francieli de VARGAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UFSM/PPGEA, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – juliano.depoi@hotmail.com

<sup>2</sup> UFSM/DER, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – catizebrandelero@gmail.com; valmirw1@gmail.com; josefernandoschlosser@gmail.com

<sup>3</sup> UFSM/PPGEF, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – devargasfrancieli@gmail.com

E-mail para correspondência: [laboratoriomecaniza@gmail.com](mailto:laboratoriomecaniza@gmail.com) - Nº 04/2019

## Resumo

Atualmente são poucos os estudos que quantificam os níveis de exposição à vibração mecânica em operadores de máquinas florestais. O método para mensurar essa exposição impacta diretamente na saúde do trabalhador, bem como, no seu desempenho em executar suas tarefas. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar métodos de avaliação e os efeitos da vibração nos operadores de tratores, em seus postos de trabalho. Foram consideradas as produções científicas nacionais e internacionais dos últimos 20 anos, que utilizaram o acelerômetro triaxial. Destas, foram selecionados 23 trabalhos científicos, porém, somente 15 utilizaram a metodologia esperada. Nestes, foi identificado a importância em realizar a adequação da pressão interna dos pneus, ajuste de velocidade da operação e uniformidade da distribuição da massa do trator. Ainda, evidenciou-se a necessidade de ampliar as mensurações de vibração em diferentes condições de operação, assim como, testar os diferentes sistemas de atenuação da vibração.

**Palavras-chave:** Ergonomia; Posto de trabalho; Máquinas.

## Abstract

There are currently few studies that quantify the levels of mechanical whole body vibration exposure in forest machine operators. The method for measuring this exposure impacts directly on workers' health, as well as on their performance in performing their tasks. Thus, the objective of this was to identify evaluation methods and the effects of vibration on tractor operators in their workplaces. We considered the national and international scientific productions of the last 20 years, which used the triaxial accelerometer. Of these 23 scientific papers were selected, but only 15 used the expected methodology. In these, it was identified the importance to perform the internal tire pressure adequacy, operation speed adjustment and uniformity of tractor mass distribution. Moreover, it was evidenced the need to extend vibration measurements under different operating conditions, as well as to test the different vibration attenuation systems.

**Keywords:** Ergonomics; Workstation; Machines

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de máquinas pode provocar ao homem esforços e posturas inadequadas. Assim, o trabalho do homem desenvolvendo uma determinada atividade, pode trazer consequências prejudiciais ao seu corpo, pela exigência física.

O cenário florestal brasileiro encontra-se em pleno desenvolvimento. Logo, a mecanização está sendo intensificada nas operações.

Assim, existe a probabilidade de um trabalhador sofrer dano resultante de suas atividades profissionais, o que é denominado risco ocupacional. Estes ocorrem pela exposição dos trabalhadores durante o exercício do seu trabalho.

Tomando, por exemplo, as principais exposições ocupacionais a que estão envolvidos os operadores na colheita florestal pode-se citar: as variações de temperatura (calor e frio), a iluminação do ambiente, a exposição a agentes químicos, agentes físicos (ruídos, vibrações), entre outras.

As atividades dos operadores destas máquinas são realizadas no posto de condução. Para tanto, é importante a aplicação de critérios ergonômicos que permitam estabelecer a adequada adaptação dos componentes do sistema

máquina-homem. Portanto é necessário considerar as características dos operadores e do trabalho que estes realizam, para gerar conforto e segurança na tarefa, proporcionando melhores condições de trabalho.

Para Lida (2005), a ergonomia é o estudo sobre o relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente. Numa situação ideal, a ergonomia deve ser aplicada às etapas iniciais do projeto de uma máquina, ambiente ou local de trabalho, visando sempre o conforto e segurança do operador. A ergonomia é vista pela ABERGO (2017) como uma forma de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

No âmbito ergonômico, a vibração compreende qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo, podendo ser regular, do tipo senoidal, ou irregular, quando não segue nenhum padrão determinado (IIDA, 2005). Santos (2002) definiu que a vibração consiste de um ponto material ou um corpo que oscila em torno de uma posição de equilíbrio. Salaria ainda, que estas vibrações são indesejáveis devido ao aumento das perdas de energia que as acompanham, sendo importantes, a eliminação ou a redução destas, através de projetos adequados.

No Brasil, ainda são poucos os estudos que quantificam os níveis de exposição à vibração mecânica de corpo inteiro com máquinas florestais. Este trabalho teve como objetivo apresentar pesquisas realizadas, nos últimos 20 anos, com relação aos efeitos do fenômeno da vibração nos operadores de tratores em seus postos de trabalho.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar a revisão da literatura, considerou-se o período compreendido entre 1999 e 2019. A pesquisa buscou trabalhos publicados na literatura nacional e internacional, com foco na exposição à vibração de corpo inteiro nos operadores de tratores.

As plataformas de trabalhos científicos *Science Direct*, Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e *Scielo (Scientific Electronic Library Online)*, foram as bases consultadas para realizar a coleta de dados, fazendo uso das seguintes palavras chave: vibração, assento; trator florestal (*vibration; assent; forest tractor*).

A seleção foi realizada a partir da leitura dos artigos, dissertações e teses. Selecionou-se somente a literatura que fez uso, em sua metodologia, do aparelho acelerômetro triaxial, tendo como base os

três eixos ortogonais (x, y e z) para mensurar a exposição à vibração de corpo inteiro no assento de tratores.

Após a leitura foram selecionadas as variáveis a serem observadas e computadas. Essas foram organizadas em planilha eletrônica, seguida da análise descritiva das mesmas.

## 3. RESULTADOS

Após a leitura dos trabalhos foram selecionadas as normas citadas para medir e avaliar o grau de severidade da vibração no corpo humano. No Quadro 1 estão listadas as Normas técnicas internacionais e Normas Regulamentadoras nacionais usadas para analisar este tema.

Estes trabalhos basearam-se em normas internacionais como: ISO 2631-4/2001 para corpo inteiro e ISO 8041:1-2017 para instrumentação. Para o Brasil, a Norma Regulamentadora (NR) 15/2017, Anexo 08, faz referência a estas normas para a comprovação, ou não, da exposição a esse agente para a caracterização da insalubridade.

Por meio da leitura e interpretação das normas citadas, são apresentados os valores de aceleração admissível, durante o turno de trabalho. Caso este valor estipulado na norma seja ultrapassado durante a realização da

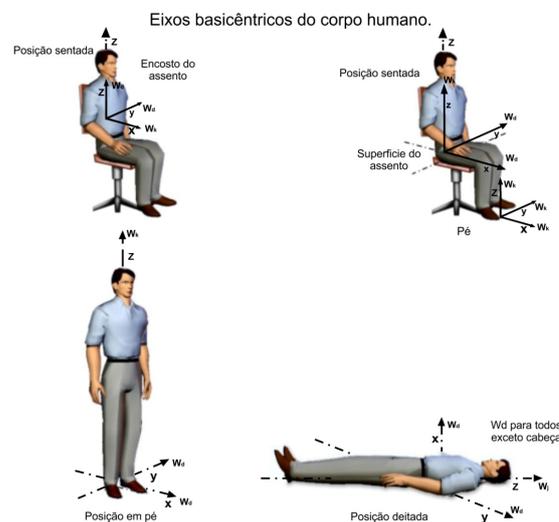
tarefa, o ambiente de trabalho é considerado insalubre.

**Quadro 1.** Descrição das normas utilizadas para medir e avaliar o grau de severidade da vibração no corpo humano

Nome	Descrição	Ano
ISO 2631-4 <i>International Organization for Standardization</i>	Discrimina os critérios de aceitação em função da direção e tipo de perturbação	2001
Norma de Higiene Ocupacional NHO 09	Avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro: procedimento técnico	2013
NBR ISO 5008	Tratores agrícolas de rodas e máquinas de campo-medição da vibração transmitida ao corpo inteiro do operador	2015
ISO 8041:1 - 2017	Possibilitar a consistência e a compatibilidade dos resultados para a obtenção da reprodutividade das medições com o uso de diferentes equipamentos	2017
NR 15 - Anexo 08	Atividades e operações insalubres	2017

Para mensurar os valores admissíveis, faz-se uso de equipamentos de medição de vibração (transdutores, amplificadores, e detector-indicador de sinal com características metrológicas controladas). Estes são posicionados na

interface entre a região do corpo e a superfície vibrante coletando, dessa forma, os dados nos três eixos ortogonais  $x$ ,  $y$  e  $z$  (Figura 1).



**Figura 1.** Sistemas de coordenadas basicêntricas de corpo inteiro.

Fonte: Adaptado de Vendrame (2006).

Quanto a vibração em assentos de tratores é possível caracterizá-las para o corpo inteiro durante o uso. Ribas et al. (2014) explica que as leituras da exposição a vibrações podem ser realizadas com uso de um suporte circular semi-rígido para o posicionamento do acelerômetro na superfície de contato assento-operador, configurado na posição média, relativa à pressão de mola e altura.

No Quadro 2 são destacadas informações referentes as pesquisas analisadas.

**Quadro 2.** Trabalhos científicos que avaliaram a exposição à vibração com o uso de acelerômetro triaxial<sup>1</sup>

<b>Autor</b>	<b>País</b>	<b>Máquinas</b>	<b>Nº Ac</b>	<b>Nº Pa<sup>1</sup></b>
Filho et al. (2003)	Brasil	Trator agrícola	2	2
Sherwin et al. (2004)	Irlândia	<i>Harvester</i>	1	1
Rehn et al. (2005)	Suécia	<i>Forwarder</i>	1	2
Burström et al. (2006)	Suécia	<i>Harvester</i>	9	3
Franchini et al. (2007)	Brasil	Trator agrícola	2	2
Cation et al. (2008)	Canadá	<i>Skidder</i>	2	2
Melemez e Tunay (2010)	Turquia	Tratores agrícolas adaptados carregadores florestais	1	1
Richter et al. (2012)	Brasil	Trator agrícola	2	3
Ribas et al. (2014)	Brasil	Trator agrícola	1	1
Souza et al. (2015)	Brasil	Escavadora hidráulica	1	1
Almeida et al. (2016)	Brasil	<i>Feller – Buncher; Skidder; Garra traçadora</i>	1	1
Hägström et al. (2016)	Croácia	<i>Forwarder</i>	3	2
Jankovský et al. (2016)	Eslováquia	<i>Harvester Forwarder</i>	1	3
Adam e Jalil (2017)	Malásia	Trator agrícola	3	3
Deboli et al. (2017)	Itália	Trator agrícola	2	2

Legenda: <sup>1</sup>Em relação ao número de pontos amostrais, foram contabilizados apenas os diferentes locais onde o acelerômetro era posicionado para realizar a avaliação de exposição de vibração; Nº Ac: Nº de acelerômetros; Nº Pa: Nº de pontos amostrais.

Para ampliar a análise de cada trabalho citado, foram descritos pontos relevantes sobre a temática. Assim, nas avaliações de Melemez e Tunay (2010) em 145 operações de carregamento florestal, determinaram os fatores mais importantes que afetam o valor total de vibração transmitido ao operador do trator. Estes foram: o tipo de máquina, a condição de irregularidades do solo, o tipo de terreno, a pressão interna dos pneus, a condição do assento e o peso do operador.

Nas avaliações de vibração em tratores florestais de baldeio, Rehn et al.

(2005) destacam que as maiores magnitudes e variações foram alcançadas durante as atividades de deslocamento. Estas são influenciadas pelo operador, modelo de carregador, tipo de terreno e condições da carga (vazio e carregado). A redução da vibração pode ser obtida através da seleção de máquinas e adequação do microplanejamento das operações.

Ainda, Almeida et al. (2016), realizaram a avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro em seis operadores de tratores florestais, durante a operação sobre

resíduos, por aproximadamente 20 minutos para cada operador. Constataram que a tarefa é complexa e demanda mesma postura. Destacam negativamente que a vibração é recebida durante aproximadamente 75% da jornada. Também, ocorre exigência cognitiva e motora, com movimentos de mãos e punhos simultâneos, assimétricos, curtos e leves, com alto índice de repetitividade.

Burström et al. (2006) realizaram ensaios na tentativa de padronizar a vibração em uma colhedora de madeira. Os acelerômetros foram montados na base da grua do *harvester*, assento do operador e no chão da cabine. A transmissibilidade de vibrações da base da grua para o assento foi inferior a 9%. A vibração transmitida da grua para o piso da cabine foi maior do que a transmitida do chão da cabine para o assento. A menor transmissão de vibrações ocorreu no eixo z.

Os efeitos da exposição de vibração no trator florestal *forwarder* foram avaliados por Häggström et al. (2016). As leituras foram realizadas no chão, perto do centro da cabine, em frente ao assento. Os ciclos operacionais e os tipos de equipamentos da grua, apresentaram pouco ou nenhum efeito sobre a exposição diária à vibração mecânica

em relação à saúde do operador. Não foi encontrada indicação de que os impactos no empilhamento da madeira tenham contribuído, significativamente, para as vibrações do tipo choque que se supõe serem associadas a dores de pescoço e braço. Assim, continua-se a suposição de que se originam do deslocamento sobre terreno irregular. Os autores inferem que o uso de cabo auxiliar para estabilizar a máquina pode tornar o ambiente de trabalho do operador mais relaxado e confortável.

Na avaliação da influência da pressão interna do pneu na transmissibilidade da vibração ao operador de uma colhedora de madeira em operação, Sherwin et al. (2004) avaliaram três medidas para cada um dos pneus e diferentes configurações de pressão. A insuflagem dos pneus teve influência significativa sobre os níveis de vibração no operador. As máquinas devem, portanto, ser operadas nas menores pressões interna dos pneus, em combinação segura de carga de pneu, pressão de insuflagem e velocidade, para assim, melhorar o conforto do operador. Para exemplificar, a variação da pressão dos pneus de 414 a 138 kPa, no eixo z, reduziu em 55% o nível de aceleração (rms) ponderado no banco do operador. Na configuração de maior pressão apontaram risco

potencial na saúde do operador para exposições de 8 horas de duração.

Cation et al. (2008) avaliaram sete *skidders* operando em áreas da floresta boreal. O posicionamento dos transdutores fora no assento e no chassi, com coleta de dados durante 40 minutos de forma contínua em cada trator. Como resultado, os operadores de *skidder* excederam os níveis de exposição à vibração de corpo inteiro, delineados nas diretrizes de precaução da saúde, para um período de 4 horas por dia de trabalho, foi considerado como “desconfortável”.

Em estudo de Jankovský et al. (2016), verificaram as medidas de exposição a vibrações do corpo inteiro na operação de *harvester* e *forwarder*. Utilizaram três medidas de 30 minutos, para garantir uma amostra durante um ciclo de operação, durante 10 turnos de trabalho. Seus resultados indicam que a vibração no assento dos tratores estava abaixo dos valores limites estabelecidos pela legislação internacional.

Na pesquisa com tratores agrícolas, Richter et al. (2012) avaliaram o nível de vibração posicionando os sensores no encosto e no assento. Foi testado sob condições de campo (em uma área sem obstáculos), sobre pavimentação de asfalto e estrada rural. As coletas tiveram duração de,

aproximadamente, 60 segundos em cada condição e local avaliado. Os resultados indicaram menores níveis de aceleração no assento comparado aos da base.

Igualmente Filho et al. (2003) avaliaram a vibração em trator agrícola no assento e na base, utilizaram três diferentes velocidades do conjunto trator implemento, durante 60 segundos para cada velocidade. O teste foi realizado a campo, em área plana, sem obstáculos e declives. Os resultados indicaram considerável redução dos níveis de aceleração, na parte superior do assento, para as três velocidades testadas, mostrando a eficiência de amortecimento do assento. Porém os valores de aceleração calculados estavam acima dos limites determinados para exposição de 4 horas de trabalho.

Por outro lado, Adam e Jalil (2017) estudaram a vibração de corpo inteiro no assento de suspensão vertical de um trator agrícola em operação de corte de pasto e em estrada rural. Os sensores foram locados no piso do veículo e interface do assento do operador. Os valores calculados no assento sugeriram que a suspensão tenha um efeito mínimo em atenuar a vibração transmitida à pessoa.

Em avaliações realizadas por Franchini et al. (2007) no assento de um trator agrícola, estudaram a magnitude da vibração vertical e a transmissibilidade do assento. Utilizaram três diferentes pressões de insuflagem nos quatro pneus, sendo: 179 kPa, 138 kPa e 96 kPa. Os resultados obtidos demonstraram que houve influência das pressões de insuflagem dos pneus, bem como, da velocidade de deslocamento nas vibrações transmitidas ao operador.

No trabalho realizado por Ribas et al. (2014), com tratores agrícolas equipados com pneus radiais, consideraram os níveis de vibração referenciados pela Norma ISO 2631. Os autores destacam que fatores podem contribuir para minimizar as vibrações incidentes no operador, como o apoio para os braços e o revestimento estofado. Como resultante a direção longitudinal (eixo x) foi a que proporcionou ao operador os maiores valores de acelerações RMS.

Deboli et al. (2017) posicionaram os acelerômetros no chão da cabine, sob a fixação e na superfície do assento do operador. Destacam que os dados de transmissibilidade ao longo das três direções, a velocidade de avanço e a superfície onde se deslocou, foram os principais parâmetros que influenciaram

nos resultados. Os autores destacam que as suspensões dos assentos servem para atenuar as vibrações no eixo z. Além disso, sua eficácia é limitada às circunstâncias quando a frequência de aceleração de entrada (cabine) é maior do que a frequência natural do sistema de suspensão do assento.

Souza et al. (2015) avaliaram a vibração na operação de terraplanagem de uma escavadora. O acelerômetro foi fixado junto ao assento. Os autores descrevem que o conforto se deve ao sistema de amortecimento da cabine, a qual está montada sobre coxins, hidráulicos e do sistema de amortecimento do assento. Observaram que o agente físico da vibração teve maior efeito no eixo z (pés à cabeça) sendo minimizado pelos conjuntos de amortecimento na base do assento.

#### 4. CONCLUSÃO

É imprescindível que sejam realizadas mensurações no ambiente de trabalho, buscando verificar o nível de vibração existente e seus prováveis efeitos sobre a saúde dos trabalhadores, norteando, assim, políticas adequadas de proteção e prevenção.

Em avaliação conjunta dos trabalhos observou-se que a vibração é

um agente nocivo presente em várias atividades do cotidiano do operador de tratores, podendo gerar efeitos graves sobre o corpo humano. Os estudos apontam que estes efeitos podem causar: visão turva, perda de equilíbrio, falta de concentração e, até mesmo, danos permanentes de determinados órgãos do corpo, podendo atuar com efeito fisiológico e psicológico Gerges (1992).

Dessa maneira, estes estudos buscam alternativas para reduzir a vibração. Incluem-se, nesse contexto, soluções ergonômicas como da aquisição de máquinas, ferramentas ou equipamentos com baixos níveis de vibração, para assim, preservar a saúde dos operadores. Também, é importante a adequação da calibragem dos pneus, ajuste de velocidade e estabilidade da máquina.

## 5. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Ergonomia - ABERGO Disponível em: <[http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o\\_que\\_e\\_ergonomia](http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia)>. Acesso em 08/08/2019.
- ADAM, A. S.; JALIL, A. A. N. Vertical Suspension Seat Transmissibility and Seat Values for Seated Person Exposed to Whole-body Vibration in Agricultural Tractor Preliminary Study. **Procedia Engineering**, v. 170, p. 435-442, 2017.
- ALMEIDA, S. F.; ABRANHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A. Evaluation of occupational exposure to whole body vibration in forest harvester machines. **Cerne**, v. 21, n. I; p. 1-8, 2016.
- BURSTRÖM, L.; NORDFJELL, T.; WÄSTERLUND, I.; TABEII, L. Attempts to Standardise Vibration Measurements in a Single-Grip Harvester. **Journal of low frequency noise, vibration and active control**, v. 25, n. 1, p.107-118, 2006.
- CATION, S.; JACK, R.; OLIVER, M.; DICKEY, J.; LEE-SHEE, N.; K. Six degree of freedom whole-body vibration during forestry skidder operations. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p. 739-757, 2008.
- DEBOLI, R.; CALVO, A.; PRETI, C. Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 58, p. 69-78, 2017.
- FILHO, P. F. S.; FERNANDES, H. C.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, A. P.; CAMILO, A. J. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus

utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 6, p. 887-895, 2003.

FRANCHINI, D. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola**. Dissertação de Mestrado, Santa Maria, UFSM, 2007.

FUNDACENTRO. (NHO-09). 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/4/nho-09-procedimento-tecnico-avaliacao-da-exposicao-ocupacional-a-vibracao-de-corpo-inteiro>>. Acesso em: 08/08/2019.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: fenômenos e controle**. Florianópolis, SC: UFSC 660 p. 1992.

HÄGGSTRÖM, C.; ÖHMAN, M.; BURSTRÖM, L.; NORDFJELL, T.; LINDROOS, O. Vibration exposure in Forwarder work: Effects of Work Element and Grapple Type. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 37, p. 107-118, 2016.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. revisada e ampliada. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005. 630 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631-4: 2001**. Mechanical vibrations and shock-

Evaluation of human exposure to whole body vibration - Part 4: General requirements. 2001.

\_\_\_\_\_. **ISO 8041:1-2017** Human Response to Vibration - Measuring Instrumentation, Geneva, 106 p. 2017. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8041:-1:ed-1:vl:en>>. Acesso em: 08/08/2019.

JAMKOVSKÝ, M.; MESSINGEROVÁ, V.; FERENCÍK, M.; ALLMAN, M. Objective and subjective assessment of selected factors of the work environment of forest harvesters and forwarders. **Journal of Forest Science**, v. 62, p. 8-16, 2016.

MELEMEZ, K.; TUNAY, M. An ergonomic evaluation on whole-body vibration of loading tractors in Turkish forestry. **Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment**, 2010.

**NBR ISO 5008:2015**. Tratores agrícolas de rodas e máquinas de campo -Medição da vibração transmitida ao corpo inteiro do operador. 2015.

**NR-15**. Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 15. 1. ed. Brasília: MTE, SIT, 2011.

RIBAS, R. L.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; FARIAS, M. S.; RODRIGUES, F. A. Exposição humana a vibrações de corpo inteiro

em um trator agrícola com pneus radiais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1589-1595, 2014.

RICHTER, T. **Avaliação do nível de exposição à vibração em operadores de tratores: um estudo de caso para vibrações de corpo inteiro e sistema de mão-braço**. Monografia, Porto Alegre, UFRGS, 2012.

REHN, B.; LUNDSTRÖM, R.; NILSSON, L.; LILJELIND, I.; JÄRVHOLM, B. Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles—aspects on measurement strategies and prevention. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 831-842, 2005.

SANTOS, P. F. **Avaliação dos níveis de ruído e vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dado**. 2002. 62 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SOUZA, F. R. **Avaliação da exposição à vibração e do espaço envolvente do operador de escavadeira hidráulica com enfoque na ergonomia e segurança**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ergonomia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SHERWIN; L. M.; OWENDE, P. M. O.; KANALI, C. L.; LYONS, J.; WARD, S. M. Influence of tyre inflation pressure on whole-body vibrations transmitted to the operator in a cut-to-length timber harvester. **Applied Ergonomics**, v. 35, p. 253-261, 2004.

VENDRAME, A. C. **Vibração ocupacional**. 2006. Disponível em: <[http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes\\_vendrime.pdf](http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrime.pdf)>. Acesso em: 08/08/2019.

# CAPACETES DE SEGURANÇA COM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO BLUETOOTH EM OPERAÇÕES DE COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL

Kauê Augusto Oliveira NASCIMENTO<sup>1</sup>; Larissa Ferreira de LIMA<sup>2</sup>; Verônica Satomi KAZAMA<sup>3</sup>; João Victor FERREIRA<sup>4</sup>; Renato Cesar Gonçalves ROBERT<sup>5</sup>

<sup>1,3</sup> Universidade Federal do Paraná, Av. Lothário Meissner, 700, CEP 80210170, Curitiba, Paraná, Brasil – [kaue.a.o.nascimento23@gmail.com](mailto:kaue.a.o.nascimento23@gmail.com); [veronica.kazama@gmail.com](mailto:veronica.kazama@gmail.com)

<sup>2,4</sup> Universidade Federal do Paraná Av. Lothário Meissner, 700, CEP 80210170, Curitiba, Paraná, Brasil – [larissaferreiralima94@gmail.com](mailto:larissaferreiralima94@gmail.com); [joaovf.99@gmail.com](mailto:joaovf.99@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal do Paraná, Av. Lothário Meissner, 700, Departamento de Ciências Florestais, CEP 80210170, Curitiba, Paraná, Brasil – [renatorobert@hotmail.com](mailto:renatorobert@hotmail.com)

E-mail para correspondência: [kaue.a.o.nascimento23@gmail.com](mailto:kaue.a.o.nascimento23@gmail.com) - Nº 05/2019

## Resumo

Nos últimos anos, as questões ligadas à organização e aos fatores psicossociais do trabalho têm sido intensivamente estudadas devido ao advento das novas tecnologias e sistemas de produção e principalmente, por serem responsáveis por transtornos à saúde do trabalhador. Aspectos organizacionais como a comunicação, podem ter grande impacto no rendimento das operações, o que justifica a realização deste estudo. Este estudo tem o objetivo de investigar o uso do sistema de comunicação *bluetooth* (BT-COM) por meio dos capacetes de segurança e seus efeitos no desempenho e dinâmica do trabalho. O estudo foi realizado em plantios de *Eucalyptus spp* que utiliza um método misto de colheita florestal (motoserra + trator guincho). Foi realizado estudo de tempos e movimentos e análise qualitativa do trabalho com uso do sistema. Não houve diferenças estatísticas ao nível de probabilidade estabelecida de 5% no desempenho e dinâmica do trabalho. A análise qualitativa demonstrou impacto positivo no bem-estar laboral, ergonomia e segurança dos trabalhadores. Concluiu-se que o sistema impacta positivamente a ergonomia e bem-estar no trabalho, porém, não há

diferença estatística na produtividade.

**Palavras-chave:** Ergonomia; Qualidade de trabalho; Manejo Florestal.

## Abstract

Forestry operations are currently at a high level of organization and machinery. Organizational aspects such as communication can have a major impact on operations, which justifies this study. This study aims to investigate the use of BT-COM remote communication system through safety helmets and its effects on work performance and dynamics. The study carried out in *Eucalyptus spp* plantations using a mixed method of forest harvesting (chainsaw + tractor winch). A study of time and motion and qualitative analysis of the operations using the system was performed. There were no significant differences in work performance and dynamics. The qualitative analysis showed a strong positive impact on workers' welfare, ergonomics and safety. It was concluded that the system impact positively ergonomics and well being at work, but there is no difference in productivity.

**Keywords:** Ergonomics; Work Quality; Forest Management.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as operações da colheita florestal estão em um alto nível de organização e maquinário. Nos últimos anos, as questões ligadas à organização e aos fatores psicossociais do trabalho têm sido intensivamente estudadas devido ao advento das novas tecnologias, sistemas de produção e principalmente, por serem responsáveis por transtornos à saúde do trabalhador (SILVA et al., 2013). Antigamente, aspectos organizacionais como a comunicação eram utilizadas para situações de emergência ou demandas operacionais dos trabalhadores (quebra de peças, rompimento de cabo), principalmente em áreas de difícil acesso e em trabalhos isolados (USDA, 2007). Com a evolução da tecnologia e com a consequente facilidade de troca de informações, a comunicação se tornou um importante aspecto de desempenho e qualidade na melhoria de processos nas empresas florestais (UNECE-FAO, 2008). Dessa forma, este fator têm grande potencial de impacto nas operações de colheita florestal, o que justifica a realização deste estudo.

Esta pesquisa teve como objetivo investigar os efeitos do uso do sistema de comunicação via *bluetooth* na

operação de extração de madeira por meio de guinchamento. De forma específica, o estudo buscou verificar diferenças no uso desta tecnologia na produtividade, qualidade e segurança das operações.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo consiste em povoamentos de *Eucalyptus spp.* Este localizado na Fazenda São Joaquim, município de Santa Branca no estado de São Paulo. Os talhões analisados possuem declividade de 20° a 25°, com espaçamento de 3 x 2,5 m entre árvores, com altura média de aproximadamente 23 m e volume médio individual (VMI) de 0,17 m<sup>3</sup>.

As fazendas utilizam em sua extração uma equipe de operação de corte misto (corte semimecanizado + trator com guincho para extração). Para fins de pesquisa foram solicitadas a equipe a utilização de capacetes de segurança com sistema de comunicação *bluetooth* (BT-COM) por 02 semanas de trabalho. A equipe de corte misto é formada por auxiliares, tratoristas, operadores de motosserra e mecânicos.

## 2.2. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no período de 24 de outubro a 13 de novembro de 2018. As filmagens da operação foram realizadas em metade de cada jornada de trabalho (4 horas) com e sem o uso do capacete de comunicação, em uma equipe de trabalho (dois auxiliares e um tratorista), na qual cerca de 80% da equipe de colheita realizou as atividades com o uso do capacete proposto.

As filmagens foram realizadas durante toda a jornada de trabalho, para a testemunha e o tratamento com uso da tecnologia de comunicação (com e sem capacete BT-COM). No total foram registrados 72 filmes, tendo sido 36 com o uso do capacete e 36 sem. As filmagens foram utilizadas para estudo dos tempos e movimentos da operação de extração, de forma a comparar o desempenho das atividades parciais com e sem capacete BT-COM.

## 2.3. Equipamento utilizado

De acordo com o fabricante, o capacete BT-COM fornece comunicação estável e livre de interferências. Com apenas um botão multifuncional e dois botões de volume, o BT-COM pode ser operado com apenas um dedo. Com um alcance de até 150 metros entre 2 unidades e até

600 metros (local livre) entre 4 unidades e um tempo de operação de bateria de até 12 horas. A recarga da bateria é feita via USB no suporte de carregamento. Uma carga completa demora cerca de 1,5 horas e o BT-COM pode permanecer em espera por vários dias, conforme Figura 1 (PROTOS, 2018).



**Figura 1.** Capacete da marca Protos® com tecnologia BT-COM. Fonte: Protos® NZ Catalogue, 2018.

O BT-COM permite a conexão de 4 unidades BT-COM, fornecendo intercomunicação entre quatro operadores. Possui, também, a capacidade de cada unidade ser conectada simultaneamente com um telefone celular via *bluetooth*.

É possível aceitar chamadas telefônicas pressionando o botão multifuncional sem necessidade de remover o telefone do bolso. Uma vez que uma chamada telefônica de saída é

executada a partir do dispositivo de mão, a conversa pode ser realizada de mãos livres através do BT-COM (PROTOS, 2018).

A função de conferência permite que outro participante seja adicionado e a distância pode ser estendida, desde que haja uma rede móvel disponível. O microfone reduz os ruídos de fundo em até 20 dB, garantindo vozes claramente compreensíveis. Apesar de atenuados, os ruídos de fundo permanecem perceptíveis, permitindo que situações externas de perigo sejam reconhecidas. O *bluetooth* permite a comunicação livre de interferências em áreas onde há frequências de rádio (PROTOS, 2018).

#### 2.4. Análise dos dados

Os dados foram analisados estatisticamente pelo teste T de Student para dados pareados ao nível de significância de 5%, com uso do software Excel. Foi verificada a normalidade e homogeneidade dos dados ao teste de Shapiro-Wilk e probabilidade de 5%, com uso do software Past.

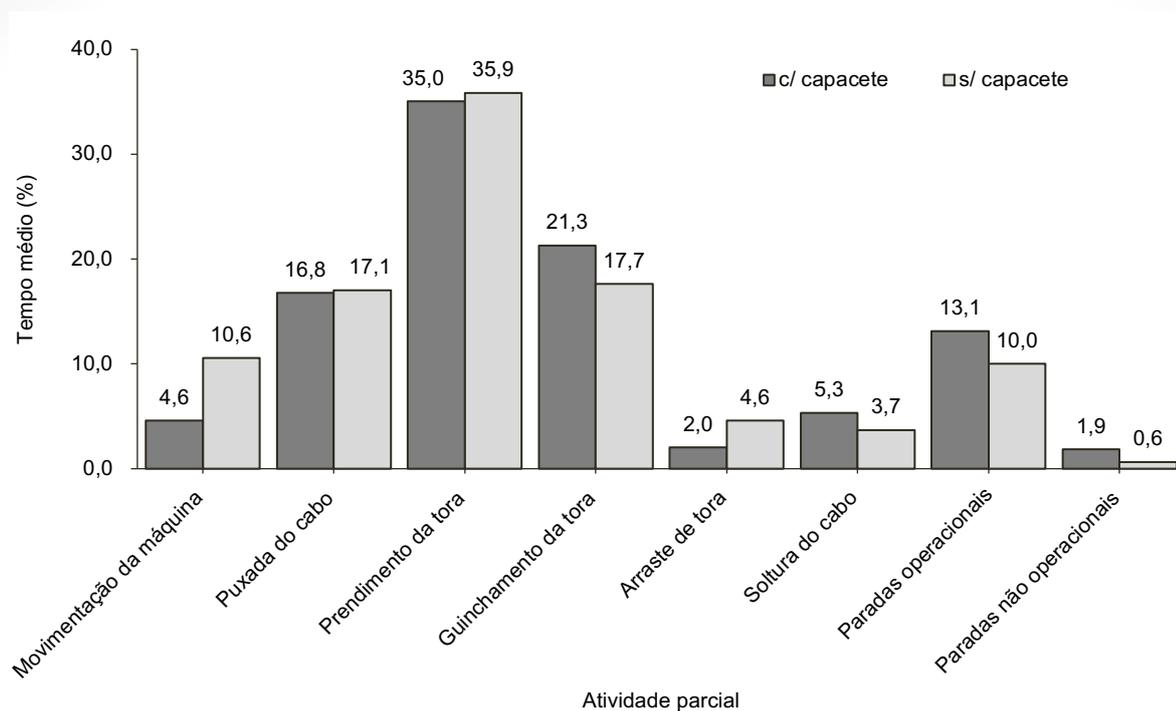
Testes t para dados pareados, para os tempos em porcentagem e para os valores médios em segundos, resultando em diferenças não significativas a 5% de nível de significância para os dois testes.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

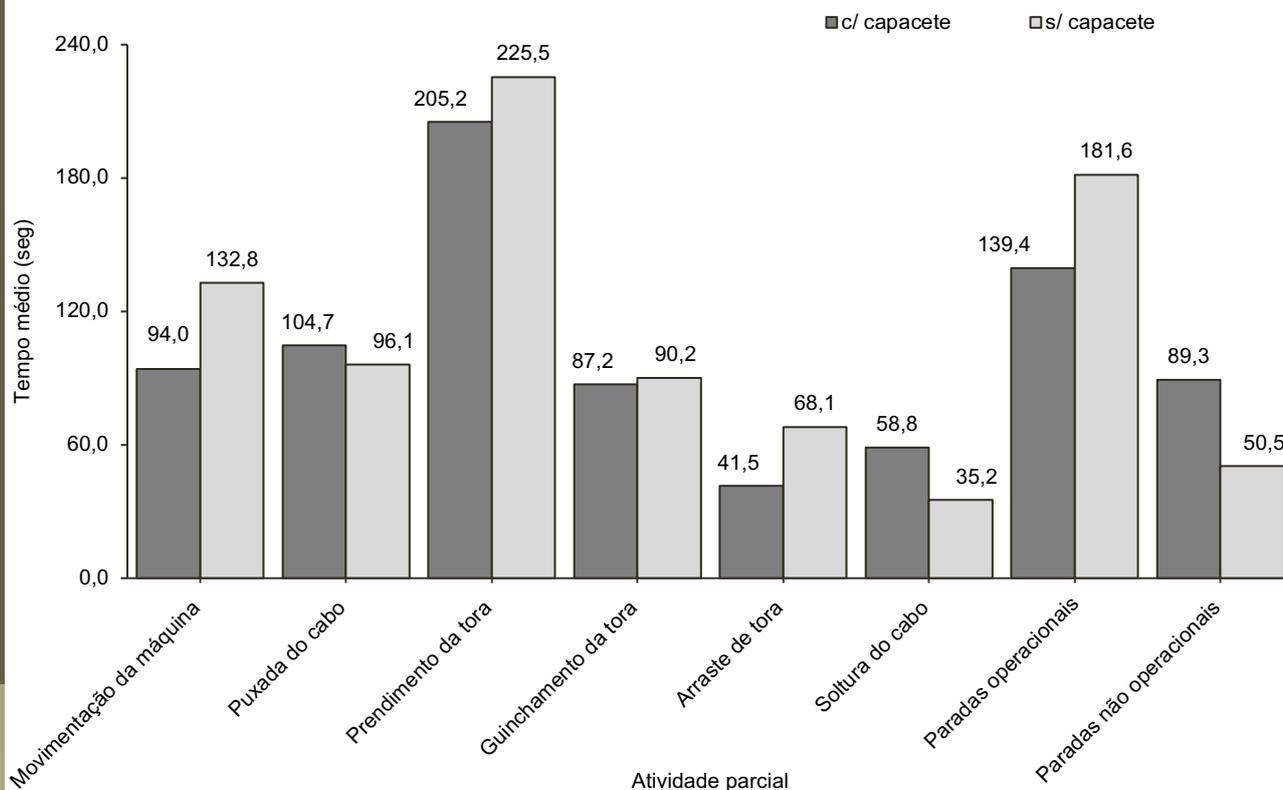
Foram verificadas e comparadas as proporções de cada atividade parcial componente do ciclo operacional, na extração por guincho para os dois tratamentos, de forma a verificar se houve efeitos relevantes na comunicação BT-COM na dinâmica da operação, de acordo com o Figura 2 e 3.

Com base nos resultados expostos nas figuras, pode-se dizer que não há uma diferença notável na distribuição das atividades parciais dentro do tempo total do ciclo, o que demonstra que a dinâmica da atividade não se altera com a inclusão da comunicação via capacete.

Na Figura 3, que mostra os tempos médios em segundos. Percebe-se diferenças visíveis entre os tratamentos, sendo que de forma geral, o tratamento com comunicação apresenta menor tempo médio de ciclo operacional e menores tempos médios de atividades parciais para extração de madeira. Apesar disso, as diferenças não são estatisticamente significativas, os dados dos dois tratamentos estão expostos na Tabela 1.



**Figura 2.** Gráfico comparativo entre as atividades parciais dentro do ciclo de extração por guincho. Fonte: Autores (2019).



**Figura 3.** Gráfico comparativo entre os tempos médios (segundos) de cada atividade parcial dentro do ciclo da extração por guincho. Fonte: Autores (2019)

**Tabela 1.** Tempos médios em porcentagem (%) e em segundos (seg) das atividades parciais envolvidas na extração por guincho para os tratamentos com comunicação BT-COM, e em sua ausência. Fonte: Autores (2019).

<b>Atividades parciais</b>	<b>Com (%)</b>	<b>Sem (%)</b>	<b>Com (seg)</b>	<b>Sem (seg)</b>
<b>Movimentação da máquina</b>	4,6	10,6	94,0	132,9
<b>Puxada do cabo</b>	16,8	17,1	104,7	96,1
<b>Rendimento da tora</b>	35,0	35,9	205,2	225,5
<b>Guinchamento</b>	21,3	17,7	87,2	90,2
<b>Arraste</b>	2,0	4,6	41,5	68,1
<b>Soltura do cabo</b>	5,3	3,7	58,8	35,2
<b>Paradas operacionais</b>	13,1	10,0	139,4	181,6
<b>Paradas não operacionais</b>	1,9	0,6	89,3	50,5

Com base nos dados da Tabela 1, foram realizados Testes t para dados pareados, para os tempos em porcentagem e para os valores médios em segundos, resultando em diferenças não significativas a 5% de nível de significância para os dois testes.

Além da análise de desempenho, foi também avaliada a percepção dos trabalhadores quanto aos aspectos ergonômicos e na qualidade do trabalho exercido. De forma geral, houve uma grande aderência dos trabalhadores ao uso da comunicação, que segundo eles melhora o conforto (mais confortável o equipamento) e o bem-estar laboral (menos tensões por situações de risco), melhora a ergonomia (não necessita fazer movimentos de pescoço e cabeça, sinais com as mãos e esforço da voz),

além da melhoria na segurança das operações pela comunicação constante.

Estes fatores são relevantes para os operários, bem como, para gestão de riscos da empresa. Uma vez que, os procedimentos e práticas de gestão para as atividades de comunicação fazem parte do processo de avaliação de risco da NBR ISO 31000 (2018).

Vale ressaltar que dentre os riscos mais recorrentes na colheita florestal elencados por Bermudes (2018), abordados conforme conceito da NBR ISO 31000:2018, a saber, a exposição a quedas, ataque de animais peçonhentos e queda de objeto, o capacete BT-COM, auxilia diretamente na comunicação para reduzir a probabilidade de eventos ou sua gravidade, decorrente desses riscos.

Atualmente, nesta atividade a comunicação é feita via rádio, o que impossibilita a execução das tarefas durante a troca de informações, devido à necessidade de uso das mãos para segurar o rádio, o que interrompe as operações. Além disso, diversos Manuais e Códigos de Segurança nas Operações Florestais, determinam comunicação padrão por sinais como procedimento obrigatório em atividades em áreas declivosas, sendo um meio de comunicação complementar ao rádio (MBIE, 2012).

Por outro lado, com o uso do sistema BT-COM não há esse problema e estas práticas são desnecessárias, o que consiste numa vantagem do sistema. Deve-se considerar também a ocorrência do tédio e monotonia no trabalho, causados pela falta de interação social com os colegas durante o trabalho, principalmente em atividades isoladas (operador de trator) (SILVA et al., 2013).

Portanto, alguns riscos psicossociais podem ser atenuados pelo uso deste tipo de sistema de comunicação na área de estudo. Segundo Graça et al. (2006), as situações de interação social negativa e as relações descontentes entre os trabalhadores são fontes geradoras de

estresse, via estímulos de natureza emocional ou psicoafetivas.

Silva et al. (2013), em seu estudo com colheita florestal mecanizada, verificou que a tarefa realizada diariamente pelos trabalhadores foi marcada pelo tédio e monotonia, devido à repetitividade e restrita comunicação entre os trabalhadores. Além disso, as exigências cognitivas para operação das máquinas eram constantes durante toda a jornada de trabalho.

Maciel (2000), afirma em seu trabalho sobre ergonomia, que as tarefas que exigem atenção, concentração e responsabilidade excessiva dos indivíduos, têm um aspecto negativo sobre as condições psicológicas dos trabalhadores, que pode ser atenuado pela interação social, como forma de relaxamento psíquico. Dessa forma, o sistema de comunicação BT-COM tem potencial de auxiliar na diminuição do estresse mental dos trabalhadores.

De acordo com os auxiliares de colheita, o sistema melhora a comunicação com o tratorista para realizar o recolhimento do guincho com o feixe de madeira; em um possível enroscamento em toco e na necessidade de parar de recolher. Além disso, citaram maior segurança na

operação, boa adaptação (maior conforto e menor peso), o capacete BT-COM gera menos desgaste (não precisa realizar sinais com as mãos ou esforço da voz) e; torna a operação mais rápida.

Os tratoristas enfatizaram a melhor comunicação com os auxiliares sobre ações de risco e na operação de guinchamento em si; maior segurança na operação; boa adaptação (mais conforto e menor peso); correção simultânea de ações errôneas dos auxiliares; e melhor ergonomia (não necessita torcer o pescoço para visualizar os auxiliares).

Os operadores de motosserra citaram que a viseira tem maior visibilidade (mais limpa) e flexibilidade; peso do equipamento menor; maior campo de visão; mais ergonômico e; o abafador possui maior redução de ruídos.

Como desvantagem principal, foram constatadas interferências na comunicação entre os membros da equipe, devido a presença de obstáculos no relevo dentro do eito. Entretanto, essa interferência pode ser mitigada com treinamentos quanto ao posicionamento em campo, na realização de pontes de comunicação entre os auxiliares e o tratorista, ou seja, o tratorista deve estar visível (sem

obstáculos) para o primeiro auxiliar e o mesmo estar visível para o segundo auxiliar.

Adicionalmente, em testes piloto o capacete BT-COM demonstrou ser muito suscetível a falhas de comunicação na presença de obstáculos mesmo a curtas distâncias, o que inviabiliza o uso dos capacetes tecnológicos em cortes seletivos de madeira, desbastes, e em florestas com denso sub-bosque. Portanto, em casos de corte raso da floresta, como o caso do presente estudo, o uso dos capacetes com tecnologia BT-COM é eficaz e indicado.

#### 4. CONCLUSÃO

Concluiu-se que os capacetes de segurança com sistema de comunicação *bluetooth* não afetam diretamente o desempenho, porém alteram a dinâmica do trabalho na extração de madeira com uso de trator com guincho.

Entretanto, o sistema demonstrou forte impacto positivo no bem-estar laboral, aspectos psicofisiológicos (estresse mental), ergonomia dos operadores de máquinas (torção de cabeça) e na prevenção de acidentes da operação.

## 5. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR ISO 31000. **Gestão de riscos - Princípios e diretrizes - ABNT NBR ISO 31000:2018**, 2018. p. 17.
- BERMUDES, W. L. **Metodologia de avaliação de risco de acidentes na colheita florestal**. Tese de doutorado, UFV. 2018.
- GRAÇA, C. C.; ARAÚJO, T. M.; SILVA, C. E. P. Desordens musculoesqueléticas em cirurgiões dentistas. **Revista Sitientibus**, n. 34, 2006. Disponível em: <<http://www.ergonet.com.br/download/desordens-dentistas.pdf>>. Acesso em: 28 ago., 2019.
- MACIEL, R. H. **Prevenção da LER/DORT: o que a ergonomia pode oferecer**. São Paulo: Instituto Nacional de Saúde no Trabalho, 2000.
- MBIE, Ministry of Business, Innovation and Employment. **Approved Code of Practice for Safety and Health in Forest Operations**. New Zealand. December 2012.
- PROTOS NZ CATALOGUE. Protos Integral Forest. 2018.
- SILVA, E. P.; MINETTE, L. J.; SOUZA A.P.; MARÇAL, M. A.; SANCHES, A. L. P. Fatores organizacionais e psicossociais associados ao risco de LER/DORT em Operadores de máquinas de colheita florestal. **Revista Árvore**, vol. 37, núm. 5, Setembro/Outubro, 2013, pp. 889-895. Universidade Federal de Viçosa.
- UNECE-FAO Forest Communicators Network. **Best Practices in Forest Communication**. Editor: Gerben Janse Contributions from the Forest Communicators Network. June 2008.
- USDA Forest Service. **Emergency Communications for Remote Operations**. Safety and Health: Tech Tips. Technology and Development Program. MTDC; 5785 Hwy. 10 West; Missoula, MT. 2007.

# MECANIZAÇÃO FLORESTAL E ERGONOMIA

Aimee **KOERICH**<sup>1</sup>; Valmir **WERNER**<sup>2</sup>; Catize **BRANDELERO**<sup>2</sup>; Juliano **DEPOI**<sup>3</sup>;  
José Fernando **SCHLOSSER**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Florestal/UFSM, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil –  
aimee.koerich@gmail.com

<sup>2</sup> UFSM/DER, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – catizebrandelero@gmail.com;  
valmirw1@gmail.com; josefernandoschlosser@gmail.com

<sup>3</sup> UFSM/PPGEA, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – julio.depoi@hotmail.com

E-mail para correspondência: [laboratoriomecaniza@gmail.com](mailto:laboratoriomecaniza@gmail.com) - Nº 08/2019

## Resumo

Os conhecimentos relacionados a ergonomia são indispensáveis para a mecanização florestal, pois proporcionam melhoria nas condições de trabalho, podendo reduzir os acidentes e riscos ocupacionais. A partir da adoção da mecanização houve uma alteração no perfil das doenças do trabalho e, também, nos fatores ergonômicos envolvidos na colheita florestal. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi, através de uma revisão de literatura, analisar a evolução da ergonomia na colheita florestal semi-mecanizada e mecanizada, além de comparar a forma de avaliação dos fatores ergonômicos na colheita florestal. Concluiu-se que a ergonomia na colheita florestal evoluiu com a introdução das máquinas, sofrendo alteração principalmente na questão dos desgastes físicos para os operadores. Verificou-se disparidade entre a realidade de máquinas do setor brasileiro com as abordadas nos estudos. Constatou-se que a forma de avaliação que abrange mais fatores ergonômicos é a de Skogforsk (1999) com 12 fatores.

**Palavras-chave:** Fatores ergonômicos; Colheita florestal; Segurança ocupacional.

## Abstract

Ergonomics is indispensable because it provides improvement on working conditions and it can reduce accidents and occupational hazards. There was a change in the occupational diseases related to the evolution of mechanization in forest harvesting. Not only that, but also in the ergonomic factors involved. Thus, the aim of this study was, through a literature review, to analyze the evolution of ergonomics in semi and mechanized forest harvesting, and to compare the evaluation of ergonomic factors in mechanized forest harvesting. It was concluded that the ergonomics in forest harvesting evolved with the introduction of the machines, and one of the most affected matters was the physical wear for the operators. There is a lack of reality on the Brazilian harvesting machines with the studies about ergonomics. It was found that the way of evaluation that embraces more ergonomic factors is Skogforsk (1999) with 12 factors.

**Keywords:** Ergonomic factors; Forest harvesting; Occupational Safety.

## 1. INTRODUÇÃO

Por meio do manejo florestal sustentável, além dos povoamentos, deve-se garantir as melhores condições de saúde e segurança para os colaboradores que atuam na floresta.

Para isso, a ergonomia vem sendo abordada em todos os segmentos da Engenharia Florestal, de forma a proporcionar melhorias nas condições de trabalho, contribuindo para eliminar ou reduzir os riscos que provocam acidentes e doenças ocupacionais.

Este ramo da ciência estuda as interações do homem com outros elementos do sistema, buscando a melhoria do bem-estar e desempenho global (ABERGO, 2017). Dul e Weerdmeester (2012) destacam que a “Ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, conforto e eficiência no trabalho”.

Com estes preceitos, foi implementada no Brasil a Norma Regulamentadora relativa à ergonomia (NR 17), em que se estabelecem parâmetros, que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores (BRASIL, 1978).

Segundo Debiasi, Schlosser e Pinheiro (2004) a otimização dos fatores ergonômicos está diretamente ligada ao aumento da eficiência do sistema homem-máquina.

Ainda se destaca que a partir da mecanização florestal as doenças ocupacionais foram reduzidas, quando comparadas à colheita semi-mecanizada (BELL, 2002).

Neste estudo objetivou-se assim, analisar a evolução da ergonomia da colheita florestal semi-mecanizada e mecanizada. Ainda, quantificar os fatores ergonômicos envolvidos na colheita florestal, também, comparar as máquinas utilizadas na avaliação ergonômica da mecanização florestal às máquinas utilizadas pelo setor.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A pesquisa foi norteada na modalidade exploratória citada por Gerhardt e Silveira (2009). A pesquisa buscou e analisou artigos em periódicos, anais de congressos, livros, monografias, dissertações e teses, sobre a relação da ergonomia com a mecanização florestal.

Para a captação de artigos as plataformas digitais utilizadas foram: *Elsevier*, *Scopus*, *Emerald Insight*, *Google Acadêmico*, *Science Direct* e o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Buscou-se analisar a literatura que abordou o tema ergonomia e mecanização florestal, entre os anos de 1970 até 2017.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Ergonomia na colheita florestal

A ergonomia da colheita florestal, no Brasil, teve um de seus primeiros relatos no Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Plantações Florestais no ano de 1987. Este evento foi inovador para época, pois mostrava a preocupação com os colaboradores que prestavam serviços vinculados à exploração.

Destacou-se neste momento, o trabalho de Bassini e Lírio (1987) ao analisar a relação dos motosserristas e da operação, com foco em reduzir as doenças ocupacionais e a determinar o perfil físico dos operadores. Os autores concluíram que a colheita semi-mecanizada apresentava exigências biomecânicas elevadas.

Já a mudança no desgaste físico enfrentado pelos operadores com a introdução das máquinas florestais foi evidenciada por Becker (1987). O autor notou o desaparecimento gradual das elevadas cargas físicas, térmicas e dinâmicas (exploração semi-mecanizada) e o aparecimento de desgastes sutis no posto de operação, derivados do ruído, da vibração e dos gases tóxicos.

Pettersson (1987), na Suécia, relatou que a mecanização, o desenvolvimento tecnológico, o treinamento e a qualificação seriam os fatores essenciais para aumentar a eficiência e melhorar a saúde e segurança no ambiente de trabalho florestal. Esse fato foi comprovado por Bell (2002) que constatou a redução da frequência dos acidentes e/ou doenças ocupacionais com o aumento da mecanização.

Assim, é possível perceber que a ergonomia da colheita florestal evoluiu concomitantemente com os instrumentos nela utilizados, principalmente na questão dos desgastes físicos, os quais sofreram ampla alteração.

### 3.2 Fatores ergonômicos na colheita mecanizada

Lilley et al. (2002); Laschi (2016), afirmam que o trabalho florestal é considerado um dos mais perigosos do mundo. Então Melemez (2015) preocupado com o alto índice de acidentes fatais na colheita mecanizada, identificou as causas em ordem decrescente de fatores de risco: humanos, organizacionais, relacionados ao trabalho, equipamento e ambientais.

Com o intuito de diminuir o risco nestes fatores Dul e Weermeester (2012), tratam como essencial a introdução de um método ergonômico nos projetos. Sugerem uma lista de verificação e salientam a necessidade do trabalho de um ergonomista na elaboração destas.

O Quadro 1 foi construído com os fatores ergonômicos presentes nas metodologias adotadas por Skogforsk (1999); Dul e Weermester (2012); Souza et al. (2014). Como destaque Skogforsk (1999) apresentou 16 fatores ergonômicos considerados para avaliar a colheita mecanizada de madeira, descritos em um guia ergonômico.

Já Dul e Weermester (2012), encontram 12 fatores, por se tratar de literatura ergonômica em todos os campos de trabalho. Justificam que algumas recomendações podem ser

omitidas por não serem aplicáveis, devido à particularidade de cada projeto, não tratando a mecanização florestal de maneira específica. Souza et al. (2014) abordaram 7 fatores e os trataram de forma generalista.

**Quadro 2.** Fatores ergonômicos considerados na avaliação da colheita mecanizada.

Skogforsk (1999)	Dul e Weermeester (2012)	Souza et al. (2014)
Postura	Postura	Biomecânica
Clima	Clima	Clima
Ruído	Ruído	Ruído
Vibração	Vibração	Vibração
Iluminação	Iluminação	Iluminação
Cabine	Fatores antropométricos	Antropometria
Controles	Controles	
Operação da máquina	Usabilidade	
Assento do Operador	Postura Sentada	
Gases e Partículas	Exposição a substâncias Químicas	
Instruções e treinamento	Tarefas, cargos e organização do trabalho	
Freios e segurança do operador		
Acesso à cabine		
Informações	Informações	
Manutenção		
Visibilidade		Visibilidade

Fonte: Autoral.

Com os fatores ergonômicos em destaque, pode ser estabelecida uma padronização inicial destes para a colheita florestal mecanizada, o que facilita as avaliações das máquinas florestais. Skogforsk (1999) estabelece critérios técnicos e subjetivos para a avaliação de cada fator. O autor enfatiza que padronizar métodos para mensurar e interpretar os resultados, e tornar a análise equitativa e independente são fundamentais para a avaliação.

### 3.3 Máquinas florestais e estudos ergonômicos no Brasil

A colheita florestal, depois da introdução de máquinas específicas para esta operação, se tornou rápida e produtiva. Dessa forma, os desafios atuais são relativos à otimização da produtividade (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 2003).

Rodrigues (2015), infere que a capacidade produtiva das máquinas pode ser influenciada pelas características do povoamento, declividade do terreno, faixa de trabalho, tamanho das toras, e experiência do operador. Cita ainda que além da experiência do operador, a ergonomia e a constante realização de treinamentos influenciam na produtividade.

O Quadro 2 foi elaborado para determinar quais são as principais

máquinas de colheita florestal avaliadas ergonomicamente por estudos acadêmico-científicos no Brasil. Percebe-se a frequência de 75% dos estudos relacionados ao *feller-buncher*. Este fato é justificado pela máquina ser uma das precursoras da mecanização mundial.

Na operação de extração, o destaque foi para o *skidder* com 38,46% dos estudos, possivelmente por integrar o modal do sistema de árvores inteiras. Já para a etapa do processamento de árvores, os estudos se encontram distribuídos de forma igualitária. As máquinas mais utilizadas pelas empresas brasileiras nas operações de colheita florestal em 2016, segundo Malinovski (2017) foram: o *forwarder* e o *harvester* adaptado.

Quando se relacionam os estudos realizados para a questão ergonômica (Quadro 2), com as máquinas utilizadas pelas empresas do setor em 2016, é possível perceber uma divergência das máquinas estudadas nas operações de corte e extração.

Para a etapa de corte, o equipamento que apresenta maior frequência nos estudos foi o *feller-buncher*, sendo que o equipamento mais utilizado pelo setor é o *harvester* adaptado. Essa disparidade também é vista na etapa de extração, onde no

setor se utiliza com maior frequência o *forwarder*, porém os estudos sobre a ergonomia tendem a ser sobre o *skidder*.

Percebe-se que há divergência de estudos entre o setor de produção e a academia. Isso pode ocorrer devido ao distanciamento entre as instituições e as empresas. Sugere-se que as pesquisas realizadas para as operações de corte e extração sejam repensadas, assim poderão ser beneficiados, pelas análises ergonômicas, os operadores do setor florestal.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ergonomia da colheita florestal evoluiu concomitantemente com os instrumentos nela utilizados, principalmente na questão dos desgastes físicos os quais sofreram ampla alteração.

Skogforsk (1999) apresenta os fatores ergonômicos de maneira mais completa para a colheita de madeira mecanizada, compreendendo 16 fatores ergonômicos, Dul e Weermester (2012) encontraram 12 fatores e Souza et al. (2014) encontraram 7 fatores.

Observou-se que há disparidade entre as máquinas utilizadas atualmente na operação de corte e extração pelo setor florestal e as máquinas analisadas

ergonomicamente em estudos acadêmico-científicos.

**Quadro 3.** Máquinas florestais avaliadas ergonomicamente por estudos acadêmico-científicos no Brasil, segmentadas por operação.

Operação	Corte		Extração		
	H	FB	F	SK	MS
Bibliografia					
FIEDLER (1995)		X			X
SILVA et al. (2003)		X			
LIMA et al. (2005)		X		X	
MINETTE et al. (2007)		X		X	X
FONTANA e SEIXAS (2007)			X	X	
MINETTE et al. (2007)		X		X	X
FERNANDES et al. (2010)		X			
MORAES (2012)	X		X		
SILVA et al. (2014)	X		X		
ALMEIDA et al. (2016)		X			
DEPOI (2017)	X	X	X	X	X
<b>Frequência absoluta</b>	3	9	4	5	4
<b>Frequência relativa (%)</b>	25	75	30,8	38,5	30,8

Em que: H: *Harvester*, FB: *Feller Buncher*, F: *Forwarder*, SK: *Skidder*, MS: *Mini Skidder*.  
Fonte: Autoral.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABERGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. **O que é Ergonomia.** Disponível em:<[http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o\\_que\\_e\\_ergonomia](http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia). Acesso em: 02/08/2019.
- ALMEIDA, S. F.; ABRANHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A. Evaluation of occupational exposure to whole body vibration in forest harvesting machines. **Cerne**, v.21, n.1, p. 1-8, 2016.
- BASSINI, A. J., LÍRIO, A. J. **Ergonomia e segurança do trabalho em exploração florestal de *Eucalyptus*: corte e transporte.** In: SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGO-NOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTOS. 1987, Curitiba. **Anais...** 1987, p.425.
- BECKER, G. **O Planejamento de atividades de exploração florestal de acordo com os princípios ergonômicos.** In: SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGU-RANÇA EM REFLORESTAMENTOS. 1987, Curitiba. **Anais...** 1987, p.425.
- BELL, J. L. Changes in logging injury rates associated with use of feller-bunchers in West Virginia. **Journal of Safety Research**, v.33, p.463-471, 2002.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 17.** 1978. Brasília, DF. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/SST/NR/NR17.pdf>>. Acesso em: 09 de agosto de 2019.
- DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. P. Desenvolvimento do coeficiente parcial de ergonomia e segurança em tratores agrícolas. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.727-735, 2004.
- DEPOI, J. S. Revisão de literatura: **Avaliação de vibração no assento de tratores utilizando acelerômetros.** 2017. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- DUL, J. WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática.** 2012. 3 ed. Tradução de Itiro Iida, São Paulo: Blucher, 2012. 163 p.
- FERNANDES, H. C. et al. Avaliação ergonômicas da cabine de um trator florestal. **Revista Ceres**, v.57, n.3, p.307-314, 2010.
- FIEDLER, N. C. **Avaliação Ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira.** 1995. 126 f. Dissertação de Mestrado (Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de *forwarder* e *skidder*. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.71-81, 2007.

- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 2009. UAB. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p.120.
- LASCHI, A. et al. Identifying causes dynamics and consequences of work accidents in forest operations in an alpine context. **Safety Science**, v.89, p.28-35. 2016.
- LIMA, J.S.S. et al. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores *feller-buncher* e *skidder* utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, v.29, n.2, p.291-298, 2005.
- LILLEY, R. et al. A survey of forest workers in New Zealand - Do hours of work, rest, and recovery play a role in accidents and injury? **Journal of Safety**, v.33 p.53-71. 2002.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. Colheita. **Revista da Madeira**, n.68, dez. 2003.
- MALINOVSKI. Nascidas ou adaptadas para floresta. **B. FOREST**, 34 ed. n.07, p.15-25. 2017.
- MELEMEZ, K. Risk factor analysis of fatal forest harvesting accidents: A case study in Turkey. **Safety Science**, v.79. p.369-378. 2015.
- MINETTE, L. J. et al. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquina de colheita florestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.6. p.664-667. 2007.
- MORAES, A. C. **Análise do treinamento de operadores de máquinas de colheita de madeira**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.
- PETTERSSON, B. Forest Worker training other ways to increase efficiency and enhance safety and health at work. SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMEN-TOS, 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1987.
- RODRIGUES, C. K. **Variáveis de influência na operação de colheita da madeira mecanizada**. 2015. 31 f. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Floresta) Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- SILVA, C.B. da et al. Avaliação ergonômica do *feller-buncher* utilizado na colheita de eucalipto. **Revista Cerne**, v.9, n.1, p.109-118, 2003.
- SILVA, E.P. et al. Prevalência de sintomas osteomusculares em operadores de máquina de colheita florestal. **Revista Árvore**, v.38, n.4, p.739-745, 2014.
- SKOGFORSK. The forestry research institute of Sweden. **Ergonomic guidelines for forest**

**machines.** Uppsala, Swedish National Institute for Working Life. p.86. 1999.

MACHADO, C.C. Colheita Florestal. In: SOUZA, A.P. DE. et al. **Ergonomia aplicada ao trabalho.** 3 ed. Viçosa, Minas Gerais, 2014. p.336-353.

# PRODUÇÃO E ERGONOMIA NA COLHEITA MANUAL DA NOGUEIRA-PECÃ

Eric Porto **GINDRI**<sup>1</sup>; Catize **BRANDELERO**<sup>2</sup>; Valmir **WERNER**<sup>2</sup>;  
Bruno B. **BENETTI**<sup>3</sup>; Guilherme M. **SANTOS**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal/UFSM, R. Pinheiro Rocha, 97610-000, Francisco de Assis, RS, Brasil – ericgindri53@gmail.com

<sup>2</sup> UFSM/DER, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – catizebrandelero@gmail.com; valmirw1@gmail.com

<sup>3</sup> UFSM/Engenharia Florestal, AV. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – brunobbenetti.b@gmail.com; gmlanisantos@gmail.com

E-mail para correspondência: [laboratoriomecaniza@gmail.com](mailto:laboratoriomecaniza@gmail.com) - Nº 06/201

## Resumo

O cultivo da noqueira-pecã na região Sul do Brasil vem se expandindo rapidamente, estando presente, principalmente, em pequenas áreas. O presente trabalho objetivou realizar a análise ergonômica e operacional da colheita manual de noz-pecã. O rendimento da colheita manual apresentou valores satisfatórios, estando acima do citado na literatura. Na avaliação ergonômica da operação de colheita manual das nozes, observou-se o alto impacto à saúde corporal das funcionárias, uma vez que a ferramenta apontou a ocorrência de dores de alta intensidade na região das costas e nos membros inferiores.

**Palavras-chave:** Nozes; Avaliação ergonômica; Diagrama de Corlett.

## Abstract

Pecan nut cultivation in southern Brazil has been expanding rapidly, being present mainly in small areas. The present work aimed to perform the ergonomic and operational analysis of the pecan hand harvest. The manual harvest yield presented satisfactory values, being above what is mentioned in the literature. In the ergonomic evaluation of the manual harvesting operation of the nuts, the high impact on the employees' body health was observed, since the tool pointed to the occurrence of high intensity pain in the back and lower limbs.

**Keywords:** Nuts; Ergonomic Evaluation; Corlett's diagram.

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo da noqueira-pecã, está expandindo rapidamente, no Rio Grande do Sul. A cada ano a área cultivada e a oferta de nozes aumentam expressivamente. Por ser uma cultura que não requer um manejo complexo, sua utilização se torna atraente para pequenos produtores do Estado.

Para a produção de nozes se tornar viável e interessante em pequenas áreas, cenário típico dos pequenos produtores rurais, é preciso que o cultivo ofereça uma produção satisfatória e que justifique a sua implantação. Assim, para garantir que o pomar seja otimizado, é importante gerenciar a produção.

O aumento do rendimento e da qualidade da operação de colheita, de modo geral, é imprescindível, uma vez que está diretamente relacionado à potencialidade de retorno financeiro do pomar de noqueira-pecã.

A colheita da noz-pecã, é a prática de recolher manualmente as nozes que já atingiram a sua maturação fisiológica e que caem ao chão. Na região Sul, essa prática é comum, devido ao alto custo dos equipamentos para mecanizar a operação (FRONZA et al., 2015). Lipe et al. (2009) recomendam realizar a colheita quando as primeiras

nozes começarem a cair ou até que a casca fique entreaberta.

A colheita da noqueira-pecã pode ser realizada de forma totalmente mecanizada, inclusive no Brasil, onde empresas já disponibilizam de máquinas para desenvolver a operação. O *shaker* é um implemento adaptado ao trator agrícola. Utilizado na colheita mecanizada, possibilita colher todas as nozes no mesmo momento, a partir da vibração da árvore (PITOL, 2017).

Logo, realizar a análise operacional da colheita manual das nozes, aliada ao diagnóstico dos aspectos ergonômicos da atividade, podem ser usados para determinar melhorias ao processo, e assim torná-lo mais eficiente.

Como é de responsabilidade do empregador avaliar os riscos aos quais os operadores estão submetidos, esta avaliação possibilita estabelecer melhorias no ambiente de trabalho. Assim é possível eliminar ou amenizar o desconforto causado aos operadores (NR 31, 2013). Ainda, garante que a atividade seja desenvolvida de forma segura e em conformidade com as normas existentes de segurança e saúde.

Diante disso, o presente trabalho objetivou realizar a análise ergonômica através do diagrama de Corlett et al. (1986) e a análise operacional da

colheita manual realizada em um pomar, para assim, determinar o rendimento e a eficiência da operação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um pomar comercial de nogueira-pecã (*Carya illinoensis* K.), com 37 anos, localizado no município de Minas do Leão/RS. O pomar possui uma área total de 110 hectares, com 15 cultivares tendo sido implantado no ano de 1980. Periodicamente, são realizadas roçadas na área para manter a vegetação baixa e assim conservar o pomar limpo.

A colheita da nogueira-pecã foi dividida em três etapas, sendo duas manuais e uma mecanizada. Esta conduta teve o objetivo de maximizar a eficiência da operação. A etapa manual foi efetuada por dez funcionárias que fazem a coleta das nozes sobre o solo. Na etapa mecanizada foi utilizado um implemento chamado *shaker*, acionado por um trator agrícola. Cada funcionária recebeu um número de serviço, variando de um a dez, utilizado para identificar as bolsas onde foram armazenadas as nozes colhidas.

Ao final de cada dia de operação, foi separada e pesada a produção referente a cada funcionária para se obter o rendimento individual e total da

colheita. A operação foi dividida em três semanas, para simplificar a análise dos dados. A semana um e dois foram compostas por cinco dias de trabalho e a semana três por sete dias, totalizando assim, 17 dias de colheita efetiva.

A primeira etapa realizada foi a catação das nozes caídas antes do início do ciclo de colheita. Assim, as funcionárias percorreram o pomar, realizando a coleta manual das nozes caídas (Figura 1).



**Figura 1.** Realização da colheita manual da nogueira-pecã. Fonte: Eric Porto Gindri.

Na segunda etapa do ciclo de colheita foi utilizado o *shaker*, nas árvores mais produtivas do pomar, por questões de viabilidade econômica da operação (Figura 2).



**Figura 2.** Colheita mecanizada de noqueira-pecã com o *shaker*. Fonte: Eric Porto Gindri.

Na terceira etapa, as funcionárias realizaram nova catação percorrendo o pomar, onde foi coletado o restante das nozes derrubadas de forma mecanizada.

Como a colheita manual das nozes é visivelmente uma atividade exaustiva, fez-se a aplicação de um questionário às funcionárias, por meio da ferramenta de estudo ergonômico Diagrama de Corlett et al. (1986). Essa é utilizada para facilitar a localização de áreas dolorosas pelo corpo, sendo neste estudo composta por 21 diferentes regiões (Figura 3). As funcionárias, após concluir a jornada de trabalho, indicaram as regiões onde existem dores e também sua intensidade.

Tronco									
Pescoço (1)					Costas médio (3)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Costas-superior (2)					Costas-inferior (4)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Bacia (5)									
1	2	3	4	5					
Lado esquerdo					Lado direito				
Ombro (11)					Ombro (6)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Braço (12)					Braço (7)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Antebraço (13)					Antebraço (8)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Punho (14)					Punho (9)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Mão (15)					Mão (10)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Coxa (19)					Coxa (16)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Perna (20)					Perna (17)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Pés (21)					Pés (18)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

**Figura 3.** Questionário aplicado às funcionárias que realizam a colheita das nozes. Fonte: Eric Porto Gindri

Para facilitar o reconhecimento das regiões indicadas na ferramenta, utilizou-se, junto ao questionário, uma figura do corpo humano como referência, conforme apresentada na Figura 4.



**Figura 4.** Divisão do corpo em segmentos segundo o Diagrama de Corlett et al. (1986). Fonte: lida (2016).

Para cada uma das regiões dolorosas, elaborou-se uma escala graduada que varia de um valor mínimo (1), que indica a inexistência de dor ou de desconforto no segmento corporal, até o valor máximo (5), que indica muita dor no segmento considerado (Quadro 1).

**Quadro 1.** Apresentação da escala de intensidade da dor utilizada no diagrama de Corlett et al. (1986).

Intensidade da dor				
1	2	3	4	5
Nenhuma	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta

Os dados coletados foram tabulados em planilhas eletrônicas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento semanal e total da colheita manual de nozes está apresentado na Tabela 1, juntamente com seus rendimentos médios.

A semana um (S1) apresentou a maior produção, com média de 900 kg/dia de nozes e um total de 4.499 kg coletados durante os cinco dias de trabalho que a compuseram. Essa produção está vinculada a queda natural das nozes antes do início do ciclo de colheita. Com isso, a produção média diária decresce após a primeira coleta das nozes.

**Tabela 1.** Apresentação dos rendimentos da colheita manual da noz-pecã.

F	Produção (kg)			
	S1	S2	S3	T
1	535	376	528	1.439
2	569	399	411	1.379
3	471	323	521	1.315
4	488	374	649	1.511
5	443	306	448	1.197
6	362	264	365	991
7	314	245	354	913
8	539	329	395	1.263
9	296	271	374	941
10	482	299	552	1.333
	<b>4.499</b>	<b>3.186</b>	<b>4.597</b>	<b>12.282</b>
<b>M(kg/dia)</b>	<b>900</b>	<b>637</b>	<b>657</b>	<b>722</b>

Onde: F= funcionária; S= semana; T= total; M= média.

A produção total do pomar foi de 12.282 kg de nozes após os 17 dias de operação, tendo uma média de 722 kg/dia. A colheita foi realizada por dez funcionárias que obtiveram um rendimento médio de 72,2 kg/dia, sendo, a colhedora de número um a com maior rendimento, com uma produção individual de 1.439 kg de nozes coletadas, ao longo do ciclo de colheita. Este resultado difere de pesquisa de Fronza et al. (2015), onde aponta que o rendimento de uma pessoa durante a coleta varia de 50 a 60 kg de nozes por dia, sendo dependente

de alguns fatores como: a prática dos trabalhadores, distância entre árvores e quantidade de nozes produzidas por árvore.

A partir das questões aplicadas juntamente com o questionário ergonômico, pode-se constatar que a principal dificuldade relatada pelas funcionárias da colheita foi a vegetação. Segundo Fronza et al. (2015), a utilização de telas de sombreamento ou lonas abaixo das árvores é uma alternativa para facilitar a coleta manual das nozes e aumentar seu rendimento. As nozes que caem na lona/sombrites são facilmente localizadas, proporcionando uma maior agilidade na operação.

O Quadro 2 apresenta os resultados encontrados na aplicação do diagrama, considerando os segmentos corporais e a escala de intensidade da dor propostos.

Os resultados encontrados, indicaram que 75% das 189 respostas não apresentaram dor ou desconforto.

Dos 25% que manifestaram a existência de dor ou desconforto, 9% e 13% das respostas foram classificadas como alta ou muito alta, respectivamente. Essas regiões relatadas foram as costas (superior, médio e inferior), coxas, pernas e pés. Dentre elas, as pernas tiveram o maior

número de relatos de dor ou desconforto, com 78% e 67%, no lado esquerdo e direito, respectivamente.

O Quadro 2 apresenta os resultados encontrados na aplicação do diagrama, considerando os segmentos corporais e a escala de intensidade da dor propostos.

Com os resultados encontrados, constatou-se que 75% das 189 respostas indicaram nenhuma dor ou desconforto. Nas regiões onde foi indicada a existência de dor ou desconforto, 9% e 13% das respostas foram classificadas como alta ou muito alta, respectivamente.

As regiões predominantes de relato de dor ou desconforto classificado como alta ou muito alta, foram as regiões das costas (superior, médio e inferior), coxas, pernas e pés. Dessas, as pernas tiveram o maior número de relatos de dor ou desconforto, com 78% e 67%, no lado esquerdo e direito, respectivamente.

Questionadas sobre a utilização de medicamentos para dor, decorrente da operação, as funcionárias relataram a utilização assídua de analgésicos para o controle da dor muscular, devido à alta intensidade de dor nos locais indicados.

Em pesquisa aplicada por Barth et al. (2016), durante o exercício do trabalho na agricultura familiar, mais especificamente, para o cultivo de hortifrutigranjeiros, foi aplicado entrevista e o Diagrama Corlett et al. (1986), onde foi identificado que a coluna lombar foi a região corporal predominantemente citada em termos de dor/desconforto, indicada por 71% dos entrevistados. Este desconforto é decorrente da frequente flexão anterior da coluna vertebral. Neste caso, Lida e Guimarães (2016) destacam que as posturas incômodas são demandadas durante a colheita de produtos agrícolas. Ainda os autores inferem que nessas situações, as mãos acabam sendo usadas como “ferramentas de trabalho”. Barth et al. (2016) apontam que a agricultura familiar carece de máquinas, implementos e ferramentas que substituam a necessidade do uso da mão humana.

Este diagrama também foi aplicado com colaboradores da construção civil por Duarte e Cavaignac (2019), com o intuito de determinar o nível de desconforto e as regiões do corpo mais afetadas pelos distúrbios. Constatou-se que na categoria construção civil os pedreiros e serventes são os mais afetados por problemas osteomusculares, onde as regiões mais

afetadas, em nível moderado a elevado, são: coluna lombar e dorsal, pescoço, punhos e mãos.

**Quadro 2.** Relação dos segmentos corporais e respectivas intensidades de dor.

Local (%)	Intensidade da dor				
	Tronco				
	1	2	3	4	5
Pescoço	89	0	11	0	0
Costas inferior	56	11	0	11	22
Costas médio	78	0	0	22	0
Costas superior	33	11	0	22	33
Bacia	89	0	0	11	0
Lado esquerdo					
Ombro	100	0	0	0	0
Braço	100	0	0	0	0
Antebraço	100	0	0	0	0
Punho	89	0	11	0	0
Mão	100	0	0	0	0
Coxa	22	11	0	33	33
Perna	11	0	0	11	78
Pés	67	0	11	22	0
Lado direito					
Ombro	100	0	0	0	0
Braço	100	0	0	0	0
Antebraço	100	0	0	0	0
Punho	100	0	0	0	0
Mão	100	0	0	0	0
Coxa	33	11	0	22	33
Perna	22	0	0	11	67
Pés	78	0	11	22	0
<b>Total</b>	75	2	2	9	13

A colheita manual das nozes é uma tarefa desgastante para quem a realiza, pela necessidade de permanecer abaixado durante a coleta das nozes, por um longo período (Figura 6). O que resulta na ocorrência das dores ou desconfortos nas regiões relatadas durante a aplicação do diagrama.

É essencial ter zelo pela saúde dos funcionários, principalmente os que

desempenham tarefas consideradas altamente desgastantes ao corpo, a exemplo os trabalhos realizados de forma manual.



**Figura 6.** Postura de trabalho na operação de colheita manual das nozes. Fonte: Eric Porto Gindri.

As funcionárias, durante a operação, estão expostas a uma série de riscos, como acidentes com insetos e animais venenosos que se encontram sobre o solo. Além disso, o risco de sofrer alguma lesão na região lombar por desgaste excessivo decorrente da posição de trabalho.

Moura e Amaral (2002), ao fazerem uso desta ferramenta, destacam a clareza e facilidade da utilização desta metodologia pois permite a participação dos colaboradores nas discussões e melhorias no processo.

Assim, se faz necessário fornecer e orientar sobre os EPI's básicos para esta operação. Após avaliação e

apresentação dos resultados, foi acordado ser indispensável a utilização de capacete com jugular, luvas, botinas e perneiras. Foi sugerido também, que o responsável pela operação determine paradas ergonômicas para que as funcionárias realizem ginástica laboral, para evitar lesões pela má postura durante a operação.

#### 4. CONCLUSÃO

O rendimento da colheita manual de noz-pecã apresentou valores acima do citado na literatura. Ainda é recomendado o uso de lonas ou telas de sombreamento abaixo das árvores para agilizar a operação.

Na avaliação ergonômica de colheita manual das nozes, a ferramenta apontou a ocorrência de dores de alta intensidade na região das costas e nos membros inferiores.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BARTH, M.; RENNER, J.; MARTINS, R.; DA SILVA, D. Q. Agricultura Familiar: características ergonômicas das atividades e impactos na saúde dos trabalhadores. **Estudos Sociedade e Agricultura**. V. 24, n.2. 2016.
- NR 31** - Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 15. 1. ed. Brasília: MTE, SIT, 2013. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR3>>

1.pdf>. Acesso em: 16 de outubro de 2017.

CORLETT, N; WILSON, J; MANENICA, I. **The ergonomics of working postures**. London: Taylor & Francis, 1986.

DUARTE, K. K. da S.; CAVAINAC, A. L.O. Incidência de sintomas músculo-esqueléticos em trabalhadores da construção civil: estudo comparativo por funções com questionário nórdico e diagrama de Corlett. **Brazilian Journal of Production Engineering**, 5(1): 20-37. 2019.

FRONZA, D.; POLETO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo da noqueira-pecã**. 1. Ed. Santa Maria, 2015. 301 p.

IIDA, I; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo, SP: Blücher, 2016. 837 p.

LIPE, J. A. et al. **Home fruit production - pecãs**. Dept. Horticultural Science, TX A & MU, College Station, TX. 24, 2009. Disponível em: <http://aggiehorticulture.tamu.edu/pecan/pecan.html>. Acesso em: 04 de outubro de 2017.

MOURA, P. R. C.; AMARAL, F. G. Rotação de Postos de Trabalho: uma abordagem ergonômica. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22., 2002, Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba/PR: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. p. 23-25. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2002\\_TR41\\_0751.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2002_TR41_0751.pdf)>. Acesso em: 04 de outubro de 2017.

PITOL. Agroindústria Pitol, 2017. Disponível em: <<http://www.nozes-pitol.com.br/pitol/metodo-de-colheita>>. Acesso em: 04 de outubro de 2017.

# VIBRAÇÃO E RUÍDO EM MÁQUINAS COM MOTOR DOIS TEMPOS

Bianca Silva **LEMES**<sup>1</sup>; Catize **BRANDELERO**<sup>2</sup>; Valmir **WERNER**<sup>2</sup>; Bruno Bortoluzzi **BENETTI**<sup>3</sup>; José Fernando **SCHLOSSER**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engenheira florestal, R. Dr. José B. Barros, 18610307, Botucatu, SP, Brasil – silva.lemes.b@gmail.com

<sup>2</sup>UFSM/DER, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil – catizebrandelero@gmail.com; valmirw1@gmail.com; josefernandoschlosser@gmail.com

<sup>3</sup>UFSM/Engenharia Florestal, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil - brunobbenetti.b@gmail.com

E-mail para correspondência: [laboratoriomecaniza@gmail.com](mailto:laboratoriomecaniza@gmail.com) - Nº 07/2019

## Resumo

A ergonomia tem como finalidade garantir mais conforto e segurança às atividades exercidas pelos operadores, minimizando os efeitos do ruído e da vibração da máquina sob seu corpo. Este trabalho teve por objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre vibração e ruído em máquinas equipadas com motores de combustão interna de dois tempos utilizadas em operações semimecanizadas. Após considerações sobre vibração e ruído e dos valores limite estabelecidos pelas normas vigentes, realizou-se a análise comparativa dos resultados obtidos nos trabalhos. Foi constatado que fatores como: potência do motor da máquina, vegetação a ser cortada e o tipo de material cortante utilizado interferem diretamente nos níveis de vibração. Ademais, a elevação dos níveis de ruído é influenciada pelos fatores: tempo de uso e a potência da máquina.

**Palavras-chave:** Atividade insalubre; NR15; Operação semi-mecanizada.

## Abstract

The purpose of ergonomics is to ensure more comfort and safety to the activities performed by the operators. minimizing the effects of noise and, vibration of the machine under your body. The objective of this work was make a bibliography review to vibration and noise in two-stroke engine machines used in semi-mechanized operations. After the conceptualization of vibration and noise and the establishment of limit values by the current rules, the analysis of the works was performed. Factors such as machine power, vegetation and the type of cutting material used directly affected the vibration levels. In addition, the increase in noise levels is influenced by the factors: time of use and machine power.

**Keywords:** Unhealthy activity; NR15; Semi-mechanized operation.

## 1. INTRODUÇÃO

A ergonomia dispõe de orientações para a execução das atividades de forma confortável e segura. Isso evita que fatores como o ruído, os fatores climáticos, e a vibração decorrente do uso das máquinas interfiram na produtividade do trabalho, favoreça o bem-estar do operador e reduza a probabilidade de acidentes ou doenças advindas do trabalho (Machado, 2014).

No Brasil, a Norma Regulamentadora nº 17 (Brasil, 1978c) “visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente”.

A Constituição Federal Brasileira vigente (Brasil, 1988) detalha em seu artigo 7º os direitos dos trabalhadores urbanos e rurais, especificando no inciso XXII o direito à “redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança”. Já a Lei nº 8.213, de 1991 (Brasil 1991), dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social, em seu artigo 20 caracteriza como doença do trabalho aquela que é “adquirida ou desencadeada em função de condições

especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente”.

Assim, a ergonomia abrange diversas áreas além dos aspectos posturais durante o trabalho (IIDA, 2005). Aborda também os fatores ambientais relacionados à vibração, clima, ruído, agentes químicos e iluminação. Se distingue por oferecer uma proposta interdisciplinar, aplicando o conhecimento da adaptação do ambiente de trabalho, levando em consideração as características de cada operador (DUL e WEERDMEESTER, 2012).

Assim, a vibração mecânica foi definida por Santos Filho et al. (2003) como o movimento da matéria que oscila em torno do seu ponto de estabilidade. Grandjean (1998) a caracteriza como um movimento oscilatório regular e/ou irregular, podendo ser: de corpo inteiro e/ou nas mãos e braços, por exemplo, motosserras, motorroçadoras ou ferramentas vibratórias. Como consequência da exposição excessiva à vibração, pode ocorrer a doença de *Raynaud* (síndrome dos dedos brancos), que provoca o branqueamento de um ou mais dedos, dor, formigamento e paralisia, podendo degenerar gradativamente o tecido muscular e nervoso das articulações do

pulso e/ou cotovelo (VENDRAME, 2005; XIMENES, 2006).

Por vez, o ruído foi definido por Cunha et al. (2009) como ondas sonoras que podem causar sensação de desconforto e gradual perda da percepção auditiva. Franco (2010) acrescenta que o ouvido humano não responde linearmente ao estímulo do ruído e sim em uma escala logarítmica. O ouvido humano não possui a mesma sensibilidade para todos os tipos de som, assim, as curvas isofônicas (A, B, C e D, Gerges, 1992) representam a resposta do ouvido humano a determinadas intensidades de som. Lopes et al. (2010) ressaltam que a curva “A” possui como finalidade medir os níveis de ruído contínuo ou intermitente. A exposição superior a 85 dB (A), com duração superior a 8 horas por dia, pode resultar em lesão irreversível denominada como Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) (CALDART et al., 2006; FRANCESCHI, 2013).

Logo, o trabalho teve por objetivo realizar uma revisão sobre vibração e ruído em máquinas de motores dois tempos utilizadas em operações semi-mecanizadas, comparando-as com as normas vigentes.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A pesquisa foi estruturada utilizando as plataformas: CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Google Acadêmico e Scielo (*Scientific Eletronic Library Online*). A temática de interesse, vibração e/ou ruído em máquinas equipadas com motores dois tempos, foi associada às operações semimecanizadas com as seguintes máquinas: motosserra, roçadora, motopoda, roçadora e pulverizador costal motorizado. Para compor a população, considerou-se publicações científicas dos últimos dez anos.

Assim, com base nos estudos analisados, verificaram-se os valores limites de vibração e ruído estabelecidos nas normas vigentes.

Tratando-se de vibração de mãos e braços, grande parte dos estudos são embasados nas normas técnicas ISO 5349 – 1 e 2: 2001 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2001) que trata da mensuração e avaliação da exposição humana à vibração. Na segunda parte, desta mesma norma orienta-se de maneira prática a mensuração da vibração em local de trabalho.

A NHO 10 (FUNDACENTRO, 2013 c) apresenta os procedimentos técnicos para avaliar e quantificar a vibração em mãos e braços. Da mesma forma, a NHO 9 (FUNDACENTRO, 2013b), instrui sobre a avaliação da exposição ocupacional de corpo inteiro.

Para estabelecer limites de exposição a vibrações, a Norma Regulamentadora, NR 15 – Anexo nº 8 (Brasil, 1978b), estabelece os critérios para que a exposição à atividade seja considerada insalubre e a NR 9 – Anexo nº 1 (Brasil, 1978a) discorre sobre a avaliação preliminar da exposição e a avaliação quantitativa.

Ainda a Diretiva 2002/44/CE (DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO, 2002) estabelece como limite de exposição diária, considerando 8 horas de trabalho, o valor de  $5\text{m/s}^2$  para vibração de mãos e braços.

Para ruído, os trabalhos baseiam-se em sua maioria na NR 15 – Anexo I (Brasil, 1978b) que estipula os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente. Os limites toleráveis com relação ao tempo de exposição diária admitida para que não haja prejuízo à saúde do trabalhador. Estes limites são os mesmos estabelecidos na NHO 01 FUNDACENTRO, 2013a).

Durante a análise foram apurados os fatores que influenciam diretamente no aumento da vibração e ruído.

### 3. RESULTADOS

Nos trabalhos realizados por Filho (2013) e Costa et al. (2017), que avaliaram motorroçadoras e Sasaki et al. (2014) que avaliaram o equipamento pulverizador costal motorizado, os valores resultantes de vibração não ultrapassaram o limite de exposição diária ( $5\text{m/s}^2$ ), conforme a Diretiva 2002/44/CE. Costa et al. (2017), ressaltaram que o fabricante da máquina avaliada não especifica o valor de vibração do equipamento, apenas informa a presença de vibração, fato este, que não cumpre o disposto no Anexo V da NR 15. Segundo Filho (2013), dez roçadoras transversais motorizadas de potências e marcas diferentes, foram avaliadas quanto a vibração. Concluíram que mesmo não ultrapassando o valor limite de exposição, a média obtida foi de  $4,0\text{m/s}^2$  necessitando de adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária. Este fato também foi verdadeiro para Costa et al. (2017), que realizou o corte de grama e braquiária, com uma roçadora, utilizando três tipos de ferramentas de

cutte (lâminas com duas e três pontas e fio de nylon). Considerando-se as diferentes variáveis analisadas, todos ultrapassaram o limite de ação que é de  $2,5\text{m/s}^2$ , sendo necessárias adotar medidas preventivas. Ainda, Barbosa et al. (2017) analisaram a vibração de duas roçadoras e três motopodas e nenhuma emitiu valores que ficassem dentro do permitido pela NHO 10. Por fim, no trabalho de Furtado (2004), com pulverizador costal motorizado, também, atingiu valores superiores ao estabelecido na norma. Neste estudo a vibração chegou a  $34,87\text{m/s}^2$ , o que poderia provocar danos à saúde do operador.

Alguns fatores que justificam o aumento da vibração são explicados por Schutzer (2018), sendo eles: a lâmina como ferramenta de corte pode causar amplificação da vibração ao estar desbalanceada. Analogamente Costa et al. (2017) concluíram que o maior número de pontas da ferramenta de corte interfere na redução da vibração transmitida ao operador. Estes autores ainda apontam que a vegetação como fator influente no aumento da vibração, pois, quanto maior a vegetação a ser cortada maior será a vibração transmitida.

Em trabalhos realizados por Sasaki et al. (2004), Furtado (2004), Vilela et al.

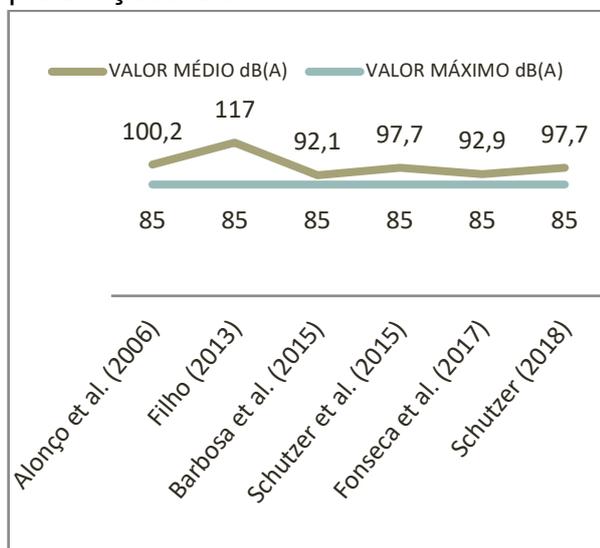
(2005), Alonço et al. (2006), Cunha e Teodoro (2006), Rodrigues et al. (2011), Filho (2013), Toscan (2014), Schutzer et al. (2015), Barbosa et al. (2015), Fonseca et al. (2017), Schutzer (2018), considerando o tema ruído, todos os níveis ficaram acima do limite permitido para 8 horas de trabalho diário.

Para melhor visualização e comparação dos níveis de ruído entre máquinas semimecanizadas, elaborou-se gráficos para comparar as médias destes, em relação à NR 15. Na Figura 1 estão expressas as comparações dos trabalhos que avaliaram roçadoras. Os valores médios foram assim dispostos para comparação geral entre os estudos e a norma. Ressalta-se que em alguns trabalhos a média foi gerada a partir da leitura de ruído dos ouvidos esquerdo e direito.

A leitura em ambos os ouvidos foi realizada por Alonço et al. (2006) na operação de uma roçadora com potência de  $1,4\text{kW}$ . Salienta-se que os operadores não usavam EPI's. Assim para o ouvido direito obteve-se um intervalo de variação do ruído de  $102,5$  a  $103,5\text{dB(A)}$  e para o esquerdo de  $97,2$  a  $97,8\text{dB(A)}$ . Schutzer et al. (2015) realizaram o estudo de forma similar com sete roçadoras os resultados médios para o ouvido direito foram de

97,38 dB(A) e para o ouvido esquerdo 97,95 dB(A).

**Figura 1.** Nível de ruído médio dB (A) para roçadoras.



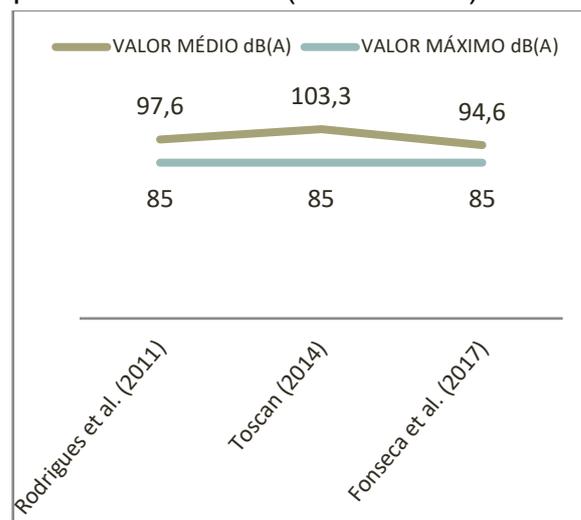
Schutzer (2018) embasou seu estudo também de forma similar. Estabeleceu intervalos de ruído para ambos os ouvidos, para as quatro roçadoras avaliadas. A média foi de 95 a 102 dB(A) considerando os motores em alta rotação.

O maior nível médio de ruído foi medido por Filho (2013), conforme Figura 1. Este fato pode ser explicado, pois o autor avaliou 45 máquinas de marcas e modelos diferentes, tendo realizado 18 repetições em datas diferentes.

Ao avaliar os níveis de ruído em motosserra, Rodrigues et al. (2011) e Fonseca et al. (2017) avaliaram apenas uma máquina em seus estudos, e os valores médios ficaram acima do

permitido pela norma, para a jornada de trabalho de 8 horas. Na Figura 2, verifica-se os níveis médios de ruído para motosserras em comparação com a norma.

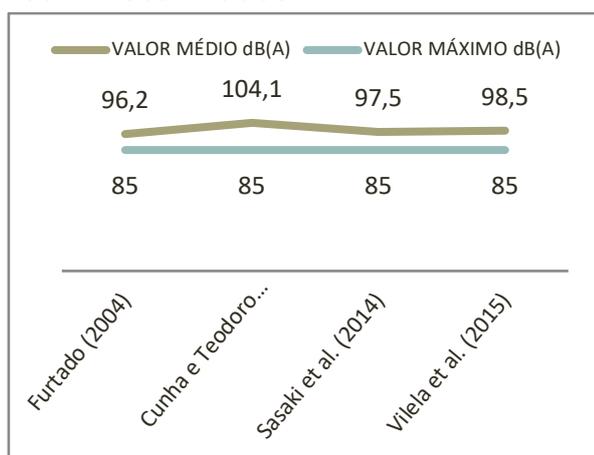
**Figura 2.** Nível de ruído médio dB(A) para motosserras (motores 2T).



Destaca-se o trabalho realizado por Toscan (2014) que obteve a maior média. O autor considerou em seu estudo, cinco motosserras de potências, marcas e tempos de uso diferentes. Como resultado, a máquina mais antiga foi a que apresentou maior nível de ruído, apesar de não possuir a maior potência. O autor ressaltou a importância do uso dos protetores auriculares. Ao fazer uso do protetor auricular indicado para a operação, obteve até 27 dB de atenuação de ruído. Assim, todos os níveis obtidos passaram a atender a norma.

Da mesma forma os valores médios de ruído obtido nos trabalhos com pulverizadores costais semimecanizados foram comparados com a norma (Figura 3).

**Figura 3.** Nível de ruído médio dB(A) para pulverizadores costais semimecanizados.



Cunha e Teodoro (2006) avaliaram dois pulverizadores costais, de mesma potência. Os resultados foram superiores aos estabelecidos na norma. Sugerem o aprimoramento dos projetos conceituais das máquinas para que emitam menores níveis de ruído.

Furtado (2004) testou três pulverizadores costais, fabricados em 1985, 1997 e 2004 que emitiram 96,88 dB(A), 96 dB(A) e 95,88 dB(A) de ruído, respectivamente. Percebe-se que a máquina mais antiga emitiu o maior nível de ruído.

Para Sasaki et al. (2014), os níveis de ruído também ficaram acima do

estabelecido na norma, assim como para Vilela et al. (2015). Estes enfatizam a importância do uso dos protetores auriculares para a atenuação dos níveis, podendo estes serem combinados: tipo concha com o de inserção.

No estudo desenvolvido por Barbosa et al. (2015), foram usadas três motopodas das marcas: A (9.800 rpm); B (10.000 rpm) e C (10.800 rpm). A máquina da marca A emitiu os maiores níveis de ruído. Destaca-se que os autores não informaram as características da vegetação em que o experimento foi conduzido.

Em suma, destaca-se a necessidade de o operador, com o uso de qualquer máquina apontada neste estudo, utilizar corretamente EPI's dentro do seu prazo de validade. Este deve ser de boa qualidade e indicado para a atividade realizada. Ainda, realizar as manutenções indicadas nos manuais dos fabricantes contribui para a redução de emissões de poluentes, ruídos e vibrações.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho verificou-se que as variáveis: potência da máquina, vegetação a ser cortada e o tipo de material cortante utilizado interferem diretamente nos níveis de vibração.

Também, observou-se que os fatores tempo de uso e a potência da máquina, influenciam na elevação dos níveis de ruído.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALONÇO, A. DOS S. et al. Análise ergonômica do trabalho em atividades desenvolvidas com uma roçadora manual motorizada. **R. Ciência Rural**, v.36, n.5, p. 1.638-1.642, 2006.
- BARBOSA, V.H.B. et al. Avaliação dos níveis de vibração e ruído nas operações de roçada e desgalhamento com motopodas. **Tópicos em gestão da produção**, vol. 4, p.120-127, 2017.
- BRASIL. Constituição 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao.htm)>. Acesso em: 17 out. 2018.
- BRASIL. **Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991**. que dispõe sobre os planos de benefício da previdência social e dá outras providências, Brasília, DF. 1991. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8213.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8213.htm)>. Acesso em: 17 out. 2018.
- BRASIL (a). Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 09**. 1978. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br>>. Acesso em: 01 out. 2019.
- BRASIL (b). Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 15**. 1978. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br>>. Acesso em: 30 out. 2018.
- BRASIL (c). Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 17**. 1978. Brasília, DF. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/SST/NR/NR17.pdf>>. Acesso em: 19 out. de 2018.
- CALDART, A.U. et al. Prevalência da perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de indústria têxtil. **Revista Arq Int Otorrinolaringol**, v.10, n.3, p. 192-196, 2006.
- COSTA, M.T.D. et al. Análise da vibração ocupacional por implementos de roçadeiras em diferentes tipos de vegetação rasteira. **Ergonomia e Segurança no trabalho em foco**, vol. 1, p. 235-245, 2017.
- CUNHA, J. P. A. R. DA; DUARTE, M.A.V.; RODRIGUES, J. C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 348-355, 2009.

- CUNHA, J.P.A.R.da; TEODORO, R.E.F. Avaliação do nível de ruído em derriçadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. **R. Bioscience Journal**, vol. 22, n. 3, p. 71-77, 2006.
- DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Directiva 2002/44/CE**: prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos dos agentes físicos (vibrações). 2002. Disponível em: <[http://www.ordemengenharios.pt/fotos/editor2/cdn/EngAcustica/dr2002\\_49.pdf](http://www.ordemengenharios.pt/fotos/editor2/cdn/EngAcustica/dr2002_49.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2018.
- DUL, J. WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 2012. 3 ed. Tradução de Itiro Iida, São Paulo: Blucher, 2012. 163 p.
- FILHO, J.A.P. **Análise dos riscos físicos e ergonômicos em roçadora transversal motorizada**. 2013. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Botucatu.
- FONSECA, A.F.C. DA. et al. Análise da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de uma empresa florestal. **Revista Espacios**, vol. 38, n. 26, p. 25, 2017.
- FRANCESCHI, A. de. **Ergonomia**. 2013. Editora: E-Tec Brasil. 155p. il. 2013. Disponível em: <[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos\\_seguranca/quinta\\_etapa/ergonomia.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/quinta_etapa/ergonomia.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2018.
- FRANCO, J.M.V. **Contributos do estudo da exposição ocupacional ao ruído ocupacional: análise de uma central termoelétrica**. 2010. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional) Universidade do Porto.
- FUNDACENTRO (a). **Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01 - Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**. 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/>>. Acesso em: 28 out. 2018.
- FUNDACENTRO (b). **Norma de Higiene Ocupacional - NHO 09 - Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro**. 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/>>. Acesso em: 28 out. 2018.
- FUNDACENTRO (c). **Norma de Higiene Ocupacional - NHO 10 - Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços: procedimento técnico**. 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/>>. Acesso em: 30 out. 2018.

- FURTADO, M.A.F. **Pulverizador costal motorizado: aspectos ergonômicos (ruído e vibração) e desempenho operacional.** 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Botucatu.
- GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle.** 1992. S.N.Y. Florianópolis. 600p. 1 ed. 1992.
- GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 1998. Editora Bookman. Porto Alegre. 331 p. 1998.
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** 2005. Blucher. São Paulo. 630 p. 2 ed. 2005.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 2001. **ISO 5349 - 1 e 2: 2001.** Disponível em: <<https://www.sis.se/api/document/preview/617605/>>. Acesso em: 11 out. 2018.
- LOPES, D.R. et al. Gestão do ruído industrial por meio da criação de um índice comparativo ao ruído ocupacional. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2010, Niterói. **Anais...** Niterói, 2010.
- MACHADO, C.C. Colheita Florestal. In: SOUZA, A.P. DE. et al. **Ergonomia aplicada ao trabalho.** 3 ed. Viçosa, Minas Gerais, 2014. p. 336-353.
- RODRIGUES, V.A.J. et al. Avaliação da exposição ao ruído e da carga de trabalho físico de operadores de motosserra no corte de eucalipto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ERGONOMIA E SEGURANÇA NO TRABALHO FLORESTAL E AGRÍCOLA, 2011, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2011.
- SANTOS FILHO, P.F. et al. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p.887-895, 2003.
- SASAKI, R.S. et al. Avaliação ergonômica de pulverizadores costais utilizados no setor florestal. **Revista Árvore**, vol.38, n.2, p.331-337, 2014.
- SCHUTZER, V.M. **Avaliação de parâmetros ergonômicos: vibração e ruído em roçadoras laterais.** 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) UNESP - Bauru).
- SCHUTZER, V.M; SANTOS, J.E.G. dos; PASCHOARELLI, L.C. Roçadeiras costais motorizadas: análises estatísticas das variáveis ergonômicas avaliadas. In: 15º ERGODESIGN, 2015, Recife. **Anais...** Recife. 2015, vol.2, n.1. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article->

details/>. Acesso em: 23 set. 2018.

TOSCAN, R.S. **Riscos ocupacionais relacionados ao uso da motosserra, com ênfase no ruído, medidas preventivas e EPI's a serem utilizados.** 2014. 48 f. Monografia (Engenheiro de segurança do trabalho) Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

VENDRAME, A. C. **Exposição ocupacional às vibrações.** 2005. São Paulo: Ed. Do Auto. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br>>. Acesso em: 24 out. 2018.

VILELA, R.A.de G.; MALAGOLI, M.E.; MORRONE, L.C. Trabalhadores da saúde sob risco: o uso de pulverizadores no controle de vetores. **Revista Produção**, v.15, n.2, p.263-272, 2005.

XIMENES, G.M. **Gestão ocupacional da vibração no corpo humano, aspectos técnicos e legais relacionados à saúde e segurança.** 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Gestão) Universidade Federal Fluminense

“Os trabalhos aqui transcritos, bem como os conceitos emitidos, são de inteira responsabilidade de seus autores”.

ISBN 978-85-9450-053-3



9 788594 500533