



Anais 18º Seminário de Colheita e Transporte de Madeira

9 e 10 de abril de 2018
Ribeirão Preto, SP

*Jorge Roberto Malinovski
Rafael Alexandre Malinovski
Ricardo Anselmo Malinovski
Edilson Batista de Oliveira*
Editores técnicos

 Malinovski

 Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Anais

18º Seminário de

Colheita e Transporte de Madeira

**9 e 10 de abril de 2018
Ribeirão Preto, SP**

*Jorge Roberto Malinovski
Rafael Alexandre Malinovski
Ricardo Anselmo Malinovski
Edilson Batista de Oliveira*
Editores técnicos

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Caixa Postal 319
Fone/Fax: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Nota: Os trabalhos que integram estes Anais do 4º Encontro Brasileiro de Silvicultura foram submetidos à análise da Comissão Científica do evento. O processo de seleção seguiu critérios preestabelecidos por esta Comissão. Contudo, todas as afirmativas, opiniões, conceitos, resultados e conclusões, citações e referências, aqui documentadas, são de inteira responsabilidade de seus autores.

Supervisão editorial

Jorge Roberto Malinovski
Rafael Alexandre Malinovski
Ricardo Anselmo Malinovski
Giovana Carmine Massetto
Edilson Batista de Oliveira

Revisão de texto

Edilson Batista de Oliveira

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico, editoração eletrônica e capa

Neide Makiko Furukawa

Foto da capa

Jessica Fonseca Vieira

Coordenação técnica

Ricardo Anselmo Malinovski

1ª edição

Publicação digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Seminário de Colheita e Transporte de Madeira (18. : 2018 : Ribeirão Preto, SP).

Anais : XVIII Seminário de Colheita e Transporte de Madeira, 9 e 10 de abril 2018, Ribeirão Preto, SP / Jorge Roberto Malinovski ... [et al.], editores técnicos - Brasília, DF: Embrapa, 2018.

PDF (102 p.) il. color

Modo de acesso:

<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>>

ISBN 978-85-7035-810-3

1. Manejo florestal – Evento. 2. Produção florestal. 3. Colheita mecanizada. 4. Transporte. I. Malinovski, Jorge Roberto. II. Malinovski, Rafael Alexandre. III. Malinovski, Ricardo Anselmo. IV. Massetto, Giovana Carmine. V. Oliveira, Edilson Batista de.

CDD (21. ed.) 634.9

Editores técnicos

Jorge Roberto Malinovski

Engenheiro Florestal, doutor em Ciências Florestais, Diretor Geral da Malinovski, Curitiba, PR

Rafael Alexandre Malinovski

Engenheiro Florestal, doutor em Ciências Florestais, Diretor de Negócios da Malinovski, Curitiba, PR

Ricardo Anselmo Malinovski

Engenheiro Florestal, doutor em Agronomia, Diretor de Eventos e Marketing da Malinovski, Curitiba, PR

Edilson Batista de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Organização



Apresentação

O 18º Seminário de Colheita e Transporte de Madeira representa a continuidade de um evento iniciado em 1977, um dos mais tradicionais do setor florestal brasileiro. Ainda, trata-se do único evento ininterrupto deste segmento.

Outro diferencial histórico do Seminário é que este sempre foi acompanhado de um Dia de Campo, com exposição de máquinas e equipamentos voltados às práticas de colheita e transporte florestal (abrangendo Corte, Extração, Biomassa, Estradas e Transporte de Madeira). Em outras palavras, pode-se dizer que o Seminário foi o precursor da Expoforest, nossa Feira Florestal Brasileira.

Desde sua concepção, o objetivo do Seminário sempre foi trazer ao público-alvo as principais inovações tecnológicas do segmento, fornecendo um vislumbre do futuro do setor – sempre impulsionado pela linha técnica, prática e científica. Para isto, o evento traz palestras com temas de alta relevância para o momento atual, que são apresentados por profissionais de renome, profundos conhecedores dos assuntos pautados.

A busca de informação é sempre o motor do desenvolvimento tecnológico. Este, portanto, é o principal estímulo por trás do evento, que tem aumentado o número de participantes a cada edição. Para este ano, está programada, inclusive, a presença de um terço de palestrantes estrangeiros, que certamente contribuirão sobremaneira para o desenvolvimento do setor.

Além de proporcionar a atualização de conhecimentos por meio das palestras técnicas, o evento se provou relevante a cada edição como um palco indispensável para manutenção e aumento de *networking* com profissionais altamente especializados, pois, como ocorre atualmente a cada quatro anos, é também um local para lembrar a história do setor e fazer novas amizades.

Para esta 18ª edição, foram selecionados quatro blocos temáticos com cinco palestras cada: Gestão de Processos, Logística, Novas tecnologias, e Cadeia Produtiva da Madeira. Os temas principais constituem tópicos de relevância para as empresas, proprietários de florestas, pesquisadores e acadêmicos do segmento florestal. O objetivo é que os temas apresentados possam realmente ser aplicados no dia a dia do profissional florestal brasileiro.

Quando pensamos em Floresta Plantadas, um dos grandes propulsores da economia nacional, o que buscamos para o futuro são as Florestas de Precisão, ou seja, a integração de toda a cadeia produtiva da madeira. O sonho de termos florestas integradas, inteligentes, sustentáveis e altamente produtivas pode, sim, ser uma realidade – e um dos passos rumo a esse futuro está aqui, neste evento, devido a apresentação de temas altamente relevantes para o segmento.

Jorge Roberto Malinovski
Diretor-Geral da Malinovski

Edson Tadeu Iede
Chefe-Geral da Embrapa Florestas

Sumário

Forest productivity maps from data collected by forest harvesters	9
Avaliação técnica do <i>feller-buncher</i> em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Mato Grosso	15
Influência do uso e do manejo do solo em integração com floresta na capacidade suporte de cargas de um latossolo.....	21
Simulação de cenários de variação da eficiência operacional e da produtividade no desempenho e custo das atividades de corte extração florestal	27
Manutenção de classe mundial (WCM) como determinante para otimização da operação de arraste com skidder	31
Influência de árvores bifurcadas na produtividade de um <i>harvester</i>	37
Análise do custo de manutenção de um processador <i>harvester</i> sob a ótica da manutenção de classe mundial (WCM)	41
Densidade ótima de estradas para a exploração em Plano de Manejo Florestal	45
Análise de lesões sofridas por trabalhadores da colheita florestal, em Minas Gerais	51
Senso-percepção dos condutores do transporte rodoviário de cargas em geral e de madeira bruta sobre o sistema viário do estado de Mato Grosso, MT.....	57
Comparação do custo do frete de cavaco para combinações veiculares de carga de 11 eixos e 6 eixos	61
Quantificação e caracterização de danos em povoamento de <i>Pinus taeda</i> L. submetido ao desbaste misto mecanizado	65
Diagnóstico da qualidade de estradas florestais pré-colheita: estudo de caso em Teca no Mato Grosso	69
Análise dos fatores humanos relacionados ao trabalho na colheita florestal com <i>Harvester e Forwarder</i>	75
Uso de dados LiDAR como ferramenta para estimativas de erosão em estradas florestais	79
Análise comparativa de desempenho entre cabeçotes Waratah 622B e 622C 4x4	85
O uso de equipamentos de proteção individual na operação de motosserras por produtores rurais.....	87
Análise operacional do processo de carregamento de madeira de eucaliptos em campo	91
Estudo comparativo de custos entre transporte de madeira com biminhão e rodotrem	95



Forest productivity maps from data collected by forest harvesters

Alejandro Olivera¹; Rien Visser^{2,4}; Justin Morgenroth^{3,4}

¹PhD, Senior Lecturer Tacuarembó University Centre, Universidad de la Republica, Uruguay, alejandro.olivera@cut.edu.uy; ²PhD, Associate Prof. and Director of Studies, Forest Engineering; ³PhD, Senior Lecturer; ⁴School of Forestry, University of Canterbury, New Zealand

Abstract: Data collected by on-board computers during timber harvesting can be used to produce forest yield maps that are useful for implementing precision forestry management in subsequent rotations. Previous research established a spatial resolution for the development of fit-for-purpose forest yield maps. The goal of this research was to develop a method for converting the GNSS-enabled harvester data into accurate forest productivity maps. First two stands with accurate tree location data were used to develop models for mapping productivity, then the best-performed model were applied to a dataset of two stands from data automatically collected by a single-grip harvester.

Key words: Precision forestry management; Precision silviculture; Uruguay.

Introduction

Modern forest single-grip harvesters capable of collecting individual georeferenced tree data during harvest have been used worldwide for more than two decades (ARLINGER; MÖLLER, 2007). Most single-grip harvesters currently in use are equipped with a standard for data collection and a communication protocol called StanForD. StanForD is now used in most countries (SKOGFORK, 2017), becoming a de facto standard that provides a mechanism to automatically record data from forest harvesters. In addition to follow up data it is possible to record compressed data for each individual processed stem, including but not restricted to: individual log volume, stem volume, log classification and stem identification number. When coupled with a Global Navigation Satellite System (GNSS) it is also possible to record geographic coordinates for each felled tree (OLIVERA, 2016).

Several opportunities using this technology have been explored for forest management and research to make forest management processes more efficient (LINDROOS et al., 2015; OLIVERA et al., 2016; LU et al., 2017). One opportunity not yet explored regarding the management of fast-growing forest plantations is the creation of forest productivity (yield $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) maps (TAYLOR et al., 2006; OLIVERA; VISSER, 2016).

Harvester data can provide a full georeferenced census of all harvested trees and as such is more likely to detect sub-stand level variations than plot-based methods. When trees are felled and processed with harvesters there are no direct costs for data collection.

However, GNSS-enabled harvester data does have positional inaccuracies. The two main ones are associated with the GNSS recording under forest coverage (from satellite occlusion and multi-path errors) and the physical dislocation of the GNSS. The physical dislocation is that the GNSS unit is typically mounted on the cabin of the machine, but the tree is felled using a boom and could be up to 12 metres from the cabin (OLIVERA; VISSER, 2016).

An accurate and detailed forest yield map would be a useful tool for research and decision making for subsequent rotations. Based on a productivity map, areas with low and high productivity in a forest can be stratified. Forest stratification allows efficient allocation of inventory plots in the next rotation because the variability across the stand has already been evaluated. This would represent a gain in accuracy and potentially reduce the number of required plots (MELLO, 2004). Stratification also makes it possible to target site evaluations such as soil sampling in order to better understand forest productivity correlated to soil attributes and/or relief (VERGARA, 2004; GONÇALVES et al., 2012; GONZÁLEZ BARRIOS et al., 2015). Virtually any information available as digital layer data (e.g. Digital Terrain Models, soil maps) can be overlaid to evaluate the factors affecting productivity. Moreover, when the wood volume and its variation across the area are known, correlated variables such as total biomass can be evaluated and mapped accurately (MÖLLER et al., 2011).

The creation of detailed yield maps can also complement the technology for site-specific silvicultural management of planted forests (MCDONALD et al., 2006; VIEIRA et al., 2012).



Olivera and Visser (2016) established a suitable resolution, expressed as cell size, for mapping productivity, stocking and mean tree volume for stands based on a census of all georeferenced trees. Then, established a suitable resolution to map productivity makes it possible to develop a method for mapping productivity from harvester data.

The objective of this work was to present a method to map productivity from harvester data. This method is the best performed one from eight models developed and tested by Olivera (2016).

Materials and methods

• Data source

Data from four stands containing information on individual trees were collected or generated (Table 1). Stand 1 was a 3.6 ha site located 9.6 km north of Auburn, Alabama, USA. The position of each *Pinus taeda* L. tree within the stand was measured with sub-centimetre accuracy as described in Brodbeck et al. (2007). Stand 2 was artificially generated using ArcGIS 10.2.2 software (ArcGIS, 2014) for a stand of 6.65 ha. Initial tree spacing was uniform and accurately represented in the map, with 3.5 m between rows and 2.15 m between trees in the same row, resulting in a theoretical stocking of 1328 trees ha⁻¹. This was randomly reduced by 25% to 967 trees ha⁻¹ to simulate a typical level of mortality.

Stands 3 and 4 were obtained in the format of stm files (SKOGFORSK, 2017) from a single-grip Ponsse Ergo 8W harvester equipped with a combined

GSM-GNSS antenna installed on the cabin for geospatial data collection and communication. The harvester control system complied with the StanForD standard (PONSSE, 2009; SKOGFORSK, 2017). All harvested trees were debarked and cross-cut for pulpwood logs. Table 1 provides additional details of each stand. Brodbeck et al. (2007), and Olivera and Visser (2016) describe in detail Stands 1 and Stands 2 to 4, respectively.

• Method

The best performed model were selected from a total of eight developed by Oliveira (2016). All models were created in ArcGIS 10.2.2 (ArcGIS, 2014). The model was developed using data from Stands 1 and 2 (which had accurate tree location) to create productivity surface based on a census of georeferenced trees. The accuracy of these models was assessed by comparing the model-generated maps with reference maps. The reference maps were generated by diving each stand into 40 m x 40 m cells and summing the volume of all trees within each cell and then normalizing to a volume per hectare. The selection of cell size was based on the findings of (OLIVERA; VISSER, 2016). The result of this step, was a raster surface of 40 m x 40 m cell.

Model productivity surface was an interpolation of the productivity value at the centre point of each usable cell¹ of the reference map (Figure 1). The point data layer from the model was obtained from conversion of the raster to a point layer assigning the values of productivity (m³ ha⁻¹) from each cell to their centre points.

Table 1. Characteristics of the four studied stands.

	Stand 1	Stand 2	Stand 3	Stand 4
Location	32°41'43"N, 85°30'11"W	Computer generated	32°33'18"S, 57°24'19"W	32°32'41"S, 57°24'04"W
Species	<i>P. taeda</i>	-	<i>E. dunnii</i>	<i>E. maidenii</i>
Age (years)	25	-	19	19
Year of data collection	Pre-2007	-	2014	2014
Area (ha)	3.6	6.65	6.65	8.05
Average stocking rate (n° trees ha ⁻¹)	661	967	967	899
Thinned	at age 16	no	no	no
Volume studied ^a	Total volume	Merc. volume	Merc. volume	Merc. volume
Average volume m ³ ha ⁻¹	157	506	464	213
Mean tree volume (m ³)	0.24	0.52	0.48	0.24

Note: ^a Merc. (Merchantable) volume refers to volume of commercial logs only.

Font: adapted from Oliveira and Visser (2016).

¹ Usable cells: cells that are completely within the boundaries of the stand (OLIVERA; VISSER, 2016).

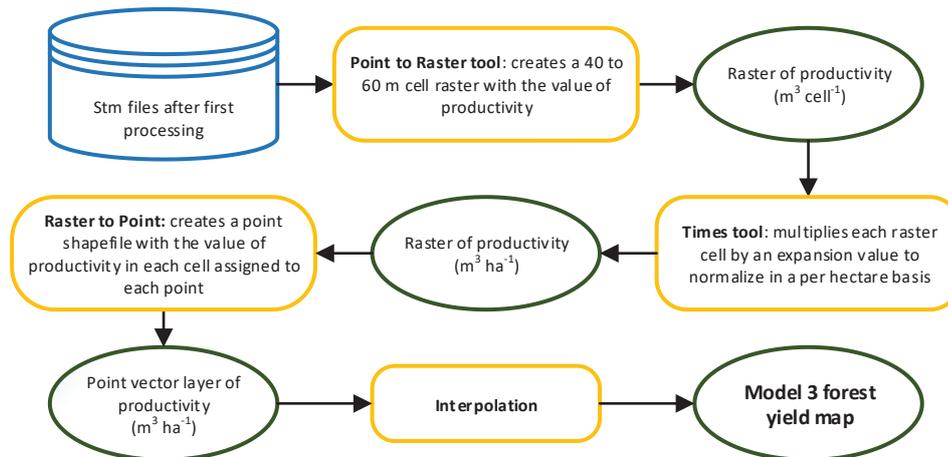


Figure 1. Diagram of the model process, showing the sequence of steps. Blue box represents database, yellow boxes represent the ArcGIS tool used and green boxes represent layer data outputs.

The values of the resulting point layer from each model were interpolated to create a productivity map (or yield map) of each stand. Several options of interpolation methods were explored and Ordinary Kriging was finally selected as it is the most robust method (GRIFFIN, 2010).

To assess the accuracy of the productivity model, approximately 100 points randomly distributed over the stand were generated for each stand (Figure 2); the tool Generate Random Points from ArcGIS was used for this process. Only the points that fell inside the usable area of 40 m cells were used for comparison. The distribution of the random points was checked to ensure that all cells were covered. For the assessment, a process model was created in ArcGIS; from the productivity model surfaces (in raster format) the value from productivity at each point was extracted using the tool Extract Multi Values to Points. The result was a point vector layer with the value from the productivity model and the reference map at each one of the random points. The resulting layers were exported as a table and analysed using Excel software (Microsoft Corporation, USA).

An analytical technique was used to assess the accuracy of the model-generated productivity map by comparing the estimates with the reference productivity values (CONGALTON, 1991). The technique consisted of subtracting the model value from the reference value and counting the proportion of values that were within $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ and $\pm 20\%$ of the reference value. A matrix with the results was created with the percentage of points registered in each error class.

To aid the ranking of models for each stand, a criterion was built weighting the percentage of points counted in each class; higher accuracy had higher weighting factor. The proportion of points within $\pm 5\%$ was multiplied by a factor of 0.5, within $\pm 10\%$ by a

factor of 0.3 and within $\pm 20\%$ by a factor of 0.2. This score is called the performance score; the higher the performance score the better the model.

- Model application to harvester data

The best performed model were then applied to two harvester data stands (Stands 3 and 4; Table 1). The cell length for mapping productivity was 60 m and 40 m for stand 3 and stand 4 respectively (OLIVERA, 2016).

Results

- Method

The reference maps for Stand 1 and 2 are presented in Figure 2. Values of productivity of Stand 1 ranged from 133 to 194 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. The productivity within the used area was divided into four classes for visual comparison with the model-generated productivity maps. Stand 2 productivity varied between 421 to 640 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. For this stand, five classes of productivity were used in the division due to the range of values is larger than Stand 1.

Productivity map obtained from the model for Stand 1 (Figure 3), varied between 143 and 185 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$; the productivity zones were coincident with the reference map. Stand 2 productivity map values (Figure 3) ranged from 422 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ to 580 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$; zones of higher and lower productivity are also coincident with the reference map.

A total of 101 and 111 points for Stand 1 and 2, respectively, were used to evaluate the accuracy of the model (Figure 2). The performance scores were 74 and 72 for Stands 1 and 2 respectively; this was de criteria to select the model as the best, all other models tested

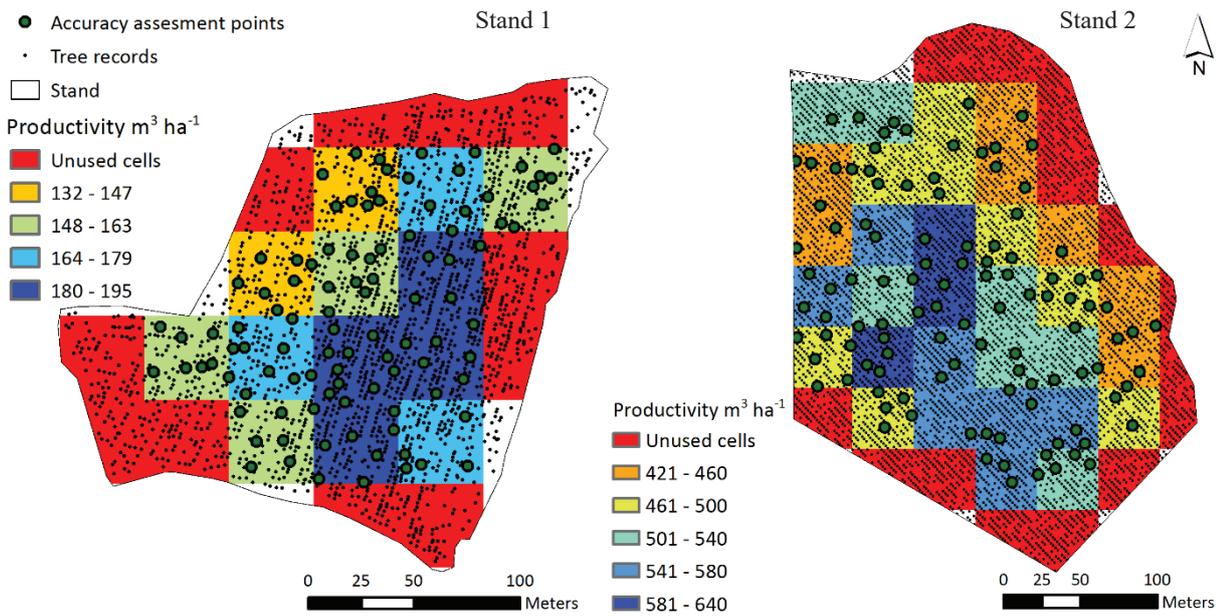


Figure 2. Stand 1 and 2 40 m cell reference maps with points for accuracy assessment. Cell values represent reference productivity values ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$). Only cells that have the total area inside the stand have points for accuracy assessment, all other cells (in red colour) are excluded as reference because part of their area is outside the stand boundaries.

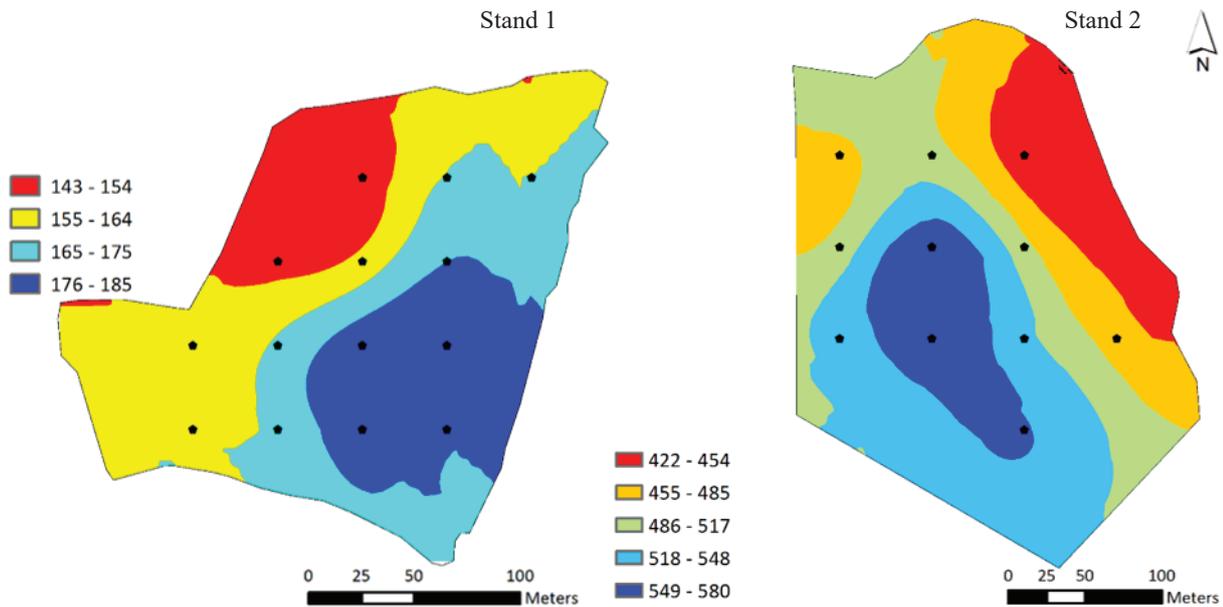


Figure 3. Productivity maps generated from the selected model for Stand 1 and Stand 2. Detail of interpolation points for each stand. Range of values are in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

by Olivera (2016) scored lower than these values and are not presented in this work.

- Selected models application to harvester data

The selected model was applied to two harvester data stands (3 and 4). Productivity maps from both harvester data stands using the selected model are presented in Figure 4. Five productivity classes were used for both stands.

Discussion

The selected model was the best option to apply to harvester data using a suitable cell size. For the studied stands this was 40 m to 60 m. Using this method, it is possible to generate productivity maps purely from harvester data.

One limitation of this project is the use of relatively small areas as the lower number of points makes the models weaker from the geostatistical perspective.

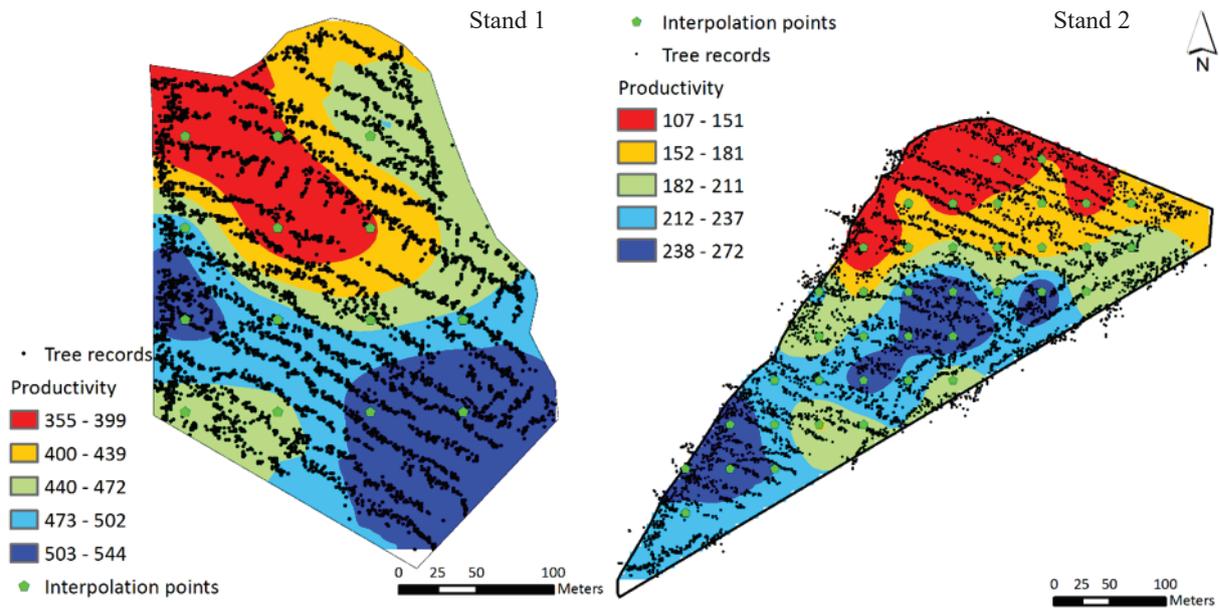


Figure 4. Productivity maps generated from the selected model for Stand 3 and Stand 4. Detail of interpolation points for each stand. Range of values are in $m^3 ha^{-1}$. Maps also show pattern of tree records aligned on harvester path from harvester data.

Productivity maps from larger areas would be more accurate as they fit a larger number of points for interpolation, resulting in better statistics. Larger areas such as contiguous stands (of same species, ages and progeny) would result in more accurate maps as there are more points for interpolation, therefore reducing the edge effect.

The cell size for grouping trees (40 m to 60 m) was larger than the average expected inaccuracy of tree location from harvester data (3 m to 9 m with standard deviations up to 12 m) (OLIVERA; VISSER, 2016). Hence, the grouping of trees counteracts both inaccuracy effects (GNSS location and head distance from the cabin) since the interpolation uses a value in an average location for a group of trees instead of each single value. However, we cannot assure that there is no effect of these inaccuracies.

New developments in positional technology of harvesters may be able to collect more accurate tree location data as the position of the head with respect to the machine base could be accurately estimated (LINDROOS et al., 2015; HAUGLIN et al., 2017). In addition, the new version of StanForD, StanForD2010, can record data from not only the position of the machine, but also the position of the head, the angle of the crane and the bearing direction of the machine. Such advances may improve the quality and accuracy of productivity maps. However, using the models developed in this work for mapping total productivity, the spatial resolution would still be between 30 m to 60 m as explored in Olivera and Visser (2016) using Stand 1 and 2 data. If instead the focus is on mapping

different assortments, timber quality or timber value maps (TAYLOR et al., 2006), the gain in accuracy might be beneficial.

For harvester data, the commercial recovered volume is the only data available. This is a limitation of using GNSS enabled stm files data for mapping productivity. Hence, the total volume of the forest is underestimated. On the other hand, this is an advantage as companies may be interested in commercial merchantable timber instead of total wood volume.

Further study should overlay the productivity maps with digital layers of data (soil maps, topographic maps, and slope classes and aspect) to identify and quantify the factors driving the differences in productivity.

Conclusions

Productivity maps from GNSS enabled harvester data can be created to assess the variability of productivity at sub-stand level. This requires the following steps: first, a cell size analysis for productivity must be carried out to define an adequate cell size for interpolation. Then using the suitable cell size the model developed here can be used to create a productivity map.

An idealised future study would fully survey all trees in a stand and then capture the corresponding harvester data set. This would allow a more complete understanding of what variation is attributable to the geospatial inaccuracy of the harvester versus the actual variation in the stand.



References

- ARCGIS 10.2.2 for Desktop. Redlands: Esri, 2014.
- ARLINGER, J.; MÖLLER, J. Information exchange with CTL machines, recent development of StanForD: a communication standard. In: FOREST ENGINEERING CONFERENCE, 3., 2007, Mont-Tremblant, Quebec. [Proceedings... S. l. : s. n., 2007]. Available in: <<http://www.feric.ca/en/?OBJECTID=9D89028D-BC8C-A58C-9CFCBD334D266708>>. Access in: 19 Oct. 2017.
- BRODBECK, C.; FULTON, J.; SHAW, J.; MCDONALD, T.; RODEKOH, D. Timber mapping for site-specific forest management. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2007. Minneapolis. **Proceedings...** St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007. Paper n. 071093.
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991. DOI: 10.1016/0034-4257(91)90048-B.
- GONÇALVES, J. L. de M.; ALVARES, C. A.; GONÇALVES, T. D.; MOREIRA, R. M. e; MENDES, J. C. T.; GAVA, J. L. Mapeamento de solos da produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*, com uso de sistema de informação geográfica. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 94, p. 187-201, 2012.
- GONZÁLEZ BARRIOS, P.; PÉREZ BIDEGAIN, M.; GUTIÉRREZ, L. Effects of tillage intensities on spatial soil variability and site-specific management in early growth of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v. 346, p. 41-50, 2015. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.02.031.
- GRIFFIN, T. W. The spatial analysis of yield data. In: OLIVER, M. A. (Org.). **Geostatistical applications for precision agriculture**. United Kingdom: Springer, 2010. p. 27.
- HAUGLIN, M.; HANSEN, E. H.; NÆSSET, E.; BUSTERUD, B. E.; GJEVESTAD, J. G. O.; GOBAKKEN, T. Accurate single-tree positions from a harvester: a test of two global satellite-based positioning systems. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 32, n. 8, p. 774-781, 2017. DOI: 10.1080/02827581.2017.1296967.
- LINDROOS, O.; RINGDAHL, O.; PEDRO, L. H.; HOHNLOSER, P.; HELLSTRÖM, T. Estimating the position of the harvester head: a key step towards the precision forestry of the future? **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 36, n. 2, 2015.
- LU, K.; BI, H.; WATT, D.; STRANDGARD, M.; LI, Y. Reconstructing the size of individual trees using log data from cut-to-length harvesters in *Pinus radiata* plantations: a case study in NSW, Australia. **Journal of Forestry Research**, v. 29, n. 1, p. 13-33, 2017. DOI: 10.1007/s11676-017-0517-1.
- MCDONALD, T. P.; FULTON, J.; DARR, M.; TAYLOR, S. E.; CORLEY, F. W.; BRODBECK, C. J. GPS-based documentation of manual silvicultural operations. In: ACKERMAN, P. A.; LANGIN, D. W.; ANTONIDES, M. C. (Org.). **International Precision Forestry Symposium: precision forestry in plantations, semi-natural and natural forests**. Stellenbosch South Africa: Stellenbosch University, 2006.
- MELLO, J. M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal (Applied geostatistics to forest inventory)**. 2004. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- MÖLLER, J.; ARLINGER, J.; HANNRUP, B.; LARSSON, W.; BARTH, A. Harvester data as a base for management of forest operations and feedback to forest owners. In: ACKERMAN, P.; HAM, H.; GLEASURE, L. E. (Org.). **Forest Engineering Conference: innovation in forest engineering: adapting to structural change**, 4. White River, South Africa: Stellenbosch University, 2011.
- OLIVERA, A. **Exploring opportunities for the integration of GNSS with forest harvester data to improve forest management**. [S. l.]: University of Canterbury, 2016. Available in: <<https://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/11829>>. Access in: 19 Oct. 2017.
- OLIVERA, A.; VISSER, R.; ACUNA, M.; MORGENROTH, J. Automatic GNSS-enabled harvester data collection as a tool to evaluate factors affecting harvester productivity in a *Eucalyptus* spp. harvesting operation in Uruguay. **International Journal of Forest Engineering**, v. 27, n. 1, p. 15-28, 2016. DOI: 10.1080/14942119.2015.1099775.
- OLIVERA, A.; VISSER, R. Development of forest-yield maps generated from Global Navigation Satellite System (GNSS)-enabled harvester StanForD files: preliminary concepts. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 46, n. 1, 2016. DOI: 1.1186/s40490-016-0059-x.
- PONSSE, O. **Opti4G 4.700**. 2009.
- SKOGFORSK. **StanForD**. Available in: <<https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/>>. Access in: 19 Oct. 2017.
- TAYLOR, S. E.; MCDONALD, T. P.; FULTON, J. P.; et al. Precision forestry in the southeast U.S. In: ACKERMAN, P. A.; LANGIN, D. W.; ANTONIDES, M. C. (Org.). **International Precision Forestry Symposium: precision forestry in plantations, semi-natural and natural forests**. Stellenbosch South Africa: Stellenbosch University, 2006.
- VIEIRA, G. R.; GARCIA, C. W.; ZANARDO, C. Precision silviculture and performance monitoring in Brazilian *Eucalyptus* forest scenario. In: PENTEK, T.; PORSINSKY, T.; SPORCIC, M. (Org.). **International Symposium on Forestry Mecanization "Forest Engineerin: concern, knowledge and accountability in today's environment"**, 45., 2012. Dubrovnik, Croatia: Forestry Faculty of Zagreb University, 2012. Available in: <<http://www.formec2012.hr/>>. Access in: 19 Oct. 2017.



Avaliação técnica do *feller-buncher* em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Mato Grosso

Aline Mayara Chagas¹; Edmilson Santos Cruz²; Thelma Shirlen Soares²

¹Engenheira Florestal, Replantar Investimentos Agroflorestais, Rondonópolis, MT, engenharia@replantar.net; ²Doutor em Engenharia Florestal, Docente da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Jataí, GO, edmilsonscruz@gmail.com, thelsoares@gmail.com

Resumo: Este estudo foi desenvolvido em um sistema de integração lavoura-pecuária-florestal (iLPF) com o objetivo de avaliar o desempenho do *feller-buncher* no corte florestal de *Eucalyptus urograndis* aos 108 meses de idade, implantado no espaçamento 10x2 m. A disponibilidade técnica, mecânica e eficiência operacional apresentaram valores satisfatórios, acima de 70%, com produtividade efetiva de 178,52 m³.he⁻¹ e com correlação linear moderada entre o volume médio por árvore e o número médio de árvores com a produtividade efetiva e, ainda, correlação fraca destas mesmas variáveis como o tempo total do ciclo. No ciclo operacional, o maior tempo foi gasto na operação de corte e formação do feixe de árvores no cabeçote (35,6%), com poucas interrupções não mecânicas e sem manutenção preventiva realizada no talhão, porém com ocorrência de manutenção corretiva.

Palavras-chave: Colheita florestal; Eficiência operacional; Mecanização florestal.

Introdução e objetivos

As florestas plantadas no Brasil se estendem por cerca de 7 milhões de hectares, compostas predominantemente por espécies de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. De todo o PIB brasileiro, o setor de florestas plantadas contribuiu, em 2016, com 1,1% de toda a riqueza gerada, o que representou 6,2% do PIB Industrial, cujas exportações somaram US\$ 8,9 bilhões, com 51% das vendas para países da Europa e China (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017).

O plantio consorciado de árvores com pastagens resulta em grandes benefícios aos produtores, podendo-se citar a barreira de quebra-ventos, a redução da erosão, a melhoria e conservação da água, a redução da necessidade de fertilizantes minerais, a fixação de carbono, a diversificação da produção, o aumento da renda e da biodiversidade, a melhoria do conforto dos animais (BALBINO et al., 2011).

Na colheita florestal, a mecanização contribui para redução da mão de obra, aumento da produção e diminuição dos tempos das operações, otimizando o ciclo de produção. De acordo com Bramucci e Seixas (2002), os sistemas mecanizados de colheita florestal são afetados por diversas variáveis que interferem na capacidade operacional dos equipamentos e, conseqüentemente, no custo final. No Brasil, existem ainda poucos dados a respeito da real influência destas variáveis e da produtividade das máquinas em variadas

condições de trabalho, tais como os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPFs).

Considerando-se que os estudos de avaliação técnica de desempenho de tratores florestais em variados sistemas de colheita são predominantemente realizados em plantios puros, e que ainda são incipientes os estudos de desempenho destes mesmos tratores na colheita mecanizada em sistemas iLPF, este teve como objetivo realizar a análise técnica do desempenho do *feller-buncher* no corte florestal de árvores de eucalipto em um sistema iLPF com 108 meses, destinado à produção de cavacos.

Material e Métodos

A área de estudo compreendeu um talhão de sistema iLPF localizado em Alto Araguaia, MT, coordenadas 53°21'56"W e 17°36'33"S. De acordo com Resende et al. (1994), o clima da região é do tipo Aw (classificação de Köppen), com temperatura média nos meses menos quentes em torno de 18 °C e precipitação média anual de 1.680 mm, com período chuvoso de outubro a abril e período seco, de maio a setembro.

Na implantação do sistema iLPF, foi utilizado um clone de *Eucalyptus urograndis* (híbrido de *E. grandis* e *E. urophylla*) em espaçamento 10 m x 2 m. Na formação da pastagem, utilizou-se *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) nas entrelinhas do eucalipto e o



componente animal (bovinos) foi introduzido dois anos após o plantio. Os tratamentos silviculturais compreenderam o controle de formigas cortadeiras e a adubação até o terceiro ano do plantio. A rotação estabelecida para o eucalipto foi de nove anos, com finalidade de uso para fins energéticos (cavaqueamento).

O sistema de colheita foi o de cavaqueamento (*chipping*), no qual as árvores são derrubadas e extraídas para as laterais do talhão onde são processadas, isto é, desganhadas, descascadas e picadas em cavacos (MALINOVSKI et al., 2014), podendo também ocorrer o processamento da árvore inteira, sem as operações de desganhamento e descascamento, sendo esta a condição do presente estudo.

O trator florestal analisado neste estudo foi um *feller-buncher* de pneus da marca John Deere, modelo 643 K, potência nominal de 130 kW, fabricado em 2013, com cabeçote de 14.898 kg e capacidade de corte de 508 mm.

Para a realização do estudo, foram consideradas as seguintes etapas do ciclo operacional do *feller-buncher*: (i) cortar e acumular as árvores da linha de plantio no cabeçote até formar um feixe; (ii) manobrar com o feixe de árvores formado no cabeçote e derrubá-lo no talhão (enleiramento); (iii) deslocar-se da leira até a linha de plantio para iniciar um novo ciclo operacional. Também foram levantadas as interrupções e suas respectivas causas, classificando-as em mecânicas (preventivas ou corretivas) e não mecânicas.

Foi realizada a amostragem piloto para definir o número mínimo de ciclos operacionais necessários para compor uma amostra representativa da área de estudo, conforme procedimentos sobre teoria da amostragem utilizada por diversos autores (FIEDLER et al., 2008; SIMÕES et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2011; PEREIRA et al., 2015; MIYAGIMA et al., 2016). Para tanto, considerou-se um erro de amostragem máximo de 5% e um nível de probabilidade de confiança de 95%. Conhecendo-se o tamanho da amostra e levando-se em consideração as características do talhão, definiu-se o número de linhas de plantio necessárias para a coleta dos dados de forma sistemática, abrangendo-se todo o talhão de 40,33 ha, cuja coleta de dados ocorreu quando o povoamento tinha 108 meses de idade.

A análise técnica do *feller-buncher* baseou-se no estudo de tempos e movimentos, no qual foi empregado o método de cronometragem de tempos contínuos, caracterizado pelo levantamento dos tempos parciais de cada elemento sem a detenção do cronômetro. O acompanhamento das operações do *feller-buncher* foi realizado sem qualquer interferência no sistema normal de trabalho do operador.

Para a produtividade do *feller-buncher*, o volume médio das árvores do talhão foi obtido de acordo com inventário florestal, do qual foi obtido o volume médio

por árvore, sendo esse valor multiplicado pelo número de árvores de cada feixe formado no cabeçote, gerando-se o volume médio de árvores por ciclo operacional (unidade amostral).

Também foram obtidas as variáveis de desempenho do *feller-buncher*, isto é, a disponibilidade mecânica e técnica, a eficiência operacional e a produtividade efetiva, conforme expressões utilizadas por Birro et al. (2002), Fernandes et al. (2009) e Rocha et al. (2009).

Tanto para as variáveis do estudo de tempos e movimentos como para as variáveis dendrométricas do inventário florestal, foram obtidas as estatísticas descritivas. Também foi avaliada a correlação linear entre as variáveis de desempenho do *feller-buncher* (tempo total do ciclo operacional, número de árvores por ciclo, volume por ciclo e produtividade efetiva) por meio do coeficiente de correlação de Pearson, com o intuito de verificar a possibilidade de realizar a modelagem para explicar a produtividade efetiva e o tempo dos ciclos operacionais (análise de regressão).

Resultados e discussão

Na análise de desempenho do *feller-buncher* no corte florestal do sistema iLPF estudado, foram levantados 758 ciclos operacionais em 7,14 horas, o que correspondeu a colheita de 2.997 árvores em 28 linhas de plantio com número de árvores diferentes em função principalmente do perímetro do talhão. Das árvores colhidas nos ciclos operacionais levantados, 2.814 árvores apresentaram fuste único e 185 apresentaram dois ou três fustes. Na Tabela 1 são apresentadas as variáveis dendrométricas do talhão estudado.

Na Tabela 2 são apresentadas as medidas descritivas dos ciclos operacionais do *feller-buncher* no talhão estudado. Pode-se observar que, em geral, os menores tempos do ciclo operacional foram gastos com deslocamento, com amplitude de tempo amplo, o que gerou variabilidade alta, expressa pelo coeficiente de

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis dendrométricas de *Eucalyptus urograndis* em um sistema iLPF aos 108 meses de idade, em Alto Araguaia, MT.

Medida	DAP (cm)	H (m)	G (m ²)	V (m ³)
Mínimo	5,6	12,1	0,0024	0,0137
Máximo	34,2	23,8	0,0920	0,7628
Média	23,9	20,1	0,0463	0,3982
Desvio padrão	4,21	1,24	0,0139	0,1248
CV (%)	17,6	6,2	30,0	31,4

Em que: DAP = diâmetro à 1,30 m em relação a solo; H = altura total; G = área basal; V = volume.



Tabela 2. Estatística descritiva dos elementos do ciclo operacional do *feller-buncher* no corte florestal de *Eucalyptus urograndis* em um sistema iLPF aos 108 meses de idade, em Alto Araguaia, MT

Etapas do ciclo operacional	Tempo mínimo (s)	Tempo máximo (s)	Tempo médio (s)	Desvio padrão (s)	Coefficiente de variação (%)
C/A	3	54	12,1	4,6	38,3
M/T	2	41	10,3	3,6	35,1
D	2	80	9,4	6,2	66,2

Em que: C/A - corte e formação do feixe de árvores no cabeçote; M/T - manobra e derrubada do feixe; D - deslocamento para iniciar um novo ciclo operacional.

variação de 66,2%. Isto pode ser explicado pelo sistema de trabalho, no qual alguns feixes de árvores eram depositados próximos à linha de plantio (eito), praticamente não havendo deslocamento para iniciar um novo ciclo operacional, enquanto outros feixes eram depositados longe do eito, fazendo com que houvesse maior tempo de deslocamento para início de um novo ciclo. Esta última situação ocorreu com pouca frequência, isto é, em apenas sete ciclos operacionais. Além disso, o deslocamento do final de uma linha de plantio para o início de uma nova linha também gastava mais tempo, dado o espaçamento de 10 m nas entre linhas de eucalipto.

Na Figura 1 pode ser observado que o corte e formação do feixe de árvores no cabeçote foi a atividade do ciclo operacional que consumiu maior tempo, o que correspondeu a 35,6% do tempo total, seguido pela manobra e derrubada do feixe (30,3%) e deslocamento para iniciar um novo ciclo (27,6%).

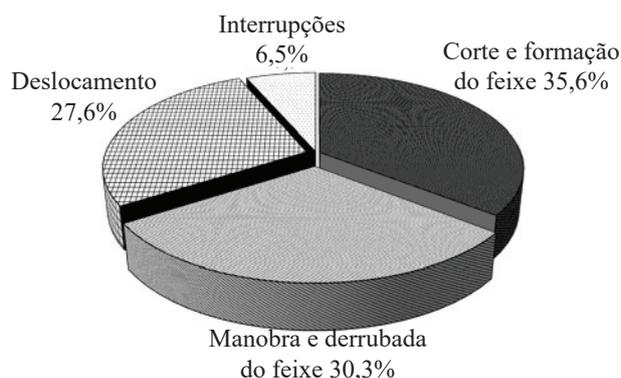


Figura 1. Tempos percentuais do ciclo operacional e das interrupções do *feller-buncher* no corte florestal de *Eucalyptus urograndis* em um sistema iLPF aos 108 meses de idade, em Alto Araguaia, MT.

Ao desconsiderar os tempos de interrupções do ciclo operacional, a tendência dos tempos para as operações do *feller-buncher* permaneceu, isto é, maior tempo para derrubar e acumular árvores no cabeçote (38,1%), seguido pelos tempos para manobrar e tombar o feixe (32,4%) e deslocar-se até a linha de plantio para iniciar um novo ciclo operacional (29,5%).

Araújo (2014) encontrou 65% e 62% do tempo do ciclo operacional do *feller-buncher* para cortar e acumular árvores no cabeçote em talhões com e sem corredores ecológicos, respectivamente. Segundo este autor, tais resultados podem ser explicados pelo fato do operador ter que realizar esta operação várias vezes em um mesmo ciclo operacional, ou seja, cortar e acumular as árvores até atingir a capacidade máxima de carga do cabeçote.

Oliveira (2013) obteve 52% do tempo do ciclo operacional para atividades de busca e derrubada em um plantio de *Eucalyptus grandis* aos sete anos, no espaçamento 2,5 m x 2,5 m, em Telêmaco Borba, PR, o que foi explicado pela capacidade do cabeçote do *feller-buncher* e maior número de deslocamentos para formação do feixe. Resultado similar foi obtido por Bertin (2010), que citou 64,9% do ciclo operacional dispensado para o corte das árvores em um povoamento puro de *Eucalyptus grandis* com seis anos.

De acordo com Lopes (2007), o maior tempo para corte e formação do feixe no cabeçote está relacionado ao volume das árvores do talhão e tende a ser maior quando o operador não possui habilidade de controlar várias árvores de maior volume unitário no cabeçote, fazendo com que o feixe de árvores desvie da direção de tombamento. Araújo (2014) relata que a quantidade de fustes para formar a carga do cabeçote do *feller-buncher* é maior para árvores com volume médio por árvore menor, o que exige mais atenção e habilidade do operador ao depositar os feixes no chão.

No presente estudo, também foram observadas as situações relatadas por estes dois autores (LOPES, 2007; ARAÚJO, 2014), porém com frequência reduzida, tendo ocorrido para o caso de feixes com árvores bifurcadas ou de árvores de dimensões muito distintas (árvores pequenas e grandes no mesmo feixe, tanto em DAP como em altura), casos de ciclos operacionais em que o cabeçote incluía árvores da borda do talhão, as quais possuíam maiores dimensões em relação às árvores do interior do talhão, conforme Tabela 1.

Os tempos gastos nas operações deste estudo também foram menores em relação aos resultados de outros estudos mencionados anteriormente porque o sistema colheita florestal daqueles estudos foi diferente.



Em sistemas iLPF, plantios consorciados com pecuária, o espaçamento de plantio é maior, 10 m x 2 m neste estudo, e o corte florestal acontece em oito formado por apenas uma linha de plantio, constituindo alguns dos fatores que exercem influência nos tempos do ciclo operacional do *feller-buncher*.

Neste estudo, não foram incluídas as interrupções mecânicas, visto que, na empresa estudada, a manutenção preventiva e o abastecimento de combustível ocorrem no final do turno de trabalho, quando o *feller-buncher* interrompe as operações do corte florestal (última hora do turno do operador), exceto nos casos em que a máquina apresentou problemas mecânicos de funcionamento durante o trabalho, requerendo manutenção corretiva, caso que aconteceu em um dos dias do levantamento de dados, onde houve danos de vazamento de óleo hidráulico em virtude do rompimento de uma das mangueiras do sistema, fazendo com que o turno de trabalho fosse interrompido.

Quanto as interrupções não mecânicas, consistiram basicamente em paradas do operador para (i) tomar água dentro da própria cabine do trator; (ii) necessidades fisiológicas; (iii) limpeza de excesso de folhas na máquina; (iv) retirada de excesso de folhas molhadas aderidas ao para-brisas nos dias chuvosos.

A disponibilidade mecânica do *feller-buncher* foi de 80,3%, valor que pode ser explicado pelo sistema de turno de trabalho da empresa, que considera a manutenção na última hora de trabalho, sendo, em geral, 8 horas de colheita e a 9ª hora, que inclui manutenção preventiva e abastecimento de combustível, para entregar à máquina ao operador do próximo turno. Se for considerada a manutenção corretiva, a disponibilidade mecânica de um dos dias foi 61,0%, quando a máquina parou a colheita devido ao rompimento da mangueira do sistema hidráulico.

A disponibilidade técnica foi de 78,4%, valor aproximado ao da disponibilidade mecânica, já que os tempos de paradas não mecânicas foi bastante reduzido nos dias do estudo.

A eficiência operacional foi de 93,4%, valor bastante alto por ter sido obtido para as 28 linhas de plantio amostradas, tendo sido colhidas, em média, 3,95 árvores por ciclo operacional, com um tempo médio de $31,76 \pm 8,98$ segundos por ciclo operacional, com número mínimo e máximo de árvores por feixe, respectivamente, de 1 e 8, conforme dimensões das árvores (DAP e H), fuste único ou com bifurcações, posição da linha de plantio no talhão e condições da entrelinha (regeneração natural do cerrado). Estes dois últimos fatores estão relacionados também ao deslocamento da máquina, já que algumas linhas de plantio faziam divisa com uma área de cerrado em avançado estágio de regeneração, com regeneração natural abundante, inclusive, nas entrelinhas do eucalipto, o que exerceu

influência no tempo das manobras entre ciclos, no deslocamento da máquina no talhão e, ainda, na disposição dos feixes no talhão.

As disponibilidades mecânica, técnica e operacional tiveram grande influência nos resultados do ciclo operacional do *feller-buncher* avaliado neste estudo, associado ao fato de que a manutenção preventiva não ocorreu no momento de trabalho da máquina dentro do talhão, visto que, se isso tivesse ocorrido, tais valores seriam menores. Contudo, como trata-se do sistema de trabalho da empresa, a avaliação realizada no estudo contemplou exatamente as condições de trabalho.

De acordo com Linhares et al. (2012), valores de eficiência operacional acima de 70% são considerados satisfatórios para máquinas de colheita florestal. Simões et al. (2014) encontraram valores considerados altos para a disponibilidade mecânica (97,3%) e a eficiência operacional (94,6%) na colheita florestal com *feller-buncher* em um povoamento homogêneo de *Eucalyptus grandis* com 72 meses de idade.

A produtividade efetiva do *feller-buncher* em estudo foi de $178,52 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$.

Fiedler et al. (2008) encontraram produtividade efetiva de $47,3 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$ para *Eucalyptus grandis* aos oito anos em uma empresa no norte de Goiás, para árvores com valores médios de DAP e altura de 15,4 cm e 18 m, respectivamente. Bertin (2010) e Simões et al. (2014), que também realizaram estudos em plantios puros de eucalipto, obtiveram $107,29 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$ e $118,47 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$ para produtividade efetiva, respectivamente.

Pereira et al. (2015), estudando povoamentos de *Pinus taeda* no norte de Santa Catarina, encontraram $103,8 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$ de produtividade efetiva, com valores de 95,8% e 70,0% de disponibilidade mecânica e eficiência operacional, respectivamente, na colheita em povoamentos com idade de 24 a 39 anos. Estes mesmos autores concluíram que a produtividade do *feller-buncher* é influenciada pelo aumento de volume de madeira do povoamento.

Nos estudos citados, podem ser observados valores de produtividade efetiva inferiores aos encontrado no presente estudo, o que também foi devido às condições em que tais estudos foram realizados, isto é, plantios puros, condição bastante distinta dos sistemas iLPF, situação do presente estudo, com colheita mecanizada do eucalipto aos 108 meses, em espaçamento mais aberto (10 m x 2 m) e com menor número de árvores ($500 \text{ árvores} \cdot \text{ha}^{-1}$).

De forma geral, considera-se que os valores da análise técnica do *feller-buncher* podem ser considerados satisfatórios para as condições em que o trabalho foi realizado (rotina da empresa). Além disso, Araújo (2014) ressalta que outros fatores também podem afetar a produtividade das máquinas de colheita florestal, como a experiência do operador, as condições da



máquina, o sistema de colheita, as condições do terreno e do povoamento, sendo também necessário considerá-los nos estudos de rendimento em outras situações.

Quanto às tendências encontradas entre as variáveis de desempenho do *feller-buncher*, e considerando-se a classificação das correlações proposta por Lira (2004), foram encontradas, conforme apresentado na Tabela 3, correlações fracas do tempo total do ciclo operacional com o número de árvores por feixe e o volume de árvores por feixe. Já quanto à produtividade efetiva por ciclo operacional, as correlações com o número de árvores por feixe, o volume de árvores e o tempo total do ciclo por feixe foram moderadas, razões pelas quais não foi possível produzir funções matemáticas para predições consistentes da relação linear entre as variáveis analisadas.

Tabela 3. Matriz de correlação da variáveis do ciclo operacional do *feller-buncher* no corte florestal de *Eucalyptus urograndis* em um sistema iLPF aos 108 meses de idade, em Alto Araguaia, MT.

	Prod _{co}	TT _{co}	NA _{co}	VA _{co}
Prod _{co}	1,0000	-0,4471	0,6244	0,6244
TT _{co}	**	1,0000	0,3091	0,3091
NA _{co}	**	**	1,0000	0,9999
VA _{co}	**	**	**	1,0000

Em que: Prod_{co} - Produtividade efetiva por ciclo operacional; TT_{co} - Tempo total do ciclo operacional; NA_{co} - Número de árvores por ciclo operacional; VA_{co} - Volume das árvores por ciclo operacional.

Araújo (2014) verificou que a produtividade do *feller-buncher* foi influenciada pelo volume médio por árvore, mas ressaltou que esta relação ocorre até certo limite, pois é preciso considerar outras características, como a potência da máquina e a capacidade de carga útil do cabeçote.

Em estudos de Fiedler et al. (2008), as variáveis distância de deslocamento e volume das árvores foram citadas como as que mais influenciaram no tempo do ciclo operacional e na produtividade do *feller-buncher* em colheita de eucalipto no norte de Goiás.

Conclusões

No ciclo operacional do *feller-buncher* em um sistema iLPF, o maior tempo foi gasto na operação de corte e formação do feixe de árvores.

Foram observadas poucas interrupções não mecânicas e nenhuma manutenção preventiva no talhão, porém houve necessidade de manutenção corretiva, o que influenciou a disponibilidade mecânica e técnica.

A alta eficiência operacional do *feller-buncher*, de 93,4%, ocorreu em função do turno de trabalho dispensar a última hora para manutenção preventiva.

A produtividade efetiva de 178,52 m³ he⁻¹ foi mais influenciada pelo número e volume de árvores por feixe do ciclo operacional.

Referências

- ARAÚJO, L. C. **Influência de corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal.** 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- BALBINO, C. L.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. i-xii, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000001.
- BERTIN, V. A. S. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1ª rotação.** 2010. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- BIRRO, M. H. B.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. de; MINETTI, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com *track-skidder* em região montanhosa. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.
- 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.
- FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; MINETTE, L. J.; RINALDI, P. C. M.; 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, 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, 2008. DOI: 10.5380/uf.v38i4.13153.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ 2017.** Brasília, DF, 2017. Relatório anual 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 25 jan. 18.
- LINHARES, M.; SETTE JÚNIOR, C. R.; CAMPOS, F.; YAMAJI, F. M. Eficiência e desempenho operacional de máquinas *harvester* e *forwarder* na colheita florestal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 212-219, 2012. DOI: 10.1590/S1983-40632012000200007.
- LIRA, S. A. **Análise de correlação:** abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. 2004. 196 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal.** 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; CASTRO, G. P. Sistemas. In:



MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV,, 2014. p. 178-205.

MIYAGIMA, R. H.; TONIN, R. P.; PASSOS, J. R. de S.; FENNER, P. T. A influência da declividade do terreno e do tempo de experiência dos operadores no rendimento do *feller-buncher*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 443-451, 2016. 10.18671/scifor.v44n110.17.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. de Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com *feller-buncher*. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000100002.

OLIVEIRA, D. de **Análise operacional e custos de sistemas de colheita de madeira em povoamentos de eucalipto**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati.

PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. da S.; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do *feller-buncher* e *skidder* na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 981-989, 2015. DOI: 10.5902/1980509820659.

RESENDE, M; SANDANIELO, A; COUTO, E. G. **Zoneamento agroecológico do sudoeste do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: EMPAER/MT, 1994. (EMPAER/MT. Documentos, 4).

ROCHA, E. B. da; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E. da S.; GUIMARÃES, P. P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.

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. DOI: 10.5902/1980509815742.



Influência do uso e do manejo do solo em integração com floresta na capacidade suporte de cargas de um latossolo

André Ribeiro Silveira¹; Wellington Willian Rocha²; Barbara Costa Diniz Barros³; Ângelo Márcio Pinto Leite⁴

¹Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, andre_rsilveira@hotmail.com; ²Doutor em Física e Mecânica do Solo, Professor em Máquinas e Mecanização Agrícola e Física do Solo, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, ww.willianr@yahoo.com.br; ³Engenheira Florestal, Mestranda em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, barbarabarros1992@hotmail.com; ⁴Doutor em Engenharia Florestal, Professor em Colheita e Transporte Florestal, Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, ampleite@ig.com.br

Resumo: Um dos principais fatores influentes na degradação do solo é a sua compactação, cujas causas incluem práticas florestais e agrícolas inadequadas. O tipo e a intensidade desse manejo alteram a estrutura do solo e comprometem a qualidade física dessas áreas. Neste sentido a pressão de pré-consolidação tem se mostrado uma importante alternativa, pois essa é considerada uma ferramenta eficaz na análise da compactação do solo. O objetivo desse trabalho foi analisar a capacidade de suporte de carga de um latossolo em diferentes usos e manejo. O estudo foi realizado no município de Curvelo, MG.

Palavras-chave: Compactação; Consolidação; Solo florestal.

Introdução e objetivos

Objetivou-se com este trabalho quantificar as possíveis alterações estruturais de um latossolo sob diferentes usos e manejo, estipulando-se a capacidade de suporte de carga aplicada a esse solo para que seja trabalhado sem risco de danos em sua estrutura devido à compactação.

No Brasil, o uso do solo tem se intensificado nos últimos anos, devido à elevada área ocupada por grandes culturas florestais e agrícolas. O país apresenta uma área de 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo que cerca de 71 % são ocupadas por plantios de eucalipto (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2016).

Atualmente, máquinas para o cultivo de culturas florestais possuem grande porte. Como consequência desses fatores associado às novas tecnologias desenvolvidas, essas máquinas apresentam maior potência, velocidade de deslocamento, maior mobilidade, rendimento operacional e consequentemente, maior peso. Entretanto, o excesso do tráfego na área de cultivo e a utilização de máquinas inapropriadas podem acarretar modificações importantes no solo, ocasionando consequências adversas, dentre elas: aumento da resistência à penetração das raízes, alteração na disponibilidade de fluxo e na capacidade de retenção da água, calor e nutrientes bem como redução da aeração do solo. (LIMA; LEITE, 2014).

Considerando-se que o uso intensivo do solo sem alguns cuidados e estudos feitos sobre sua estrutura, acarreta em grandes prejuízos, dentre eles a compactação, que se resume à deformação volumétrica do solo, alterações nas características físicas, provocando uma mudança na relação água-solo (ROCHA et al, 2007). Essa compactação pode ser relacionada com a porosidade e a densidade do solo, onde um solo com menor número de espaços vazios (poros) se torna mais denso, aumentando assim sua resistência à penetração. (MANTOVANI, 1987).

Segundo Seixas (1988), a intensidade de compactação do solo depende de vários fatores, que incluem a pressão exercida do maquinário utilizado, como o tamanho e tipo dos rodados, peso, frequência do tráfego na área de cultivo, além de textura, agregação do solo e umidade do solo, sendo este último um dos fatores mais importantes no manejo do solo. Como consequência da compactação tem-se efeitos diretos sobre desenvolvimento das plantas, causado pelo impedimento físico à propagação de raízes, fator essencial para seu crescimento. Além desse problema, pode-se observar outros efeitos, como a diminuição do transporte de nutrientes, baixa taxa de infiltração e a erodibilidade irá atuar em sentido inverso por afetar a estabilidade dos agregados e permeabilidade.

As técnicas de quantificação da compactação do solo mais usadas são: a pressão de pré-consolidação, também definida como capacidade de suporte de cargas,



é a máxima pressão que o solo suporta sem se deformar permanentemente (DIAS JUNIOR, 1994), e o grau de compactação, que relaciona a densidade natural do solo com a máxima densidade que ele pode atingir (DIAS JUNIOR; MIRANDA, 2000; OLIVEIRA et al., 2010). Pires et al. (2012) encontraram valores menores de pressão de pré-consolidação para áreas bem manejadas e com adubações adequadas.

Desta forma, o tráfego intenso de máquinas em solo com umidades que favoreçam à compactação tem se tornado um fator preocupante para a manutenção de uma atividade agropecuária eficiente e conservacionista (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; SILVA et al., 2002). Portanto, entender a carga aplicada ao solo e a condição de umidade deste, torna-se fundamental.

Material e métodos

O experimento foi realizado, na Fazenda experimental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) situada em Curvelo, MG. O solo presente nesta área é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com textura Média (SANTOS et al., 2006). O estudo foi conduzido nas seguintes áreas: Manejo da Integração Lavoura pecuária Floresta, uso do Cerrado do tipo campo limpo e uso da mata natural (resquício de mata atlântica). Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a realização dos estudos de Pressão de pré-consolidação.

Com auxílio de um Amostrador de Uhland, foram coletadas 30 amostras indeformadas em cada área. As amostras indeformadas foram coletadas aleatoriamente a partir da camada superficial de 0-5 cm (30 amostras x 3 sistemas). Na sequência elas foram saturadas em um período máximo de 72 horas. Após a saturação

as amostras foram equilibradas nas tensões de retenção de água de -2k Pa; -6k Pa; -10k Pa; -33k Pa e -1500k Pa. Uma vez estabilizadas, as amostras foram pesadas úmidas e levadas para o ensaio de pressão de pré-consolidação.

Para a obtenção da pressão de pré-consolidação (PP) e dos modelos de capacidade de suporte de carga, as amostras foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial de acordo com o método proposto por Bowles (1986), adaptado por Dias Junior (1994), utilizando-se um consolidômetro. Em cada amostra foram aplicadas as seguintes pressões: 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 kPa. Cada pressão foi aplicada até que 90% da deformação máxima fosse alcançada. Após a liberação da pressão as amostras foram pesadas e secas em estufa a 105-110 °C, por 24 horas, para o cálculo da umidade do solo.

Os valores de pressões de pré-consolidação obtidas no ensaio de compressão uniaxial foram plotados em função das diferentes umidades, para a obtenção dos modelos de capacidade de suporte de carga do solo, utilizando o software Sigma Plot 8.0 (2002). As equações matemáticas foram ajustadas utilizando o modelo proposto por Dias Junior (1994). As comparações das regressões foram feitas conforme Snedecor e Cochran (1989).

Resultados e discussão

Pela Figura 1, pode-se observar as modelagens matemáticas e curvas geradas para os usos e manejo estudados para as amostras coletadas.

A Tabela 1 traz o teste de significância da comparação entre os modelos matemáticos gerados. Nota-se que o solo Integração Lavoura Pecuária Floresta e

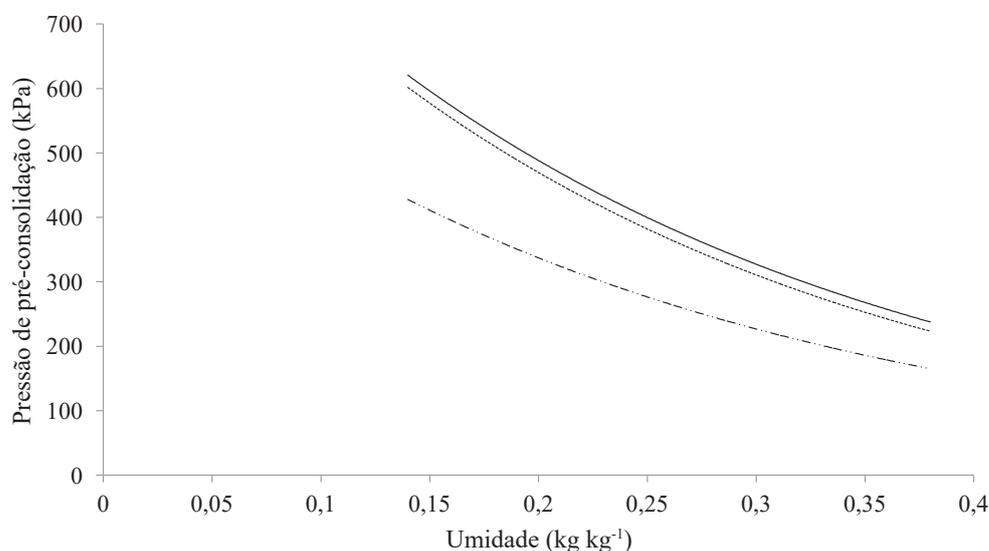


Figura 1. Modelagem da Pressão de pré-consolidação em função da umidade em solos de cerrado, ILPF e mata natural.



Tabela 1. Teste de significância de acordo com Snedecor e Cochran (1989) entre as curvas compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo nos diferentes usos e manejo.

Usos e manejo	F	
	Coefficiente angular, b	Coefficiente linear, a
Mata vs ILPF	**	**
Mata vs Cerrado	**	**
ILPF vs Cerrado	ns	ns

F: testa a homogeneidade dos dados; b coeficiente angular da regressão linearizada; a intercepto da regressão linearizada; H: homogêneo; NH: não homogêneo; ns: não significativo; ** significativo a 5% de probabilidade respectivamente.

Cerrado não difere estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor e Cochran (1989) ao nível de significância de 5%.

Uma vez não detectada a diferença entre a capacidade de suporte de cargas do cerrado e ILPF, os dados foram agrupados e uma nova modelagem foi ajustada (Figura 2)

A diferença encontrada para o Cerrado, ILPF em relação à Mata, pode ser explicada pela maior quantidade de Matéria Orgânica da mata. A matéria orgânica promove um alívio na estrutura do solo, deixando-o mais solto e com menor capacidade de suportar cargas (ROCHA et al., 2007; PIRES et al., 2012). Somado a isso, ressalta-se o fato da mata não sofrer tráfego de máquinas e nem pisoteio animal o que foi fator preponderante nesta menor capacidade de suporte de cargas.

Ressalta-se que as áreas de ILPF e Cerrado apresentaram maiores valores de PP em relação à mata, conforme observado na posição das curvas (Figura 1). Esta

maior resistência indica que provavelmente a estrutura do solo apresentou deformação devido ao pisoteio animal que estas áreas sofreram no passado e que estas áreas responderam mais rápido à deformação, forçando a um ajuste mais acirrado das partículas do solo à carga aplicada.

Pela Tabela 2 pode-se observar os valores de pressão de pré-consolidação para as áreas de estudo, obtidas na umidade correspondente à capacidade de campo.

Em valores reais, a pressão de pré-consolidação das áreas de ILPF e cerrado é muito superior à da mata. Sendo o tráfego de máquinas considerado para o ILPF e o pisoteio animal para o cerrado como o fator mais importante nessa diferenciação.

Cabe destacar que, no Brasil, a estimativa é que as pressões médias aplicadas aos solos pelas máquinas florestais se situem entre 50 e 300 kPa (LEBERT; HORN, 1991; SILVA et al., 2004). Assim, o tráfego de máquinas nas áreas de manejo, não estaria

Tabela 2. Pressão de Pré-consolidação dos diferentes usos e manejo na umidade da capacidade de campo e na umidade a 20% do solo.

Umidade na capacidade de campo	
Usos e manejo	Pressão de Pré-consolidação (kPa)
ILPF e Cerrado	272 a
Mata Natural	175 b
Umidade em 20%	
Usos e manejo	Pressão de Pré-consolidação (kPa)
ILPF e cerrado	417 a
Mata Natural	288 b

Valores seguidos da mesma letra na minúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Snedecor e Cochran (1989).

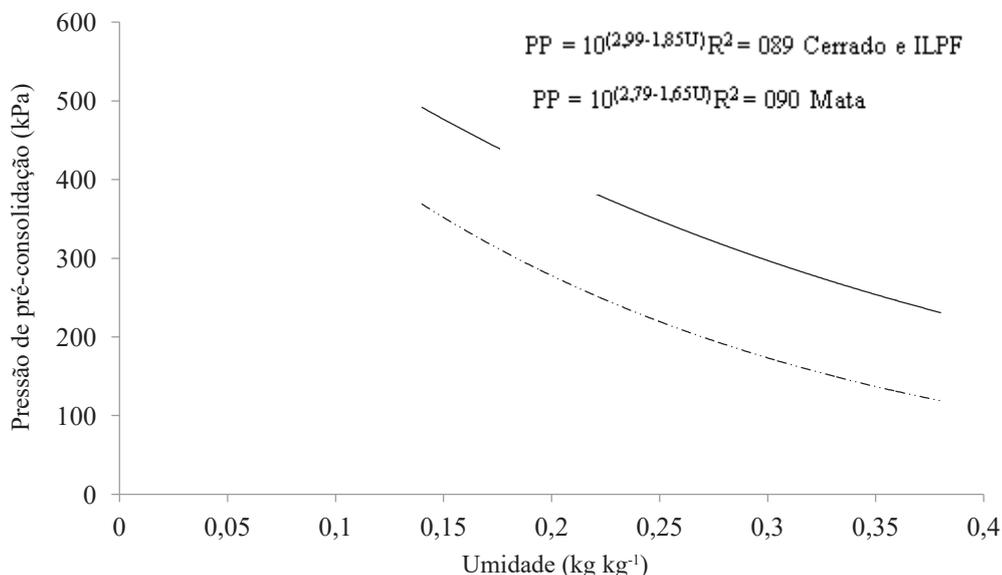


Figura 2. Modelagem da Pressão de pré-consolidação em função da umidade. (PP: Pressão de pré-consolidação).



comprometido caso realizado na umidade próxima à capacidade de campo.

Com um estudo prévio das áreas em questão indicou que o solo apresenta ao longo do ano, umidade em torno de 20%. Assim, uma simulação da capacidade de suporte de carga para as áreas foi realizada. Seus valores estão apresentados na tabela 2.

De acordo com a Tabela 2, em condições de baixa umidade, a capacidade de suporte de cargas aumenta, pois, o solo tem sua resistência ampliada pela aproximação das partículas (LARSON et al., 1980). Nas áreas de Cerrado e ILPF, em baixa umidade, a trafegabilidade de máquinas florestais não causaria danos à estrutura do solo, que resistiria à maioria das cargas aplicadas pelas mesmas. Porém, no caso dos períodos chuvosos, esses deslocamentos teriam que ser revistos pois as máquinas poderiam causar um grande dano a estrutura do solo e concomitante ao próprio maquinário, uma vez que a manutenção desses geram altos custos.

Conclusões

Tanto para as umidades na capacidade de campo e a 20%, a pressão de pré-consolidação para a área de integração lavoura pecuária floresta e cerrado não apresentaram diferenças entre os manejos.

O solo sob mata, nas duas umidades, apresentou os menores valores de pressão de pré-consolidação em relação às demais áreas.

O tráfego de máquinas utilizado para o preparo da área de integração lavoura pecuária floresta e o pisoteio animal sofrido no passado pelo cerrado, condicionaram os maiores valores de pressão de pré-consolidação para essas áreas.

Agradecimentos

À UFVJM pelo apoio e estrutura disponibilizada em todo procedimento do trabalho.

Referências

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd. ed. Madison: ASA/SSA, 1986. p. 363-375.

BOWLES, J. E. **Engineering properties of soils and their measurements**. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill, 1986. 218 p.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: America Society of Agronomy, 1965. p. 545-567

DIAS JÚNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 f. Thesis (Doctorate degree) - Michigan State University, East Lansing.

DIAS JUNIOR, M. S.; MIRANDA, E. É. V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 337-346, 2000.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 175-182, 1996.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ 2016**. Brasília, DF, 2016. 100 p. Relatório anual 2016.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soils orders. **Soil Science Society of America Journal Abstract**, v. 44, n. 3, p. 450-457, 1980.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. p. 42-72.

MANTOVANI, E. C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 17, p. 52-55, 1987.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR J. D. G.; SA, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 221-232, 1996.

MEROTTO JUNIOR, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 197-202, 1999.

OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONCELOS, R. F. B.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E. M. R. Compactação de um argissolo amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 914-920, 2010. DOI: 10.1590/S1415-43662010000900002.

PIRES, B. S.; DIAS JUNIOR, M. S.; ROCHA, W. W.; ARAUJO JUNIOR, C. F.; CARVALHO, R. C. R. Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 635-642, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000200032.

RAJI, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 21 p. (Boletim técnico, 81).

ROCHA, W. W.; BORGES, S. R.; VICTÓRIA, E. P.; NUNES, A. B. Resistência ao cisalhamento do solo do ponto de vista ambiental. In: ABREU, M. H. N. (Org.). **Ciências ambientais: abordagem multidisciplinar**. Belo Horizonte: UEMG, 2007. p. 87-124.

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

SEIXAS, F. Compactação do solo devido a mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle. **Circular Técnica IPEF**, n. 163, p. 1-10, 1988.

SILVA, R. B.; DIAS JUNIOR, M. S.; SANTOS, F. L.; FRANZ, C. A. B. Resistência ao cisalhamento de um Latossolo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 165-173, 2004. DOI: 10.1590/S0100-06832004000100016.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Fatores



controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. II – Grau de saturação em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 9-15, 2002. DOI: 10.1590/S0100-

06832002000100002.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 8th ed. Ames: Iowa State University, 1989. 503 p.



Simulação de cenários de variação da eficiência operacional e da produtividade no desempenho e custo das atividades de corte extração florestal

Luiza Marina Esteves de Carvalho¹; Cleriston Souza Silva²; Ângelo Márcio Pinto Leite³

¹Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, luizamcarvalho@yahoo.com.br; ²Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, cleristonfloresta@gmail.com; ³Doutor em Ciência Florestal, Prof. do DEF da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, angelo.leite@ufvjm.edu.br

Resumo: Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da variação da eficiência operacional (EO) e da produtividade do *harvester* e do *forwarder* no volume anual produzido e no custo de produção da madeira de eucalipto colocada na margem da estrada. Verificou-se por intermédio da simulação de cenários que o aumento da EO e da produtividade das máquinas de colheita proporcionou considerável aumento na quantidade da madeira produzida, como também significativa redução do custo anual para uma meta de produção estabelecida. Assim, a consecução do incremento desses indicadores tende a gerar resultados altamente positivo para as empresas florestais.

Palavras chaves: Eucalipto; Colheita florestal; Custos.

Introdução e objetivos

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da variação da EO e da produtividade do *harvester* e do *forwarder* no volume anual de madeira produzida (m³) e no custo de produção desta na margem da estrada (R\$/m³ e R\$/ano), considerando uma meta anual de produção estabelecida.

No Brasil, o setor florestal e particularmente a colheita florestal vem passando por mudanças significativas em virtude da redução de mão de obra no campo, aumento de encargos sociais e insumos produtivos, crises econômicas com conseqüente redução da demanda por diversas matérias-primas ou produtos (ferro, aço, madeira para carvão e construção, etc.), maior competitividade entre as empresas, restrições impostas pela legislação ambiental, entre outros aspectos. Essas mudanças resultaram no corte de trabalhadores, mecanização com modernização de máquinas e equipamentos, maior investimento em treinamento dos operadores, adoção de novos modelos e ferramentas de gestão visando um aumento de eficiência, produtividade e redução dos custos operacionais.

A colheita florestal composta por cinco fases distintas corresponde a um sistema de abastecimento industrial de madeira de suma importância, pois segundo Machado (1989), no setor florestal estas podem representar 50% ou mais no custo final do produto.

Produtividade e eficiência operacional (EO) constituem variáveis de suma importância na viabilidade

da colheita florestal mecanizada, sendo normalmente inversamente proporcionais ao custo por volume produzido. Conforme Minette et al. (2008), o aumento da qualidade, a racionalização dos processos e a otimização de custos constituem fatores de suma importância para um melhor desempenho da atividade de colheita florestal. Segundo Simões (2008), para manter a competitividade é necessário aumentar a produtividade e reduzir os custos.

Entretanto, existem ainda no Brasil pouquíssimos trabalhos a respeito da real influência dessas variáveis e da capacidade produtiva que se pode esperar das máquinas de colheita, em determinadas condições de trabalho (BRAMUCCI; SEIXAS, 2001).

Neste contexto, o conhecimento do comportamento da produtividade e da EO das máquinas para diferentes condições de operação constitui uma importante ferramenta na determinação do volume de produção e dos custos, bem como de possíveis ganhos ou perdas econômicas, devido a uma variação desses fatores.

Material e métodos

Os dados para a condução deste estudo são provenientes de povoamento de eucalipto implantados em áreas planas (máximo de 5% de inclinação), localizados no sul do estado da Bahia e norte do Espírito Santo.

O sistema de colheita utilizado nos povoamentos de eucalipto da empresa avaliada é o *cut-to-length* (toras



curtas), composto pelas máquinas florestais *harvester* e *forwarder*, sendo a primeira responsável pelo corte / derrubada, desganhamento, descascamento e traçamento dos fustes e, a segunda, pela retirada das toras de dentro do talhão para a margem da estrada (viagem vazio, carregamento, viagem com carga e descarregamento).

Os *harvesters* utilizados neste estudo são constituídos de escavadeira hidráulica de esteira (máquina base) com 117 kW (157 Hp) de potência no motor, um cabeçote acoplado com largura de 1.950 mm, abertura dos rolos máxima chega a 600 mm, das facas superiores a 640 mm e inferiores de 750 mm. Os *forwarders* possuem 110 Kw (148 Hp) de potência no motor, tração 6 x 6, rodados de pneu e capacidade de transportar 18 toneladas de carga.

Para avaliar a influência da produtividade e da EO dessas máquinas de colheita no volume anual de madeira produzida e no custo de produção das atividades de corte e extração foram utilizados os dados médios de 18 *harvesters* e 12 *forwarders*, coletados em 2012 (Tabela 1).

De posse desses dados foram realizadas simulações de cenários variando a EO média real obtida para o

Tabela 1. Dados médios de produtividade, EO e custo das máquinas de colheita avaliadas.

Componente de análise	Máquina de colheita	
	<i>Harvester</i>	<i>Forwarder</i>
Produtividade (m ³ h)	25	32
Eficiência operacional (%)	70	80
Custo (R\$/h)	315	256

harvester (70%), de 3% em 3% para mais e para menos, atingindo uma amplitude de 61% a 79%, valores estes possíveis de serem alcançados na prática. O mesmo procedimento foi adotado para o *forwarder*, variando a EO média real obtida (80%) de 3% em 3% para mais e para menos, atingindo uma amplitude de 74% a 86%, a fim de se obter a produção e o custo anual para uma meta estabelecida de 165.000 m³ de madeira.

Quanto à produtividade, para o *harvester* considerou-se uma amplitude variando de 19 a 31 m³ h, em função do valor real médio obtido em campo (25 m³ h), ou seja, de 3% em 3% para mais e para menos. O mesmo procedimento foi adotado para o *forwarder*, variando a produtividade média real obtida (32 m³ h) de 3% em 3% para mais e para menos, atingindo uma amplitude de 26 a 38 m³ h.

Resultados e discussão

Por intermédio da Figura 1 verifica-se que, para ambas as máquinas, quanto maior a EO destas, maior foi a produção e menor o custo anual da madeira processada e extraída, fixando a produtividade média real do *harvester* em 25 m³ h do *forwarder* em 32 m³ h.

Assim, conforme Figura 1A, para o *harvester* observou-se um aumento na produção de 38.880 m³ ano (170.640 - 131.760 m³ ano) e, uma redução do custo de R\$ 776.551,15 ano (R\$ 3.408.196,72 - R\$ 2.631.645,57), variando-se apenas a EO de 61 a 79%. O mesmo comportamento foi observado para o *forwarder* (Figura 1B), obtendo um aumento na

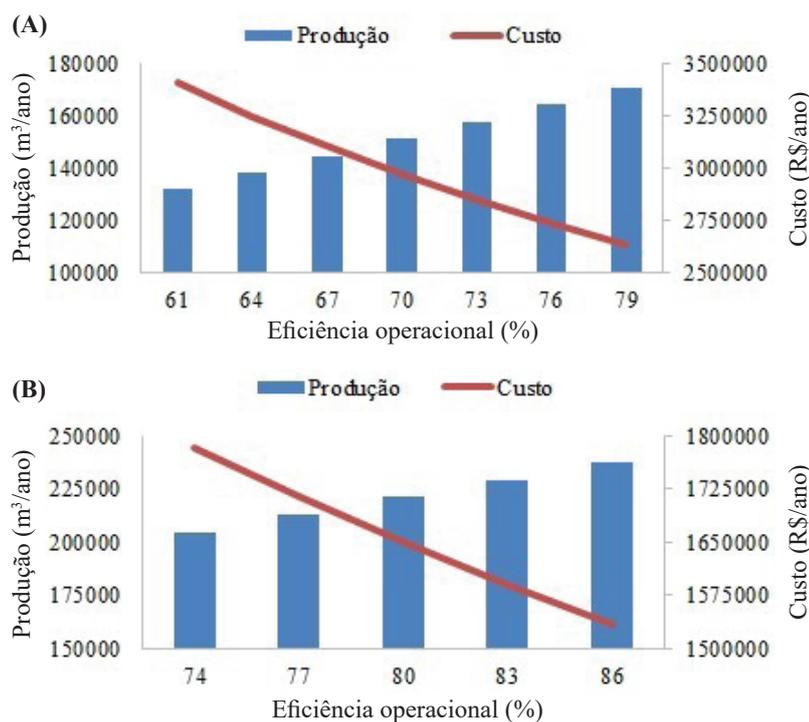


Figura 1. Variação da EO na produção e no custo anual do *harvester* (A) e *forwarder* (B). Autor: Cleriston Souza Silva.



produção de 33.178 m³ ano (237.773 - 204.595 m³ ano) e, uma redução do custo de R\$ 248.900,06/ano (R\$ 1.783.783,78 - R\$ 1.534.883,72), variando-se também apenas a EO de 74% a 86%.

Portanto, o aumento da EO das máquinas tende a propiciar um considerável aumento na produção e, conseqüentemente, na redução nos custos da colheita, tornando-se necessário para isso, a adoção de medidas efetivas tais como: programa de manutenções preventivas e corretivas eficientes e, minimização das interrupções e/ou paradas operacionais desnecessárias, de maneira a aumentar as horas efetivas de trabalho das máquinas (LINHARES et al., 2012).

Tomando por base o mesmo raciocínio anterior, ao estabelecer uma EO média real de 70% para o *harvester* e 80% para o *forwarder* foi obtido comportamento semelhante quanto ao aumento da produção e redução dos custos anuais, variando a produtividade de ambas as máquinas (Figura 2).

Assim, conforme Figura 2A, foi observado para o *harvester* um aumento na produção de 50.804 m³ ano (131.242 - 80.438 m³ ano) e, uma redução do custo de R\$ 1.512.733,45/ano (R\$ 3.907.894,74 - R\$ 2.395.161,29), variando apenas a produtividade de 19 a 31 m³ h. O mesmo comportamento foi observado para o *forwarder* (Figura 2B), obtendo um aumento na produção de 66.355 m³ ano (210.125 - 143.770 m³ ano) e, uma redução do custo de R\$ 641.295,55/ano (R\$ 2.030.769,23 - R\$ 1.389.473,68), variando também apenas a produtividade de 26 a 38 m³ h.

Com base nestes resultados se constata que a produtividade da máquina apresentou uma relação diretamente proporcional ao volume produzido de madeira e inversamente proporcional ao custo operacional. Portanto, o aumento da produtividade das máquinas tende a propiciar um considerável aumento na produção anual e, conseqüentemente, na redução do custo das atividades de corte e extração da madeira, tornando-se necessário para isso, a adoção de medidas efetivas tais como: minimização das interrupções e tempos improdutivos destas, qualificação adequada dos operadores, investimento em máquinas/equipamentos de maior potência/capacidade de trabalho e, gestão eficiente das atividades (CARMO et al., 2015).

Neste contexto, o ganho total que se pode conseguir considerando-se todos os cenários simulados anteriormente, ou seja, comparando-se conjuntamente os valores máximos e mínimos de volumes produzidos e custos anuais obtidos em função dos extremos estipulados de variação da EO e produtividade são apresentados na Tabela 2.

Com base nos resultados pôde-se constatar que o aumento da EO e da produtividade (comparando os valores máximos e mínimos simulados) são variáveis de suma importância no desempenho das atividades de colheita florestal, gerando redução de R\$ 3.179.480,21/ano no custo de produção para ambas as máquinas, sendo R\$ 2.289.284,60 para o *harvester* e, R\$ 890.195,61 para o *forwarder*. Assim, buscar mecanismos para melhorias contínuas desses indicadores

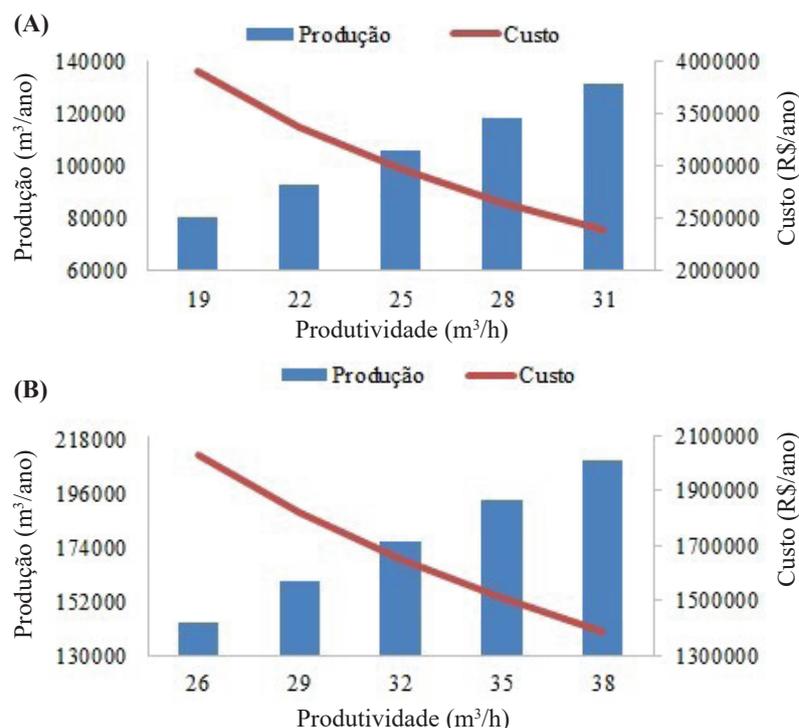


Figura 2. Comportamento da variação da produtividade na produção e no custo anual do *Harvester* (A) e *Forwarder* (B). Autor: Cleriston Souza Silva.



Tabela 2. Aumento da produção e redução do custo anual das máquinas de colheita florestal.

Variável		Aumento de produção (m ³ /ano)	Redução de custo anual
..... <i>harvester</i>			
EO (%)	61 - 79	38.880	776.551,15
Produtividade	19 - 31	50.804	1.512.733,45
Subtotal		89.684	2.289.284,60
..... <i>forwarder</i>			
EO (%)	74 - 86	33.178	248.900,06
Produtividade	26 - 38	66.355	641.295,55
Subtotal	99.533		890.195,61
Total	189.217		3.179.480,21

*EO: Eficiência Operacional.

visando alcançar a máxima EO e produtividade tende a propiciar às empresas florestais considerável redução nos custos de produção, permitindo-as investimentos na aquisição de novas máquinas, treinamentos e qualificação de mão de obra, entre outras coisas.

Conclusões

Verificou-se que para ambas as máquinas avaliadas, o aumento da EO e da produtividade tendeu a proporcionar um significativo aumento da quantidade de madeira produzida e, conseqüentemente, redução do custo anual de produção, gerando enorme economia de recursos financeiros os quais podem ser investidos na aquisição de novas máquinas e equipamentos, treinamento operacional, maior distribuição de dividendos aos acionistas, entre outros benefícios.

Referências

BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita**

de madeira. 2001. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARMO, F. C. A.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Otimização do uso do trator florestal *forwarder* em função da produtividade, custos e capacidade de carga. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 561-566, 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000300017.

LINHARES, M.; SETTE JUNIOR, C. R.; CAMPOS, F.; YAMAJI, F. M. Eficiência e desempenho operacional de máquinas *Harvester* e *Forwarder* na colheita florestal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, 2012.

MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal.** Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 1989. 138 p.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; FREITAS, K. E.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 659-665, 2008. DOI: 10.1590/S1415-43662008000600014.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto.** 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.



Manutenção de classe mundial (WCM) como determinante para otimização da operação de arraste com skidder

Carlos César Cavassin Diniz¹; Diellen Lydia Rothbarth²; Eduardo da Silva Lopes³;
Gabriel de Magalhães Miranda⁴; Henrique Soares Koehler⁵

¹Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, carlos.diniz@ufpr.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a introdução de um sistema de manutenção de classe mundial (WCM) na operação de máquinas de colheita de madeira. O trabalho foi realizado em uma empresa florestal, com a máquina *skidder* na colheita de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. A avaliação do sistema WCM foi realizada por meio da determinação dos indicadores disponibilidade mecânica, consumo de óleo hidráulico, tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo, e índice de manutenção proativa. Os resultados mostraram aumento no percentual de disponibilidade mecânica, redução de 40% no consumo de óleo hidráulico, aumento no tempo médio entre falhas e reparos, bem como no índice das máquinas.

Palavras-chave: Colheita; Floresta plantada; Eficiência operacional.

Introdução e objetivos

Podendo representar 50% dos custos totais da madeira posta indústria, a atividade de colheita de madeira tem um grande impacto econômico na indústria florestal (MINETTE et al., 2008; SANTOS et al., 2013, LOPES; DINIZ, 2015; GUEDES et al., 2017). Por ser um processo que envolve o uso de máquinas e equipamentos de tecnologias complexas, exige um modelo de gestão de manutenção eficiente e mão de obra especializada.

Dentre os conceitos modernos de manutenção cita-se o *world class maintenance* (WCM), que tem por objetivo alcançar a manutenção de classe mundial por meio da liderança de processos, envolvendo as boas práticas oriundas de outros programas de manutenção como a *total productive maintenance* (TPM), e promovendo a mudança de cultura no que diz respeito aos métodos de manutenção reativas (YAMASHINA, 2000; MISHRA et al., 2006; SLACK et al., 2008; MISHRA et al., 2015).

Dada a importância da manutenção no setor de colheita da madeira e a necessidade de realização de estudos que visem contribuir para o desenvolvimento das operações florestais, aumento da disponibilidade, produtividade e redução dos custos, esta pesquisa objetivou realizar uma análise técnica de um sistema de manutenção de classe mundial (WCM) na operação *skidders* visando identificar o melhor procedimento de manutenção a ser adotado.

Material e métodos

A pesquisa foi realizada em plantios florestais de uma empresa de papel e celulose localizada no estado do Paraná, Brasil. A área de estudo apresentava florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda* com 7 e 17 anos respectivamente, sob regime de corte raso, volume médio individual variando de 0,36 a 0,42 m³ e relevo suave ondulado.

O sistema de colheita estudado foi o de árvores inteiras (*full tree*), em que, segundo Schettino et al. (2015) a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio intermediário, onde é processada em forma de toras. O *skidder* utilizado na pesquisa apresentou potência nominal de 250 hp / 180 KW, motor Cummins QSC8 Tier III (diesel), peso operacional de 22,7 toneladas, equipado com uma garra de 1,95 m² de área útil e horímetro de 1501 horas.

Os dados utilizados foram coletados através de registros diários da empresa, durante um período de 18 meses. Também foram realizadas visitas mensais na empresa para o acompanhamento da operação de manutenção mecânica, contudo, não houve qualquer interferência sobre a operação. As atividades de manutenção realizadas com a introdução do sistema WCM estão apresentadas na Tabela 1.

Inicialmente, foi calculada a disponibilidade mecânica do equipamento, definida como a porcentagem do tempo de serviço programado em que a máquina esteve disponível para realizar determinada



Tabela 1. Atividades adotadas pela equipe de manutenção mecânica da empresa.

Atividades	Descrição
Manutenção corretiva	Atividade realizada para correção imediata de alguma falha ou pane que ocorra em campo, como mangueiras estouradas, pinos quebrados, ajustes de folgas, entre outros trabalhos que podem ocorrer no dia a dia de trabalho.
Manutenção preventiva de lubrificação	Revisões para a troca de óleos e filtros, realizadas conforme os manuais dos próprios equipamentos ou ainda pela definição do setor de manutenção.
Análise de falhas	Atividade em que ocorre a participação de uma equipe multidisciplinar, composta por pessoas que conhecem o processo e o método, para que haja rodadas de discussão em busca da causa raiz e da solução definitiva do problema.
Manutenção preventiva	Ciclo de manutenções realizadas em um total de oito semanas em todos os equipamentos onde em cada semana é revisado uma série de componentes.
Revisões estratégicas	Atividade realizada durante a madrugada por equipes específicas, compostas por mecânicos e soldadores. Ocorre em um intervalo de aproximadamente três semanas, onde as equipes visitam os equipamentos durante dois dias, realizando trabalhos pesados e complexos como soldas.

atividade, desconsiderando o tempo em manutenção (ROCHA et al., 2009; SILVA et al., 2010; SIMÕES; FENNER, 2010; SANTOS et al., 2013; GUEDES et al., 2017) e é obtido pela expressão:

$$DM = \frac{HT - HM}{HT} \times 100$$

Onde: DM = Grau de disponibilidade mecânica (%); HT = Horas de trabalho; e HM = Horas de manutenção.

O consumo médio de óleo hidráulico foi calculado a partir de uma equação adaptada de Simões et al. (2010), Nascimento et al. (2011) e Simões et al. (2014). A razão entre a quantidade de óleo hidráulico consumido pela máquina em relação ao número total de horas trabalhadas permitiu obter o consumo médio de óleo hidráulico.

$$COH = \frac{LOH}{H}$$

Onde: COH = Consumo médio de óleo hidráulico (litros/hora); LOH = Quantidade de óleo hidráulico consumidos no mês (litros); e H = Quantidade de horas trabalhadas no mês.

O tempo médio entre falhas, definido pela relação entre o total de horas disponíveis de trabalho para a máquina ou equipamento em relação ao número de manutenções corretivas realizadas no período, foi obtido pela seguinte expressão (KUMAR et al., 1999; BRAGLIA et al., 2012; WIENKER et al., 2016):

$$MTBF = \frac{HTD}{MC}$$

Onde: $MTBF$ = Tempo médio entre falhas (horas); HTD = Horas de trabalho disponíveis; e MC = número de manutenções corretivas realizadas.

O tempo médio de reparo, que é relação entre as horas destinadas para a realização das manutenções corretivas de determinada máquina ou equipamento em relação ao número de manutenções corretivas realizadas no período de avaliação, foi obtido pela seguinte expressão (MENG, 1995; BRAGLIA et al., 2012; BUSSO; MIYAKE, 2013; WIENKER et al., 2016):

$$MTTR = \frac{HMC}{MC}$$

Onde: $MTTR$ = Tempo médio de reparo (horas); HMC = Horas de manutenção corretiva; e MC = número de manutenções corretivas realizadas.

O índice de manutenção proativa foi obtido pela razão entre o tempo de manutenções proativas (manutenções de caráter preventivo) e o tempo total de manutenções realizadas em cada máquina ou equipamento, sendo determinado pela seguinte expressão:

$$IPR = \frac{TMPR}{TTM} \times 100$$

Onde: IPR = Índice de reativa (%); $TMPR$ = Tempo de manutenções proativas (horas); e TTM = Tempo total de manutenções (horas).



Resultados e discussão

O sistema de manutenção WCM, em geral, apresentou bons resultados, haja vista que houve um aumento da disponibilidade mecânica em relação ao período de implantação do sistema WCM (Figura 1).

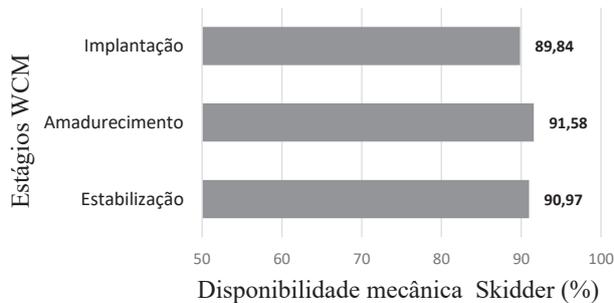


Figura 1. Índice de disponibilidade mecânica nos estágios do sistema WCM.

De acordo com a Figura 1, verifica-se que a disponibilidade mecânica apresentou um aumento em resposta ao investimento feito com a implantação do sistema WCM, onde foi possível contar com um almoxarifado de campo com as principais peças de giro. Outro fator que culminou no aumento da disponibilidade mecânica além do treinamento de mecânicos e operadores foi a realização das manutenções preventivas e manutenções estratégicas.

De maneira geral, os resultados da variável disponibilidade mecânica das máquinas estudadas apresentam valores acima dos 85%, valor esse próximo ao obtido por Rocha et al. (2009) e Simões et al. (2014) estudando máquinas de corte e extração florestal. As causas que mais afetaram a disponibilidade mecânica foram semelhantes as encontradas no estudo feito por Rocha et al. (2009), segundo o qual a operação inadequada da máquina, lubrificação incorreta culminaram na redução da disponibilidade mecânica. Neste sentido, complementamos que a falta de limpeza da máquina e não cumprimento dos procedimentos de manutenção também contribuiu para a redução da disponibilidade mecânica, diminuindo a confiabilidade da operação, vida útil e segurança operacional.

A Figura 2 apresenta os resultados de consumo de óleo hidráulico nos três estágios avaliados. Como pode ser observado, houve uma redução no consumo de óleo hidráulico a partir do estágio de amadurecimento do sistema WCM, apresentando ainda diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A Figura 2 ilustrou a influência do WCM no consumo de óleo hidráulico, onde é possível notar uma redução no consumo médio com o passar do tempo. Desta forma, ficou claro que o sistema WCM mostrou eficiência no que diz respeito a redução de consumo e

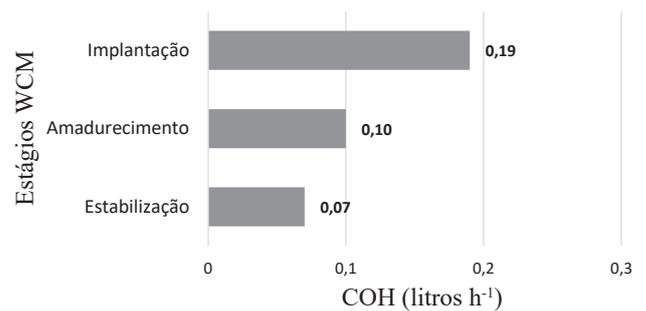


Figura 2. Consumo de óleo hidráulico nos estágios do sistema WCM.

por consequência custo do item óleo hidráulico, uma vez que proporcionou uma redução média de 0,12 litros de óleo hidráulico por hora trabalhada.

O menor percentual de redução no consumo de óleo hidráulico pode ser explicado pela característica da própria máquina, que apresenta um sistema hidráulico fechado, onde grande parte das mangueiras ficam protegidas, dificultando o desgaste prematuro dos componentes.

Os resultados do indicador MTBF, apresentados na Figura 3, indicam que o sistema WCM permite um aumento considerável no intervalo de falhas, mostrando diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao MTBF, houve um aumento no intervalo de ocorrência de falhas a partir do estágio de amadurecimento (Figura 3). Tal resultado deveu-se, principalmente, a aplicação de manutenção preventiva nos equipamentos avaliados, ao treinamento dos mecânicos e operadores e ao estoque de peças existentes no almoxarifado de campo, sendo que no período de transição entre os estágios os colaboradores ainda não possuíam treinamento adequado, bem como o almoxarifado de campo não possuía um dimensionamento ideal das peças necessárias para a atividade.

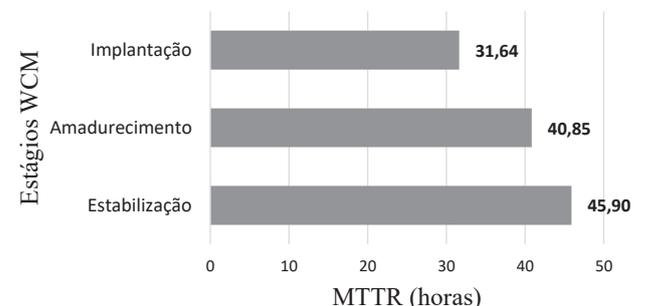


Figura 3. Tempo médio entre falhas nos estágios do sistema WCM.

Os valores apresentados na Figura 4 mostram os tempos obtidos para o indicador MTTR nos estágios de amadurecimento e estabilização do sistema WCM. É possível notar que houve um aumento nos tempos de reparos.



O índice de proativa, referente ao percentual de manutenções de caráter preventivo realizadas nas máquinas é apresentado na Figura 5. Os resultados mostram que o sistema WCM permitiu uma mudança na cultura da companhia, que até então adotava como premissa as práticas de manutenção preventiva de lubrificação, recomendada pelas montadoras das máquinas e as manutenções corretivas, uma vez que houve uma queda de 50% na realização de manutenções corretivas em todas as máquinas após o estágio de implantação, mostrando ser diferente estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O comportamento do índice de proativa das máquinas avaliadas nos estágios de implantação, amadurecimento e estabilização apresentados na Figura 5 mostram que a partir do estágio de amadurecimento houve um aumento no índice de proativa. Tal resultado é explicado pelas inúmeras intervenções de manutenção preventiva realizadas com a introdução do sistema WCM. Neste sistema, sempre que os componentes como mangueiras, pinos, reparos, mancais, pistões, entre outros, apresentavam desgaste, os mesmos eram avaliados durante as manutenções preventivas e caso houvesse necessidade esses itens eram substituídos, diminuindo, portanto, a ocorrência de manutenções reativas (manutenções corretivas não programadas).

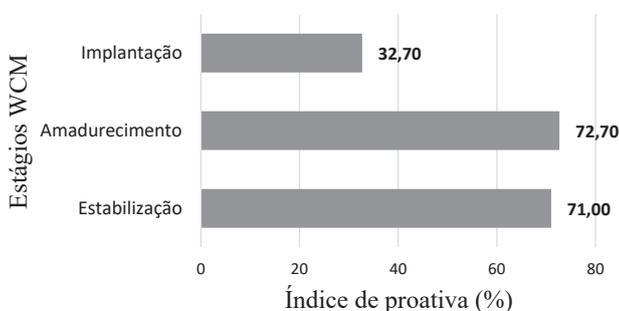


Figura 5. Índice de proativa nos estágios do sistema WCM.

Diversos estudos têm apontado que o tipo de manutenção empregada nas máquinas de colheita de madeira é muito sensível as condições operacionais de cada companhia, como nível de treinamento de mecânicos e operadores, logística de suprimento de peças e combustíveis, tamanho da estrutura de manutenção no campo, entre outros (MALINOVSKI et al., 2006; FIEDLER et al., 2008; LOPES et al., 2008; FERNANDES et al., 2009; SCHETTINO et al., 2015), as quais em conjunto ou isoladamente acabam neutralizando qualquer chance de redução de custos e aumento da disponibilidade mecânica das máquinas de colheita de madeira.

Conclusões

A introdução do sistema WCM proporcionou, em geral, aumento da disponibilidade mecânica, indicando a possibilidade de aumento da produção das operações de colheita de madeira, uma vez que se tem disponível mais horas disponíveis para a operação.

Nos casos dos indicadores MTBF, MTTR e índice de proativa, durante os primeiros estágios, ocorreram os piores resultados, explicada pela falta de estrutura nos meses iniciais, porém, nos estágios de amadurecimento e estabilização os resultados superaram as marcas obtidas no estágio de implantação, mostrando a evolução do sistema WCM em curto período de tempo.

Referências

- ALMEIDA, F. E. F. *Análise comparativa entre metodologias de manutenção de tratores agrícolas*. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.
- BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Data classification and MTBF prediction with a multivariate analysis approach. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 97, p. 27-35, 2012. DOI: 10.1016/j.res.2011.09.010.
- BUSSO, C. M.; MIYAKE, D. I. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão de desempenho global de uma fábrica. *Produção*, v. 23, n. 2, p. 205-225, 2013. DOI: 10.1590/S0103-65132012005000068.
- 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, 2009.
- FIEDLER, N. C.; ROCHA, E. B.; LOPES, E. 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, 2008. DOI: 10.5380/ufv.v38i4.13153.
- GUEDES, L. G.; AMARAL, E. J.; LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; SANT'ANNA, C. M. Avaliação do desempenho e custos de dois sistemas de cabos aéreos na extração de madeira de eucalipto. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 2, p. 571-580, 2017. DOI: 10.5902/1980509827737.
- KUMAR, U. D.; KNEZEVIC, J.; CROCKER, J. Maintenance free operating period: an alternative measure to MTBF and failure rate for specifying reliability? *Reliability Engineering and System Safety*, v. 64, p. 127-131, 1999.
- LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. C.; SERPE, E. L.; CABRAL, O. M. J. V. Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do forwarder no desbaste comercial de Pinus taeda. *Scientia*



- Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 57-66, 2016. DOI: /10.18671/scifor.v44n109.05.
- LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; SANTOS, N. T.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 215-222, 2008.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 169-182, 2006.
- MENG, F. C. Comparing the mtbf of four systems with standby components. **Microelectron. Reliab.**, v. 35, n. 7, p. 1031-1035, 1995.
- MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; FREITAS, K. E.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 659-665, 2008. DOI: 10.1590/S1415-43662008000600014.
- MISHRA, R. P.; ANAND, G.; KODALI, R. B. Development of a framework for world-class maintenance systems. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 5, p. 141-165, 2006. DOI: 10.1016/j.procir.2014.07.174.
- MISHRA, R. P.; KODALI, R. B.; GUPTA, G.; MUNDRA, N. Development of a framework for implementation of world-class maintenance systems using interpretative structural modeling approach. **Procedia CIRP**, v. 26, p. 424-429, 2015. DOI: 10.1016/j.procir.2014.07.174.
- NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000100002.
- ROCHA, E. B.; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E. S.; GUIMARÃES, P. P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.
- SANTOS, P. H. A.; SOUZA, A. P.; MARZANO, F. L. C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com clambunk skidder. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 511-518, 2013. DOI: 10.1590/S0100-67622013000300014.
- 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**, v. 39, n. 5, p. 935-942, 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000500016.
- SILVA, E. M.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus* sp. com harvester. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 745-753, 2010. DOI: 10.1590/S0100-67622010000400019.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do forwarder na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 711-720, 2010. DOI: 10.5380/rf.v40i4.20323.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 611-618, 2010.
- 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. 20, n. 3, p. 621-630, 2014. DOI: 10.5902/1980509815742.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- WINKER, M.; HENDERSON, K.; VOLKERTS, J. The computerized maintenance management system an essential tool for world class maintenance. **Procedia Engineering**, v. 138, p. 413-420, 2016. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.02.100.
- YAMASHINA, H. Challenge to world class manufacturing. **International Journal of Quality of Reliability Management**, v. 12, n. 34, p. 30-31, 2000. DOI: 10.1108/02656710010304546.



Influência de árvores bifurcadas na produtividade de um *harvester*

Carlos César Cavassin Diniz¹; Romano Timofeiczuk Junior²; Renato César Gonçalves Robert³;
João Carlos Garzel Leodoro da Silva⁴; Miguel Pesch Tramontini⁵

¹Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, carlos.diniz@ufpr.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência que árvores bifurcadas têm sobre a produtividade de um *harvester* operando em regime de primeiro desbaste. Os dados foram provenientes de estudos de tempos e movimentos utilizando o método contínuo em povoamentos de *Pinus taeda* L. com 11 anos de idade. Analisou-se o ciclo operacional da máquina a partir da forma do fuste das árvores bem como a obtenção da produtividade. Foi observado aumento de até 22,9% no tempo do ciclo operacional para árvores que apresentavam fustes bifurcados, resultando na redução da produtividade em 5,58 m³ a cada hora trabalhada. Neste sentido foi possível inferir que árvores bifurcadas podem reduzir até 23% da produtividade de um *harvester* operando em primeiro desbaste.

Palavras-chave: Colheita florestal; *Pinus taeda*; Fustes.

Introdução e objetivos

Este trabalho tem por objetivo apresentar a influência que árvores de fuste bifurcado têm sobre a operação de um *harvester* operando em regime de primeiro desbaste.

A mecanização da atividade de corte florestal contribuiu significativamente para maximizar o retorno dos investimentos realizados por empresas e investidores (LEITE et al., 2014). A produtividade de determinada operação é influenciada por variáveis externas e dos próprios equipamentos (máquina-base e implemento). Simões e Fenner (2010), Lopes e Pagnussat (2017) complementam o relato citando ainda o nível de tecnologia, treinamento de operadores, condições do povoamento, disponibilidade mecânica e eficiência operacional.

O conhecimento profundo das diferentes condições de operação e do próprio equipamento é de extrema importância, uma vez que influenciam diretamente sobre o comportamento da produtividade dos equipamentos (MALINOVSKI et al., 2006). Akay et al. (2004) comentam que o rendimento operacional do *harvester* está relacionado ao volume da árvore, desta forma, diminuindo o volume também diminui o rendimento operacional.

Martins et al. (2009) avaliando técnica e economicamente a operação do *harvester* concluíram que o volume médio por árvore foi a variável que melhor explicou a capacidade operacional efetiva do equipamento. Bramucci e Seixas (2002) afirmaram que o aumento na densidade da floresta resulta na redução do volume individual das árvores, resultando na queda

de produtividade do *harvester*, sendo confirmado no estudo realizado por Eliasson (1999) que alega que o volume médio individual é um dos principais fatores que influenciam a produtividade das máquinas utilizadas nas operações de corte florestal.

Com isso, verifica-se a importância do conhecimento dos fatores que afetam a produtividade da atividade de corte florestal com *harvester*. Diante do exposto, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar a influência que árvores bifurcadas exercem sobre a produtividade, ciclo operacional e custo de um *harvester* operando no primeiro desbaste em florestas de *Pinus taeda* L.

Materiais e métodos

A pesquisa foi realizada em plantios florestais de *Pinus taeda* L. com 11 anos de idade e volume médio individual (VMI) de 0,22 m³ em regime de primeiro desbaste em uma empresa de base florestal localizada no município de Inácio Martins, estado do Paraná, Brasil.

O sistema de colheita da madeira foi o de toras curtas (cut to length) sendo a operação de corte e extração realizadas de forma mecanizada com o uso do *harvester* e *forwarder*. O corte florestal foi realizado por um *harvester* com rodados de pneus com potência nominal de 204 hp / 150 Kw equipado com motor Mercedes-Benz / MTU OM 934 LA EU Stage IV com peso operacional de 17,5 toneladas e horímetro de 510,4 horas (Figura 1).

Os principais fatores que podem afetar o rendimento do *harvester* no corte florestal são espécie, volume



Foto: Michel Pesch Tramontini

Figura 1. Harvester utilizado na pesquisa.

médio individual, forma do fuste, sortimento, operador, tempo de experiência, máquina e nível de tecnologia da mesma. Salienta-se que estes fatores foram mantidos constantes, variando-se somente a forma dos fustes das árvores.

Foi utilizado estudo de tempos e movimentos para obter informações de produtividade e do tempo médio efetivo do ciclo operacional da máquina. Para tanto, empregou-se o método de cronometragem de tempos contínuos, de acordo com a metodologia proposta por Barnes (1977).

O ciclo operacional foi subdividido nas seguintes atividades parciais: deslocamento (DE), caracterizado pelo deslocamento da máquina entre as árvores, busca e derrubada (BD), compreendendo a movimentação da grua e do cabeçote até a árvore a ser abatida e processamento (PR), sendo o movimento de derrubada seguido do acionamento dos rolos alimentadores e do conjunto de corte para confecção das toras

As informações de produção (m^3), número de árvores processadas e volume médio individual (VMI) em metros cúbicos foram coletados por meio dos sistemas operacionais da máquina, que utiliza o software Timber fleet.

Inicialmente realizou-se um estudo piloto, para definição do número mínimo de observações,

proporcionando um erro de amostragem máximo de 5%, de acordo com a expressão proposta por Conaw (1977).

$$N \geq \frac{t^2 \times CV^2}{E^2}$$

em que: N = número mínimo de ciclos operacionais; t = valor de t , para o nível de 95% de probabilidade; CV = coeficiente de variação (%); e E = erro admissível (%).

Os resultados obtidos foram submetidos à técnica da análise de variância para experimentos inteiramente casualizados, por meio do software estatístico R (R-Statistics). Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa foi realizado teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussões

Para o presente trabalho foi estabelecido um erro de amostragem admissível em 5%, sendo o número mínimo de 1.562 ciclos operacionais. Foram observados um total de 2.647 ciclos do harvester cortando e processando árvores com fuste reto e 1.923 ciclos com fuste bifurcado, ambos números superiores ao fixado como necessário.

Como verificado na Figura 2, constatou-se que o tempo de processamento de uma árvore com fuste bifurcado é superior ao de uma árvore com fuste reto, sendo detectada ainda diferença significativa pelo teste de Tukey ($P_{valor} < 0,05$).

Tal resultado é explicado pela maior necessidade de movimentos com o cabeçote para finalizar o processamento da árvore, um vez que são necessários mais cortes durante o processamento para que elo de bifurcação seja retirado e seja feito o aproveitamento da madeira, confirmado pela atividade “processamento” que representou em média 74,8% e 61,1% do tempo

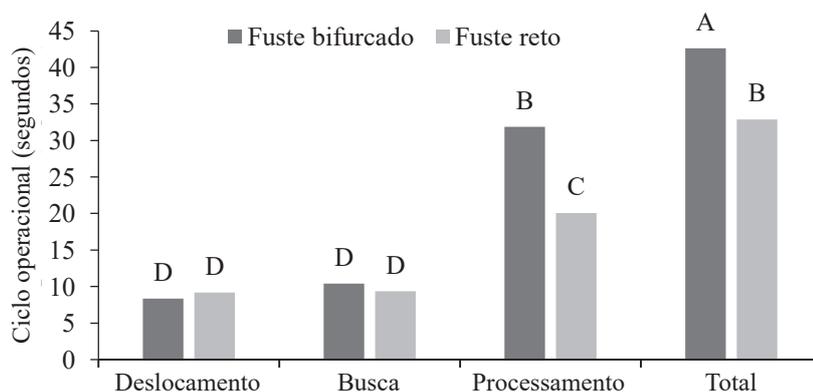


Figura 2. Tempos parciais do ciclo operacional do harvester para árvores com fuste bifurcado e reto.

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.



total do ciclo operacional para as árvores de fuste bifurcado e reto, respectivamente. Resultado semelhante foi obtido por Lopes et al. (2007) e Simões et al. (2010) estudando técnica e economicamente a operação de colheita de florestas com harvester, onde os autores obtiveram 59,7% e 62,6% do tempo do ciclo operacional para o “processamento”.

Este resultado parece ser de certa forma óbvio, entretanto o que implica em uma importante informação é o quanto este valor se diferencia das árvores de fuste reto. Árvores bifurcadas demoram 12 segundos a mais, em média, para serem processadas do que as com fuste reto.

A partir dos dados de inventário é possível obter uma prognose da produtividade do corte com a inclusão da porcentagem de árvores bifurcadas selecionadas no desbaste garantindo assim um melhor planejamento operacional.

As atividades parciais que completam o ciclo operacional foram “busca e derrubada” com 24,4% e 28,4%, seguido do “deslocamento” com 19,6% e 28% do tempo total do ciclo operacional para árvores com fuste bifurcado e reto respectivamente.

Não houve significativa para o teste de Tukey Pvalor ($<0,05$) nestas duas atividades, o que evidencia que durante o deslocamento da máquina e no momento em que a mesma está movendo o cabeçote para realizar a busca e a derrubada da árvore, a forma do fuste não tem influência.

Já para a realização do ciclo operacional, o tempo foi de 43 segundos para uma árvore bifurcada e 33 segundos para uma árvore com fuste reto, sendo tais resultados diferentes pelo teste de Tukey Pvalor ($<0,05$).

As produtividades médias do harvester cortando e processando árvores com fuste bifurcado e com fuste reto por hora efetiva de trabalho foram 18,57 e 24,08 $m^3 h^{-1}$, respectivamente. Para o presente trabalho, foi considerado um VMI de 0,22 m^3 , desta forma, ficou claro que as árvores bifurcadas demandam maior tempo para o processamento, afetando diretamente na produtividade da máquina.

Estudos de colheita de madeira utilizando harvester demonstraram que existe uma variação de produtividade em função do diâmetro à altura do peito (DAP), neste sentido, trabalhos como de Gingras (1988), Holtzschler e Lanford (1997) e Elliasson (1999) evidenciam o efeito do DAP sobre a produtividade na colheita florestal mecanizada, os quais confirmaram existir uma correlação entre tais fatores. Desta forma, com o presente trabalho, fica claro que a forma do fuste é outro fator que afeta a produtividade (Figura 3).

De acordo com a Figura 3, é observado aumento da produtividade. Esse fato pode ser explicado devido ao acréscimo de tempo para o processamento de uma árvore bifurcada, corroborando para que árvores com fuste bifurcado influencia diretamente na produtividade da operação de corte florestal com harvester.

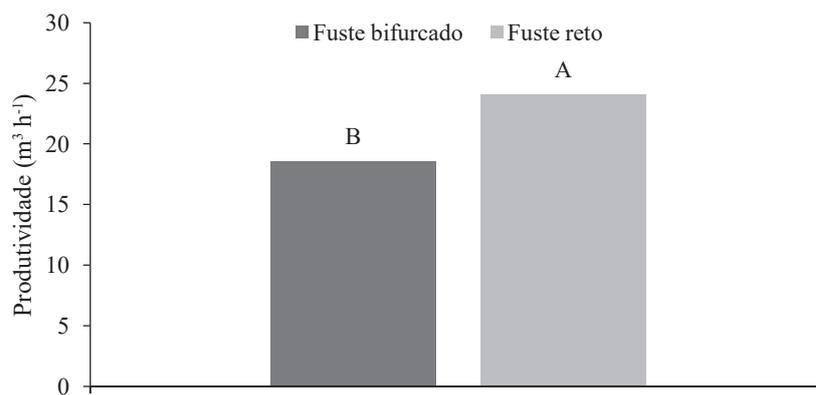


Figura 3. Produtividade do harvester operando com diferentes tipos de fuste.

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.



Conclusões

O maior tempo do ciclo operacional foi o da atividade parcial processamento, tanto para árvores com fuste reto quanto bifurcado, sendo que o processamento de árvores com fuste bifurcado demandou maior percentual do ciclo operacional.

Árvores com fuste bifurcado influenciou diretamente na queda da produtividade do harvester.

Referências

- AKAY, A. E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. **Journal of Applied Sciences**, v. 4, p. 100-105, 2004. DOI: 10.3923/jas.2004.100.105.
- BARNES, R. M. **Motion and time study**: design and measurement of work. 6th ed. New York: John Wiley & Sons, 1968. 799 p.
- BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita florestal. **Scientia Florestalis**, v. 62, p. 62-74, 2002.
- CONAW, P. L. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 264 p.
- ELIASSON, L. Simulation of thinning with a single-grip harvester. **Forest Science**, v. 45, p. 26-34, 1999.
- GINGRAS, J. F. The effects of site and stand factors on feller-buncher performance. **FERIC Technical Report**, v. 84, p. 1-18, 1988.
- HOLTZSCHER, M. A.; LANFORD, B. L. Tree diameter effects on cost and productivity of cut-to-length systems. **Forest Products Journal**, v. 47, n. 3, p. 25-30, 1997.
- LEITE, E. S.; MINETTE, L. J.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; AMARAL, E. J.; LACERDA, E. G. Desempenho do harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000100009.
- LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do corte de pinus com cabeçote harvester em diferentes condições operacionais. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 305-313, 2007. DOI: 10.5380/ufv.v37i3.9926.
- LOPES, E. S.; PAGNUSSAT, M. B. Effect of the behavioral profile on operator performance in timber harvesting. **International Journal of Forest Engineering**, v. 28, p. 1-6, 2017. DOI: 10.1080/14942119.2017.1328847.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 169-182, 2006.
- MARTINS, R. J.; SEIXAS, F.; STAPE, J. L. Avaliação técnica e econômica de um harvester trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Florestalis**, v. 37, n. 83, p. 253-263, 2009.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Florestalis**, v. 38, n. 88, p. 611-618, 2010.



Análise do custo de manutenção de um processador *harvester* sob a ótica da manutenção de classe mundial (WCM)

Diellen Lydia Rothbarth¹; Carlos César Cavassin Diniz²; Eduardo da Silva Lopes³;
Gabriel de Magalhães Miranda⁴; Henrique Soares Koehler⁵

¹Mestranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, diellen.rothbarth@ufpr.br; ²Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, carlos.diniz@ufpr.br;

³Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, eslopes@unicentro.br; ⁴Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, gmiranda@unicentro.br; ⁵Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, koehler@ufpr.br

Resumo: O presente trabalho visou avaliar um sistema de manutenção de classe mundial (WCM) na operação de máquinas de colheita de madeira a partir de uma análise de custo de manutenção. O trabalho foi realizado em uma empresa florestal localizada no Paraná, com *harvester* na colheita de florestas de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. A avaliação foi realizada por um período de 18 meses para os estágios de implantação, amadurecimento e estabilização. Verificou-se que o custo de manutenção por hora trabalhada sofreu uma redução de 16% entre os estágios de amadurecimento e estabilização, indicando o potencial do WCM na redução de custos para manutenção em máquinas de colheita.

Palavras-chave: Colheita da madeira; Mecanização; Manutenção preventiva.

Introdução e objetivos

A mecanização das operações de colheita florestal sofreu uma evolução nas últimas décadas com a abertura do mercado para importações. Os principais ganhos que esta evolução proporcionou foram a redução da dependência de mão-de-obra, melhorias nas condições de segurança e ergonomia no trabalho, possibilidade de uma maior capacidade produtiva e maior garantia as indústrias de um fornecimento regular e padronizado de madeira (SPINELLI et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2011; LEITE et al., 2014a, 2014b).

Em tempos de instabilidade econômica, as empresas buscam avaliar todo futuro investimento e, neste contexto, a manutenção de máquinas de colheita da madeira mostra-se como ponto chave, uma vez que seus custos podem variar de 50% a 60% do custo total do equipamento (SILVA et al., 2010; LOPES et al., 2014).

Um dos mais modernos conceitos de manutenção, o *world class maintenance* (WCM) visa alcançar a manutenção de classe mundial por meio da liderança de processos, em conjunto com boas práticas oriundas de outros programas de manutenção como a *total productive maintenance* (TPM), e promovendo a mudança de cultura quanto aos métodos de manutenção reativas (YAMASHINA, 2000; MISHRA et al., 2006; SLACK et al., 2008; MISHRA et al., 2015). Assim, o

foco do WCM é o aumento da produção via redução de falhas no processo produtivo.

Considerando a importância da manutenção para a colheita da madeira, e a necessidade de realização de estudos que foquem na redução dos custos, contribuindo para o aumento da competitividade do setor de base florestal, esta pesquisa realizou uma análise econômica de um sistema de manutenção de classe mundial (WCM) na operação de *Harvester* com o objetivo final de identificar o melhor procedimento de manutenção a ser adotado pelas companhias.

Material e métodos

O estudo foi conduzido em plantios florestais em uma empresa de papel e celulose localizada no estado do Paraná, Brasil. De acordo com a classificação climática de Köppen (1948) o clima da região é caracterizado como transição entre Cfa e Cfb, com chuvas regulares e precipitação média anual entre 1.478 a 1.700 mm, sendo os verões quentes e úmidos e inverno frio. As informações foram coletadas a partir de dados registrados diariamente pela empresa dentro de um período de 18 meses. Visitas mensais a empresa também foram realizadas, visando acompanhar a operação de manutenção mecânica, contudo, não houve qualquer interferência sobre a operação.

Na área de estudo, as florestas onde as máquinas atuaram foram em sua totalidade *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda* com 7 e 17 anos respectivamente, sob



regime de corte raso, volume médio individual variando de 0,36 a 0,42 m³, com relevo suave ondulado.

O sistema de colheita da madeira estudado foi o de árvores inteiras (*full tree*), em que, segundo Schettino et al. (2015) a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio intermediário, onde é processada em forma de toras. O *harvester* estudado apresentou potência nominal de 294 hp / 219 KW, motor John Deere 6081 H Tier II (diesel), com peso operacional de 33,4 toneladas e horímetro de 1758 horas (Figura 1).

Foto: Diellen L. Rothbarth.



Figura 1. *Harvester* avaliado no presente estudo.

As atividades de manutenção realizadas com a introdução do sistema WCM estão apresentadas na Tabela 1.

O custo de manutenção das máquinas estudadas contemplou o custo de pessoal, materiais, serviços externos e apoio, e cada um destes está detalhado abaixo.

O custo de pessoal inclui as despesas com salários, encargos sociais e benefícios fornecidos pela empresa, como participação no lucro, despesas com os

treinamentos e reciclagens da equipe de manutenção. Os valores totais mensais foram divididos pela quantidade de horas trabalhadas dos equipamentos estudados.

$$CP = \frac{SL + EN + BN + TR}{HT}$$

Onde: *CP* = Custo de pessoal (R\$/hora); *SL* = Salários (R\$); *EM* = Encargos (R\$); *BN* = Benefícios (R\$); *TR* = treinamentos e reciclagens (R\$) e *HT* = Quantidade de horas trabalhadas no mês.

O custo de materiais faz referência ao consumo de peças, consumo de água, capital imobilizado, gestão dos almoxarifados e o setor de compras.

$$CMT = \frac{MT}{HT}$$

Onde: *CMT* = Custo de materiais (R\$/hora); *MT* = Materiais (R\$) e *HT* = Quantidade de horas trabalhadas no mês.

O custo de serviços externos referiu-se aos valores mensais dos contratos com as empresas terceirizadas para execução de serviços, tais como, lavagem dos equipamentos, soldas, análise de óleos e demais atividades, que foram então divididos pelas respectivas horas trabalhadas durante o período de avaliação.

$$CSE = \frac{CT}{HT}$$

Onde: *CSE* = Custo de serviços externos (R\$/hora); *CT* = Contratos de terceiros (R\$) e *HT* = Quantidade de horas trabalhadas no mês.

Tabela 1. Atividades adotadas pela equipe de manutenção mecânica da empresa.

Atividades	Descrição
Manutenção corretiva	Atividade realizada para correção imediata de alguma falha ou pane que ocorra em campo, como mangueiras estouradas, pinos quebrados, ajustes de folgas, troca de rolamentos, entre outros trabalhos que podem ocorrer no dia a dia de trabalho.
Manutenção preventiva de lubrificação	São as conhecidas revisões para a troca de óleos e filtros, sendo realizadas conforme os manuais dos próprios equipamentos ou ainda pela definição do setor de manutenção.
Análise de falhas	Atividade em que ocorre a participação de uma equipe multidisciplinar, composta por pessoas que conhecem o processo e o método, para que haja rodadas de discussão em busca da causa raiz e da solução definitiva do problema.
Manutenção preventiva	Consiste em um ciclo de manutenções realizadas em um total de oito semanas em todos os equipamentos onde em cada semana é revisado uma série de componentes.
Revisões estratégicas	Atividade realizada durante a madrugada por equipes específicas, compostas por mecânicos e soldadores. Este tipo de atividade ocorre em um intervalo de aproximadamente três semanas, onde as equipes visitam os equipamentos durante dois dias, realizando trabalhos pesados e complexos como soldas.



O custo de apoio referiu-se aos insumos utilizados pelos equipamentos que compõem a infraestrutura de manutenção, como os veículos de apoio, caminhão comboio, carreta de solda, almoxarifado, entre outros.

$$CA = \frac{CI}{HT}$$

Onde: *CA* = Custo de apoio (R\$/hora); *CI* = Custo dos insumos e *HT* = Quantidade de horas trabalhadas no mês.

O custo total de manutenção foi obtido pelo somatório dos custos de pessoal, de materiais, custo de serviços e custos de apoio, sendo calculado pela expressão:

$$CM = CP + CMT + CSE + CA$$

Onde: *CM* = Custo de manutenção (R\$/he); *CP* = Custo de pessoal (R\$/he); *CMT* = Custo de materiais (R\$/he); *CSE* = Custo de serviços (R\$/he) e; *CA* = Custo de apoio (R\$/he).

Resultados e discussão

O sistema de manutenção WCM apresentou bons resultados. Observando a Figura 2, pode-se constatar que o estágio de estabilização do sistema WCM apresentou redução no custo de manutenção por hora trabalhada, com uma redução de 16% entre o estágio de amadurecimento e estabilização.

Tal resultado deve ser considerado relevante, uma vez que a introdução de um sistema de manutenção que tem como fundamentação na realização de manutenções preventivas permitiu redução do custo de manutenção das máquinas.

No sistema WCM, sempre que os componentes como mangueiras, pinos, reparos, mancais, pistões, entre outros, apresentavam desgaste, os mesmos eram

avaliados durante as manutenções preventivas e caso houvesse necessidade esses itens eram substituídos, diminuindo, portanto, a ocorrência de manutenções reativas (manutenções corretivas não programadas).

Os custos médios de manutenção dos equipamentos por hora trabalhada nos processos estudados apresentados na Figura 2 demonstram um aumento no custo no estágio de amadurecimento em relação ao estágio de implantação. Tal resultado é explicado pelo investimento em contratações de pessoal especializado, treinamentos de operadores e mecânicos, compra de peças e ferramentas para formação do estoque e realização das atividades, uma vez que com o passar do tempo foi possível melhorar a estrutura do almoxarifado.

Diversos estudos têm apontado que o tipo de manutenção empregada nas máquinas de colheita de madeira é muito sensível as condições operacionais de cada companhia, como nível de treinamento de mecânicos e operadores, logística de suprimento de peças e combustíveis, tamanho da estrutura de manutenção no campo, entre outros (MALINOVSKI et al., 2006; FIEDLER et al., 2008; LOPES et al., 2008; FERNANDES et al., 2009; SCHETTINO et al., 2015), as quais em conjunto ou isoladamente acabam neutralizando qualquer chance de redução de custos e aumento da disponibilidade mecânica das máquinas de colheita de madeira.

Conclusões

A introdução do sistema WCM proporcionou redução do custo de manutenção para *Harvester*, mesmo após os investimentos realizados em contratações de pessoal especializado, treinamentos de operadores e mecânicos, compra de peças e ferramentas para formação do estoque e realização das atividades. Isto evidencia que a aplicação de práticas de manutenção

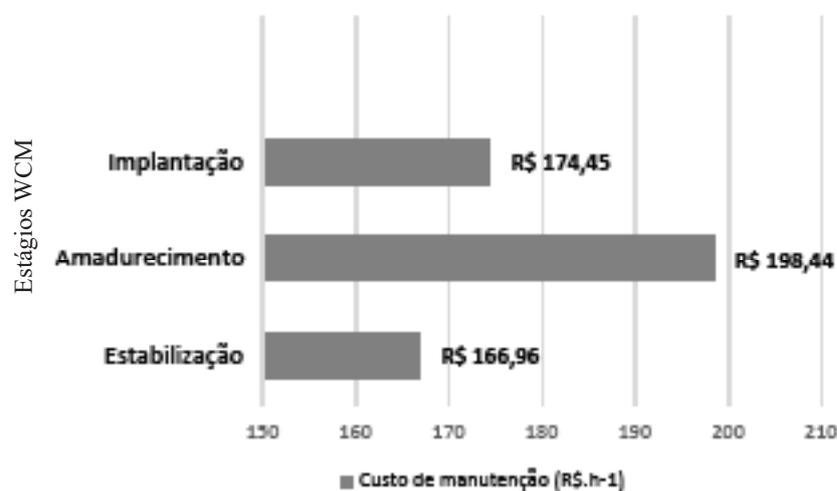


Figura 2. Custo de manutenção do *Harvester* nos estágios do sistema WCM.



preventiva pode trazer redução de custos a empresa, aliada a maior segurança na produção das operações de colheita da madeira bem como estabilidade do sistema WCM, facilitando ainda a obtenção de maior vida útil das máquinas.

Referências

- FERNANDES, H. C.; BURLA, E. R.; LEITE, E. S.; MINETTE, L. J. Avaliação técnica e econômica de um “harvester” em diferentes condições de terreno e produtividade da floresta. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 145-151, 2013.
- 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, 2009.
- FIEDLER, N. C.; ROCHA, E. B.; LOPES, E. 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, 2008. DOI: 10.5380/ufv.v38i4.13153.
- LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem do desempenho da extração de madeira pelo “forwarder”. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 879-887, 2014a. DOI: 10.1590/S0100-67622014000500012.
- LEITE, E. S.; MINETTE, L. J.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; AMARAL, E. J.; LACERDA, E. G. Desempenho do *harvester* na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 1-7, 2014b. DOI: 10.1590/S0100-67622014000100009.
- LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. C.; SERPE, E. L.; CABRAL, O. M. J. V. Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do forwarder no desbaste comercial de *Pinus taeda*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 57-66, 2016. DOI: 10.18671/scifor.v44n109.05.
- LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; SANTOS, N. T.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 215-222, 2008.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 169-18, 2006.
- MISHRA, R. P.; ANAND, G.; KODALI, R. B. Development of a framework for world-class maintenance systems. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 5, p. 141-165, 2006.
- MISHRA, R. P.; KODALI, R. B.; GUPTA, G.; MUNDRA, N. Development of a framework for implementation of world-class maintenance systems using interpretative structural modeling approach. **Procedia CIRP**, v. 26, p. 424-429, 2015. DOI: 10.1016/j.procir.2014.07.174.
- NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000100002.
- 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**, v. 39, n. 5, p. 935-942, 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000500016.
- SILVA, E. M.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus* sp. com harvester. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 745-753, 2010. DOI: 10.1590/S0100-67622010000400019.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 611-618, 2010.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. Atlas: São Paulo, 2008.
- SPINELLI, R.; WARDB, S. M.; OWENDEC, P. M. A harvest and transport cost model for Eucalyptus spp. fast-growing short rotation plantations. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 9, p. 1265-1270, 2009. DOI: 10.1016/j.biombioe.2009.05.010.
- YAMASHINA, H. Challenge to world class manufacturing. **International Journal of Quality of Reliability Management**, v. 12, n. 34, p. 30-31, 2000. DOI: 10.1108/02656710010304546.



Densidade ótima de estradas para a exploração em Plano de Manejo Florestal

Evaldo Muñoz Braz¹; Renato Olivir Basso²; Rafaella De Angeli Curto³; Patricia Povia de Mattos⁴; Jairo Poncio Silva⁵

¹Doutor em Engenharia Florestal, pesquisador na Embrapa Florestas, Colombo, PR; ²Engenheiro florestal, gerente proprietário da Elabore Projetos e Consultoria Florestal, Sinop, MT; ³Doutora em Engenharia Florestal, docente na Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Sinop, MT, rafaellacurto@yahoo.com.br; ⁴Doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora na Embrapa Florestas, Colombo, PR; ⁵Técnico florestal da Palmasola S/A, Brasnorte, MT

Resumo: Objetivou-se com o presente trabalho determinar a densidade ótima de estradas para a extração da madeira com um trator *skidder* em um Plano de Manejo Florestal de 500 ha, localizado na microrregião de Sinop, MT. Realizou-se o cálculo da separação ótima entre estradas, permitindo obter distâncias ideais de arraste para o *skidder*, com menores custos de utilização e de construção de estradas. Recomenda-se a densidade de estradas de 26 m.ha⁻¹, largura de 4 m e estaleiros de 20 m x 20 m, cuja abertura da área corresponde a 1,35%, obedecendo ao limite fixado pela legislação, que é de 2%.

Palavras-chave: *Skidder*; Tempo; Separação ótima.

Introdução e objetivos

O manejo de florestas naturais requer técnicas de planejamento adequadas para a redução de custos e de danos ao remanescente florestal. Em algumas atividades da exploração florestal incidem os custos principais do manejo. Assim, conhecer métodos apropriados para reduzir os custos torna-se fundamental e constitui-se em uma das principais necessidades nas atividades de manejo de florestas naturais.

Na exploração das florestas naturais da Amazônia, os principais custos incidem na construção de estradas e no arraste das toras até os pátios de estocagem (estaleiros), sendo estas duas atividades dependentes. O carregamento também é uma atividade dispendiosa e dependente da otimização dos pátios, de modo que sua melhoria depende de um layout operacional adequado (CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, 1989; BECKER, 1994).

Um importante fator a ser levado em consideração, por estar diretamente ligado a produção e seu custo por hora, é o tempo gasto nas operações (BRAZ; OLIVEIRA, 2001), denominado “tempo de ciclo” que reflete a eficiência do “plano de operação” preparado para o equipamento.

O “plano de operação” dos equipamentos florestais, devido ao seu alto custo diário, tem tanta importância como as “linhas de montagem” das indústrias. No entanto, o arraste mecanizado, mesmo sendo uma das operações mais onerosas do manejo florestal, tem tido seu planejamento negligenciado em muitos casos

(BRAZ; OLIVEIRA, 1995). Assim, nesta operação, o tempo de ciclo de um trator de arraste, como o *skidder*, é fundamental para a análise da redução de custos (BRAZ, 2010).

Em atividades iniciais de planejamento, pode-se ter uma ideia geral do “tempo de ciclo”, utilizando-se tempos médios encontrados em outros trabalhos realizados em florestas tropicais ou mesmo com equações regionais na busca de tempo de ciclos ideais. Entretanto, cada local e trator de arraste utilizado, condições de terreno e carga, irão exercer influência na estrutura de “tempo de ciclo” (CONWAY, 1976). Além disso, implementos adicionais ao *skidder*, como garra do tipo *grapple*, influenciam na redução deste ciclo, se bem utilizados. No entanto, o principal fator que influencia o tempo de ciclo é o planejamento das redes de estradas e sua combinação com a rede de arraste.

A abertura excessiva de estradas e o planejamento inadequado da rede significam um maior impacto no talhão, diminuindo as perspectivas de sustentabilidade do manejo aplicado (HENDRISON, 1989) e aumentando os custos totais da extração da madeira. Já em situações onde existe uma rede pouco densa, pode ocorrer dano em excesso, causado por arraste desnecessário e consequente aumento de custo.

Deste modo, busca-se a separação ótima teórica entre estradas da rede, que permitirá obter distâncias de arraste ideais para determinado equipamento de extração, reduzindo os custos de utilização e de construção das estradas. O equilíbrio entre o custo de arraste e o custo da estrada com um custo total mínimo



dará o espaçamento ideal ou ótimo entre as estradas (SILVERSIDES; SUNDBERG, 1989).

Assim, a otimização dessa rede, em função das distâncias ideais de arraste, deve ser considerada nos planos de manejo de florestas tropicais. O planejamento das estradas da rede, sejam secundárias ou picadas de arraste, deve buscar uma combinação entre distância ótima, densidade, forma fundamental da rede, classes de estradas, disposição dos estaleiros, tal que os custos de arraste, transporte sobre estradas e sua construção propriamente ditas sejam minimizados (BRAZ, 1997).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a densidade ótima de estradas para a extração da madeira em um Plano de Manejo Florestal localizado na microrregião de Sinop, MT.

Material e métodos

O presente trabalho foi realizado em um Plano de Manejo Florestal aprovado pelo órgão regulamentador, estando, portanto, sob normas de manejo florestal sustentado em uma área com floresta Amazônica na microrregião de Sinop, MT.

A área manejada, com 500 ha de relevo plana e bastante homogêneo, propiciou estradas secundárias paralelas com necessidade de pouca correção. A distância entre estradas utilizada no Plano de Manejo foi de 400 m, o que proporcionou uma distância média de arraste de 100 m. O planejamento de estradas e sistemas de arraste foram projetados conforme ilustrado na Figura 1.

Para subsidiar o cálculo da densidade ideal de estradas foi necessária a obtenção de índices de produtividade. Assim, aferiu-se o tempo gasto para a produção de 1.000 m de estrada secundária com um trator de esteiras, tendo sido considerados 3 km de amostragem. Foi também avaliado o tempo dispendido para abertura de 11 pátios (estaleiros), sua limpeza e preparo final, de modo amostral. Para avaliar o arraste das toras, foram

amostrados 134 ciclos completos do trator *skidder* (152 hp; 113 kw; tração 4x4; com rodas; articulado; tração das toras realizada com cabo principal e estropos; dimensões 2,9 m x 2,66 m x 5,5 m) para identificação de seu “tempo de ciclo médio”.

Para avaliação do tempo de ciclo do trator *skidder* considerou-se o tempo total, consistindo na somatória dos elementos parciais:

- Viagem de ida pela trilha: busca das árvores abatidas (uso de mapa de localização das árvores).
- Posicionamento do trator para engate da tora (manobra).
- Engate da tora.
- Viagem de volta pela mesma trilha.
- Desengate da tora.

Os custos necessários para os cálculos de otimização das estradas e demais informações foram compostos segundo informações da empresa responsável pelo Plano de Manejo, sendo ajustados de acordo com metodologia de custo máquina/hora (CATERPILLAR, 1987) quando necessário. Assim, foram identificados os custos para construção das estradas, estaleiros e ciclo de arraste, cuja composição foi avaliada com base no consumo de combustíveis, lubrificantes, salário do operador do trator/*skidder* e equipe auxiliar, o custo da máquina utilizada/hora, e principalmente a produtividade por hora.

O cálculo da Separação Ótima entre Estradas secundárias (SOE) permitiu obter distâncias ideais de arraste para o equipamento de extração, neste caso, o trator de arraste *skidder*, com os menores custos de sua utilização e também menores custos de construção das estradas (BRAZ, 1997). Assim o equilíbrio entre o custo de arraste e o custo da estrada com um custo total mínimo ou em torno deste, é que pôde fornecer o espaçamento ideal ou ótimo entre as estradas secundárias.

Conforme descrito por Braz e Oliveira (1997), o cálculo da SOE pode ser estimado da seguinte forma:

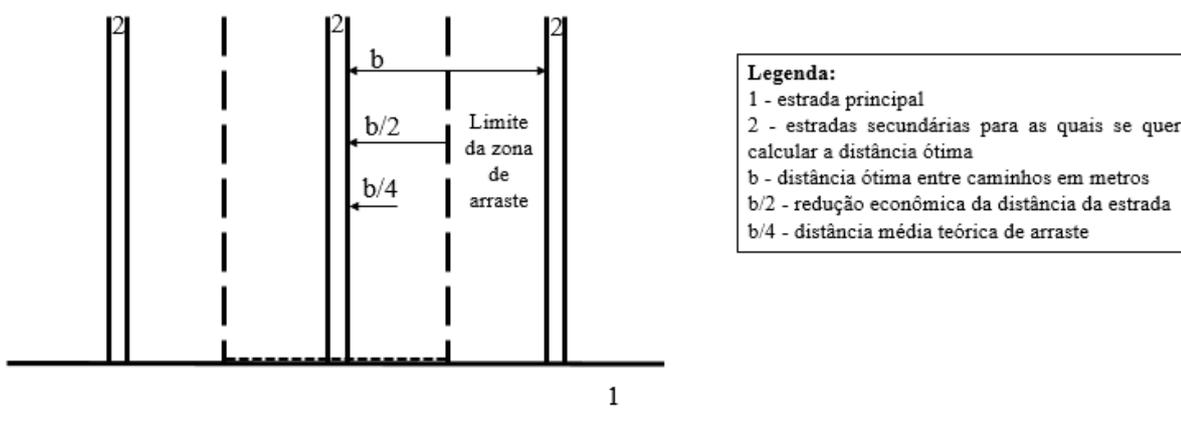


Figura 1. Separação ótima entre estradas e relação com distâncias de arraste.



- Estipulam-se várias Distâncias Médias de Arraste (DMA) em que o trator possivelmente trabalhará (nas condições do terreno). No presente trabalho utilizou-se 95 m, 100 m, 150 m, 200 m e 250 m. A partir daí, calcula-se o custo de arraste neste trecho.
- Mediante a equação simplificada $10.000/4 \cdot DMA$, é obtida a correspondente Densidade Ótima de Estradas (DOE, $m \cdot ha^{-1}$) para a distância de arraste. Em que, quanto maior a DMA, sua correspondente DOE fica menor.
- Identifica-se os custos de extração em relação a distância de arraste e o correspondente custo de construção de estradas de acordo com sua metragem por hectare.
- Somam-se os custos correspondentes (DMA + DOE).
- Haverá algum ponto intermediário entre as distâncias avaliadas, onde o somatório será o menor de todos. Este será o ponto ótimo/intervalo ótimo. Fora deste intervalo pode-se estar construindo estrada a mais ou a menos, e arrastando a menos ou a mais, resultando em custos maiores. Como a DMA teórica é igual a $SOE/4$, a distância entre estradas escolhida será igual ao DMA escolhido, multiplicado por 4.

Resultados e discussão

O tempo gasto para a produção de 1.000 m de estrada secundária, com utilização de um trator de esteiras, foi de 9 horas e 8 minutos, com desvio padrão de 0,62 horas.

O tempo médio gasto para a abertura de pátios (estaleiros), com dimensões de 20 m x 20 m, utilizando o mesmo trator, foi de 52 minutos, com desvio padrão de 4,7 minutos. Os estaleiros foram planejados para comportar 180 a 200 m^3 em toras. Como o volume da área de influência do estaleiro pode atingir 377 m^3 , pode ser necessário usá-lo em duas etapas. Isto reduz o dano à floresta, evitando-se a abertura de estaleiros maiores ou em maior número. As informações de inventário 100% devem ajudar a definir com maior precisão a localização dos estaleiros, pois baixa densidade de árvores pode influenciar sua posição, além de ser necessário considerar a localização do pátio em lugar seco e plano.

A distância entre dois pátios, teoricamente, não deve ser menor que a distância ótima entre estradas. Isso é, evidentemente, uma referência para a alocação dos pátios, uma vez que a concentração de madeira descarta determinados pontos ou incrementa outros. Entretanto, essa orientação auxilia a otimização do arraste e, portanto, a redução dos custos.

O tempo de ciclo avaliado para o arraste das toras, realizado com o trator *skidder*, variou de 2,56 a 9,4

minutos, cuja média foi de 6,9 minutos (desvio padrão de 2,4 minutos). As toras possuíam em média 3,5 m^3 , em que a produção estimada variou de 29 a 35 $m^3 \cdot h^{-1}$. O *skidder* consumiu 140 litros de óleo diesel por oito horas trabalhadas.

O impacto que a distância média de arraste de toras ou a distância mal calculada podem causar no rendimento da operação, está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Distância média de arraste de toras e tempo de ciclo para as condições avaliadas, microrregião de Sinop, MT.

Distância média de arraste (m)	Tempo de ciclo (min)	Produção ($m^3 \cdot ha^{-1}$)
95	6,69	31,36
100	7,75	30,87
150	8,81	26,70
200	8,90	23,53
250	10,93	21,03

O arraste é também dependente da dimensão média das toras do talhão. Isto quer dizer que, até certo ponto, enquanto dentro da capacidade de carga do trator e das condições do terreno, o aumento médio da dimensão das toras acarretará maior produtividade.

O custo dos pátios foi de aproximadamente 30% do obtido para as estradas e 5% do custo do arraste, sendo dependente da distância entre estradas. Assim, conhecer o ponto de equilíbrio entre os custos de estradas e arraste de toras é fundamental para a redução dos custos totais da exploração florestal.

O tempo de ciclo ideal é dependente da “distância ideal de arraste”, já que o tempo necessário para percorrer a distância de arraste (vazio e carregado) influencia entre 45% e 65% no tempo de movimentação da máquina.

A densidade ideal de estradas foi calculada de acordo com os custos de arraste, de estradas e total (Figura 2).

Para a área em estudo, sendo ela plana, foram obtidos 26 $m \cdot ha^{-1}$ de densidade ótima de estradas, resultando em uma distância entre estradas de 385 m. Tal densidade é a que minimiza os custos para as condições de exploração locais. Assim, a distância de 400 m entre estradas e estaleiros, utilizada no plano de manejo avaliado, não é a que minimiza o custo da exploração das operações.

Já Acosta et al. (2011) em uma região considerada acidentada (em torno de 15% de declividade), também no estado de Mato Grosso, verificaram de acordo com o cálculo da densidade ótima de estradas que para reduzir os custos nas condições da área avaliada, deve-se aumentar o espaçamento de estradas.

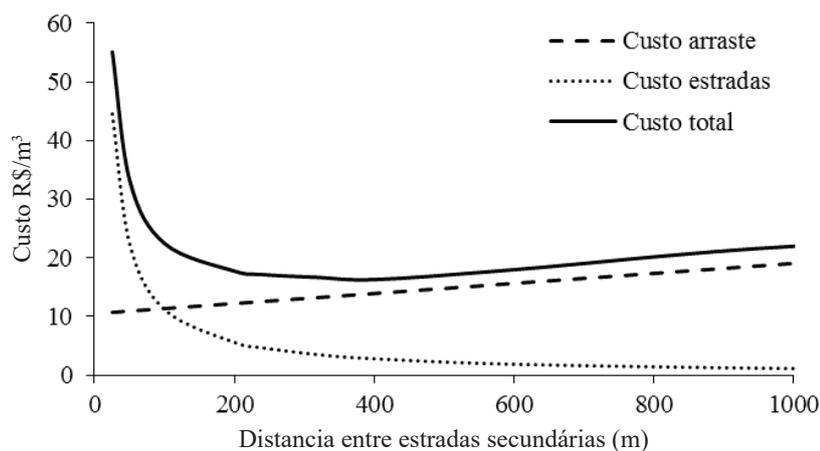


Figura 2. Relação de custos de arraste de toras e de construção de estradas em um Plano de Manejo florestal

Diferentes densidades ótimas de estradas foram verificadas em outras situações, como no estado do Amazonas, em uma região de relevo suave a ondulado, com algumas áreas com forte inclinação, sendo recomendado $18,49 \text{ m ha}^{-1}$ (BRAZ, 2010) e no estado do Acre, recomendando-se $20,24 \text{ m ha}^{-1}$ (FIGUEIREDO, 2008).

Evidencia-se assim que, quando se trata da atividade de manejo das florestas tropicais, devido as variadas tipologias e relevos em que pode ocorrer, origina-se uma variedade de performances nas suas atividades, de modo que haverá necessidade de variar as densidades ideais de estradas para cada situação, com base em índices técnicos (BRAZ et al., 2010) para que realmente haja redução de custos nas referidas atividades.

Com a densidade de estradas recomendada (26 m ha^{-1}), cada estaleiro pode servir para estocar as toras originárias de $11,34$ a $14,4$ ha de floresta.

Assim, considerando um talhão de 500 ha , na densidade de estradas de 26 m ha^{-1} , largura de 4 m e estaleiros de $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$, o impacto na área pode ser de $1,35\%$, bem abaixo do fixado pela legislação que é de 2% , segundo a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso.

Conclusões

A determinação da densidade ótima de estradas para a microrregião estudada, em terreno plano, pode servir como referência durante a exploração em outras áreas, contribuindo para a redução de custos e danos ao povoamento remanescente.

Referências

ACOSTA, F. D.; GARCÍA, M. L.; DE LIMA, M. P. Densidade ótima de estradas e pátios baseada no custo mínimo do sistema de exploração no manejo de florestas nativas no Estado

de Mato Grosso. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5., 2011, Santa Maria, RS. **Sustentabilidade florestal:** [anais]. Santa Maria, RS: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2011, p. 42-48.

BECKER, G. Optimization of road network and transport systems: a pre-condition for improved organization and design of labour in forestry. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DA MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 8., 1994. Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1994. p. 111-115.

BRAZ, E. M.; BASSO, R. O.; FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Estudo do sistema de exploração florestal relativo ao manejo empresarial, no Estado de Mato Grosso.** Embrapa Florestas, 2010. 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico 261).

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. Arraste em floresta tropical: análise para identificação dos parâmetros ideais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Salvador, BA. **Anais...** Viçosa, MG, SIF, 1995. p. 222-237.

BRAZ, E. M. **Otimização de rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de florestas tropical.** Rio Branco, AC: Embrapa-CPAF/AC, 1997. 38 p. (Embrapa-CPAF/AC. Circular técnica, 15).

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Planejamento da extração madeireira dentro de critérios econômicos e ambientais.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 8 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 39).

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Planejamento de arraste mecanizado em floresta tropical.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 1997. 6 p. (Embrapa Acre. Instruções técnicas, 5).

BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia.** 2010. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

CATERPILLAR Performance handbook. 18 ed. Peoria: Caterpillar, 1987. 768 p.

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. **Mémento du forestier:** techniques rurales en Afrique. Paris, 1989. 1266 p.



CONWAY, S. **Logging practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1976. 416 p.

FIGUEIREDO, E. O. **MODEFLORA**: Modelo Digital de Exploração Florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2008. 2 p. (Embrapa Acre. Impactos).

HENDRISON, J. **Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1989. 24 p.

SILVERSIDES, C. R.; SUNDBERG, U. **Operational efficiency in forestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989. 219 p.



Análise de lesões sofridas por trabalhadores da colheita florestal, em Minas Gerais

Hugo Ferney Martínez Patiño¹; Mariana Miranda Andrade²; Leonardo Lemes Machado²;
Igor Alves Cordeiro²; Ângelo Márcio Pinto Leite³

¹Mestrando em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, forestalhugomart@hotmail.com; ²Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG; ³Doutor em Ciência Florestal, Prof. do DEF da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, angelo.leite@ufvjm.edu.br

Resumo: Nesta pesquisa objetivou-se analisar as principais partes do corpo de trabalhadores da colheita florestal acometidas e a natureza da lesão, no Estado de Minas Gerais, entre o período janeiro/2011 e maio/2017. O delineamento foi do tipo documental, utilizando informações consultadas no banco de dados da Diretoria de Saúde do Trabalho do Instituto Nacional de Segurança Social (DIRSAT/INSS). Concluiu-se que a colheita florestal é uma atividade com alta demanda para os trabalhadores, gerando alta ocorrência de acidentes, principalmente envolvendo os membros superiores (40,8%) e membros inferiores (44,1%), de acordo com, a Classificação Internacional de Doenças (CID-10) 94,5% dos acidentes ocasionam lesões, dos quais 54,7% acarretaram fraturas na parte do corpo acometida.

Palavras-chaves: Acidentes de trabalho; Ergonomia; Saúde ocupacional.

Introdução e objetivos

O crescimento contínuo do setor florestal e, a demanda pelo aumento da produtividade influenciou de modo intensivo a mecanização das atividades desse segmento. Com a chegada de máquinas e equipamentos florestais de alto rendimento devido ao grau de tecnologia embarcada, a colheita passou por grandes alterações, principalmente nas fases de corte e extração da madeira.

Ao desempenhar as atividades de colheita, os trabalhadores se expõem a condições climáticas e geográficas desfavoráveis, agentes biológicos, máquinas, ferramentas, além de atividades que requerem de uma demanda física alta, devido ao levantamento de cargas pesadas – até 100 kg em toras de Eucaliptos, elevando o índice de acidentes (SILVA et al., 2009; FIEDLER et al., 1998). O inadequado manuseio de cargas pode acarretar problemas como: “hérnias discais, lombalgias, dorsalgias e ciatalgias, entre outros distúrbios, que podem ocasionar dor muito forte e incapacitante, podendo gerar afastamento prolongado ou permanente” (COUTO, 2002 citado por SILVA et al., 2009).

Como a colheita requer grande número de trabalhadores, é necessário o estudo das relações e consequências, produto da interação saúde - trabalho, visando melhorar na proteção da qualidade de vida

do trabalhador, assim como, da organização, uma vez que os acidentes de trabalho geram gastos associados ao absenteísmo nas empresas, prejudica o rendimento e desempenho da organização, afetando os custos de produção, o que leva a elevação dos preços dos bens e serviços (WUNSCH FILHO, 2004).

Esse trabalho tem como objetivo analisar as principais partes do corpo de trabalhadores da colheita florestal acometidas por lesões e a sua natureza, no Estado de Minas Gerais.

Material e métodos

Realizou-se esta pesquisa com base em informações consultadas no banco de dados da Diretoria de Saúde do Trabalho do Instituto Nacional de Segurança Social (DIRSAT/INSS). O delineamento da pesquisa foi do tipo documental como definido por Gil (2008), onde se utiliza dados obtidos de maneira indireta, oriundo de materiais que não sofreram tratamento analítico ou, então que, podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa. O período abrangido foi de 1º/01/2011 a 31/05/2017 na Unidade Federal de Minas Gerais, onde foram obtidas informações referentes às Comunicações de Acidentes de Trabalho (CAT), sendo selecionadas apenas as ocupações vinculadas à



colheita florestal (operador de motosserra, trabalhador em extração florestal, operador de colhedor florestal, operador de máquinas florestais estáticas e, operador de trator florestal), de acordo à Classificação Brasileira de Ocupação (CBO).

Para a análise dos dados utilizou-se a estatística descritiva, valendo-se de métodos gráficos como ferramenta principal de exploração dos dados no software R (R CORE TEAM, 2017).

Resultados e discussão

De acordo com a Figura 1, 84,9% das lesões nos trabalhadores da colheita florestal atingiu os membros superiores e, os membros inferiores. Este resultado está de acordo com o estudo de Braga (2012), no qual avaliou que a somatória das lesões nos membros inferiores e

superiores ultrapassaram 60% dos eventos ocorridos em operações florestais no Brasil. O alto acometimento dos membros superiores segundo esse autor ocorre devido o trabalho florestal apresenta diferentes níveis de tecnificação (sendo sua grande maioria manual e semi mecanizado), o que exige o uso de ferramentas e, consequentemente, aumentando os acidentes nessas partes.

Nos membros inferiores a parte mais atingida foi o pé (exceto o artelho) com 35,4%, seguido da perna com 30,3%. Segundo Lima (2012), os adoecimentos mais frequentes são a ruptura de ligamentos, bursites e torções, lesões causadas pelas condições topográficas e de relevo desfavoráveis, somado ao uso incorreto dos EPIs ou, EPIs inadequados para as tarefas ou atividades da colheita.

Nos membros superiores os dedos com 56,8% e, as mãos com 12,3% foram as partes mais atingidas. Como geralmente as atividades da colheita florestal

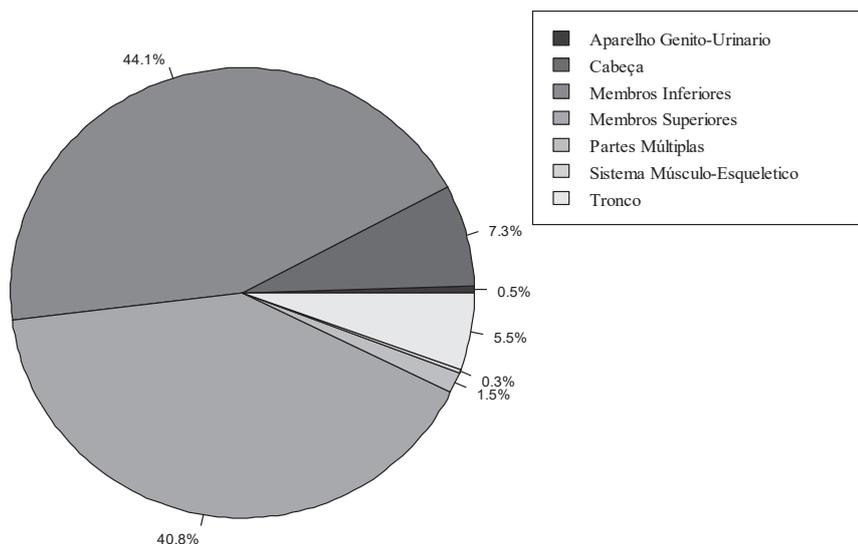


Figura 1. Parte do corpo humano acometido por lesão.

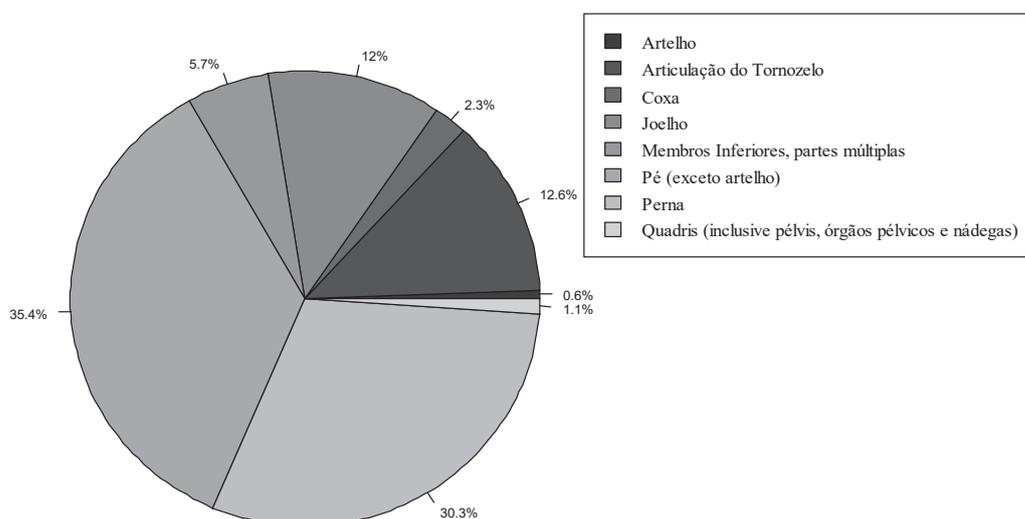


Figura 2. Partes dos membros inferiores acometidos por lesões.



requerem para sua realização o uso de ferramentas com força motriz (ex: motosserra) ou, sem força motriz (ex: machado), além de máquinas pesadas, a mão com seus membros é a parte mais vulnerável, necessitando de maior proteção e cuidado, sendo comum o desenvolvimento de bursites e tendinites, lesões que dificultam a correta movimentação e manuseio dessas ferramentas e máquinas, gerando desconforto e, conseqüentemente, aumentando a ocorrência de acidentes (LIMA, 2012).

Na cabeça, os olhos foi a parte mais afetada com 34,5% dos registros. Assim, o uso correto de óculos de proteção poderia ocasionar uma diminuição nessas ocorrências. Segundo Lilley et al. (2002), a principal causa de acidentes na Nova Zelândia é ocasionada pela queda de madeira já apilhadas, devido ao serem batidas por maquinaria circundante, ocasionando diferentes tipos de agravos para os trabalhadores que estivessem ao redor.

Observa-se por meio da Figura 5 que, as lesões constituíu a maioria (94,5%) dos acidentes das atividades de colheita florestal, segundo a Agência Europeia de Segurança e Saúde no Trabalho (2008), o trabalho florestal é considerado de alto risco por apresentar altas taxas de fatalidades e de ferimentos, em comparação com outros setores econômicos. A alta porcentagem de lesões deve-se a que os eventos adversos não são de caráter acumulativo, muito ao contrário, trata-se de eventos repentinos e com determinada dosagem, que ocasionam a lesão na primeira ocasião.

Conforme a Figura 6, a natureza da lesão em 54,7% decorreu em fraturas, seguida de feridas abertas 19,4% e contusões 7,3%, para o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) (BRASIL, 2010), os acidentes classificados como moderados, são aqueles onde o trabalhador necessita se afastar das atividades laborais por períodos maiores que três dias, segundo Lopes et al.

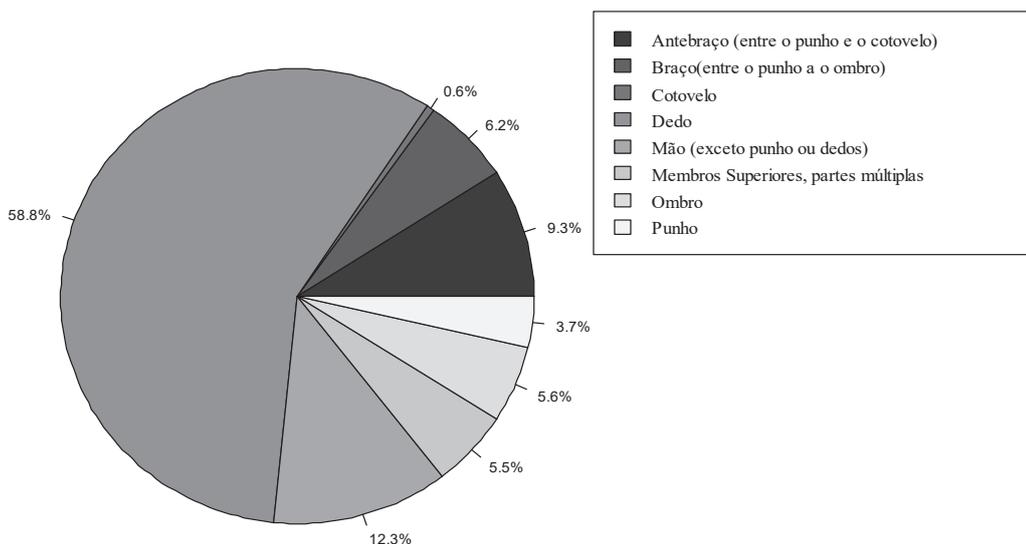


Figura 3. Partes dos membros superiores acometidas por lesões

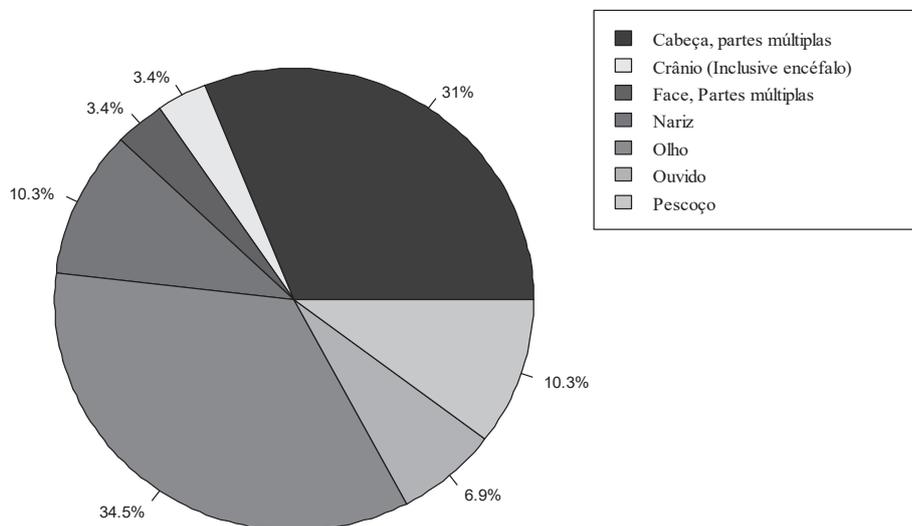


Figura 4. Partes da cabeça acometidas por lesões

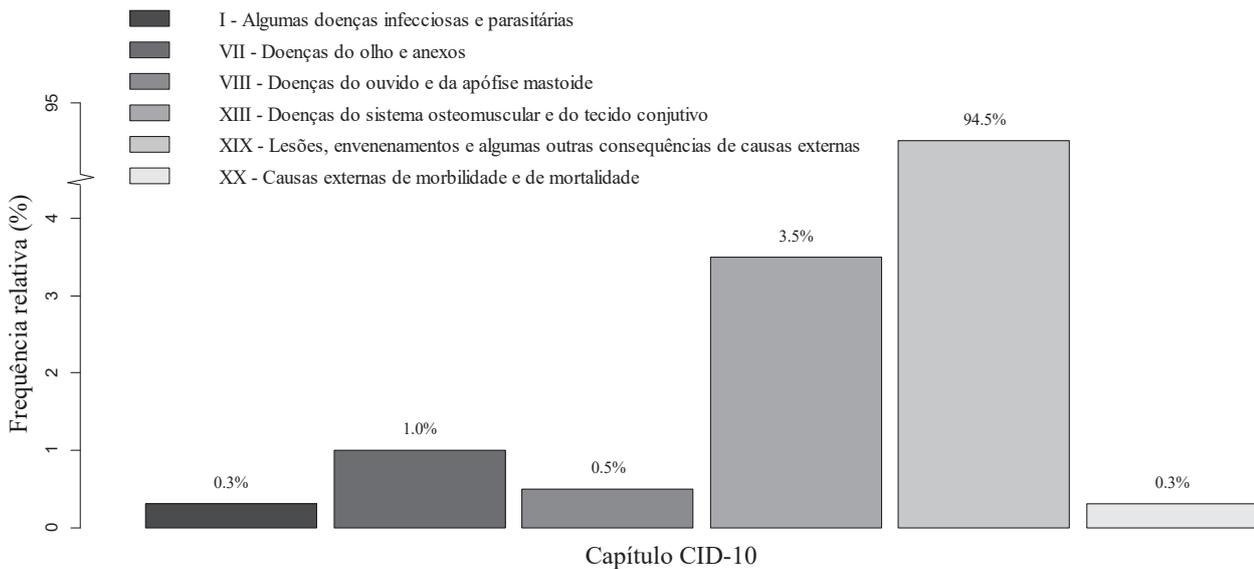


Figura 5. Capítulos da Classificação Internacional de Doenças CID-10.

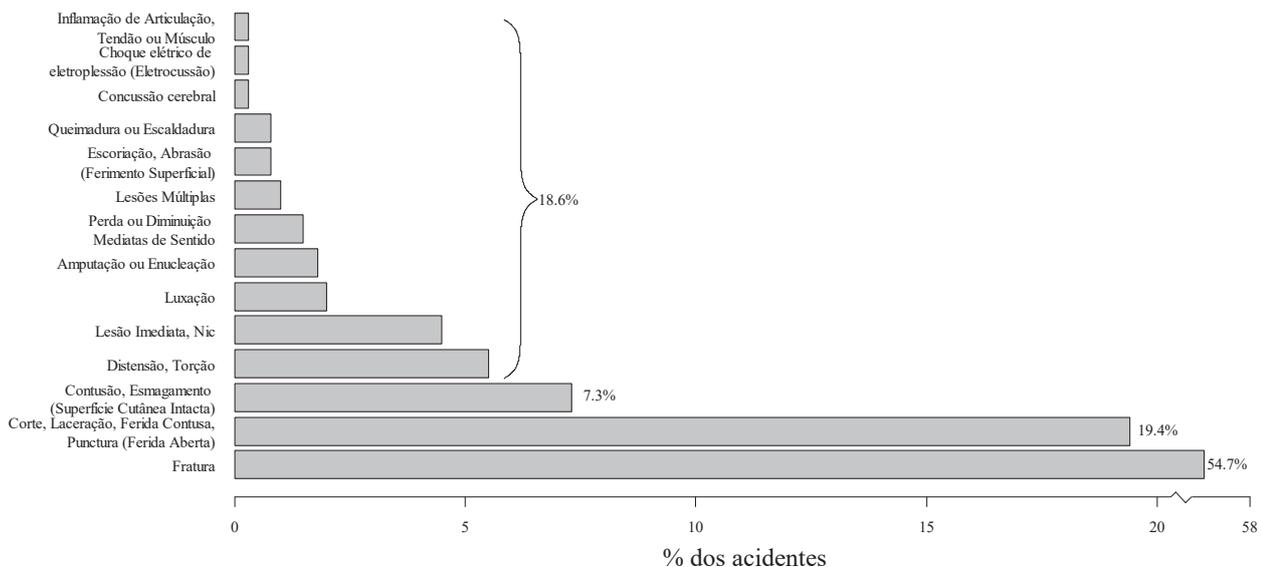


Figura 6. Natureza da lesão.

(2003), em investigações de acidentes de trabalho em indústrias de processamento de madeira, achou que 43,3% dos acidentes geraram afastamentos maiores a 15 dias, e 26,7% entre 5 a 15 dias. Mas para os eventos que derivaram em fraturas, podem ser classificados como graves, por requererem intervenções cirúrgicas e pós-operatórias para sua recuperação, podendo ocasionar a perda parcial ou permanente de alguma das funções orgânicas do trabalhador.

Conclusão

As atividades da colheita florestal diante dos eventos adversos registrados, geraram um alto índice de lesões com diferentes níveis de comprometimento das partes

do corpo humano. É assim, que os acidentes de trabalho analisados, comprometeram principalmente os membros inferiores e superiores com 44,1% e 40,8% respectivamente, e 7,3% para a cabeça. Segundo o CID-10, as lesões corresponderam a 94,5% dos acontecimentos, seguido do desenvolvimento de doenças osteo musculares com 3,5%. Fraturas e amputações, apresentaram elevada ocorrência, a primeira com 54,7% e a segunda com 1,8%, gerando regularmente afastamentos por longos períodos e permanentes.

Referências

BRAGA, C. S. **Estudo de acidentes de trabalho no setor florestal**. 2012. Dissertação (*Magister Scientiae*) – Universidade



Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Guia de análise de acidentes de trabalho**. Brasília, DF, 2010. 78 p.

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. **Occupational safety and health in Europe's forestry industry**. 2008. Available in: <<https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/e-facts/efact29>>. Access in: 1 Dec. 2017.

FIEDLER, N. C.; JUVANHOL, R. S.; PAULA, E. N. S. O.; GONÇAVES, S. B.; CARMO, F. C. A.; MAZIEIRO, R. Avaliação da carga de trabalho físico exigida em operações de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 22, n. 4, p. 535-543, 1998.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 216 p.

LIMA, D. S. S. **Extração de madeira em terrenos inclinados ou acidentados: riscos de adoecimento e de acidentes para trabalhadores na etapa de tombo e empilhamento**. 2012. Monografia (Especialização em Ergonomia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LILLEY, R.; FEYER, A. M.; KIRK, P.; GANDER, P. 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 Research**, n. 33, p. 53-71, 2002.

LOPES, E. da S.; ZANLORENZI, E.; COUTO, L. C. Análise dos fatores humanos e condições de trabalho no processamento mecânico primário e secundário da madeira. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 177-183, 2003.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017.

SILVA, E. P. da; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; BAÊTA, F. C.; FERNANDES, H. C.; MAFRA, S. C. T.; VIEIRA, H. A. N. F. Caracterização da saúde de trabalhadores florestais envolvidos na extração de madeira em regiões montanhosas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1169-1174, 2009. DOI: 10.1590/S0100-67622009000600019.

WUNSCH FILHO, V. Perfil epidemiológico dos trabalhadores. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 2, n. 11, p. 103-117, 2004.



Senso-percepção dos condutores do transporte rodoviário de cargas em geral e de madeira bruta sobre o sistema viário do estado de Mato Grosso, MT

Jessika da Costa Vasconcelos¹; Sheila Espíndola de Matos²; Miquéias Cardoso de Sena Arantes da Silva³; Roberto Antonio Ticle de Melo e Souza⁴; Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho⁵

¹Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, jessikacostaa19@gmail.com; ²Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, sheila.espindola.matos@hotmail.com; ³Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, miqueiasharantes@hotmail.com; ⁴Professor, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, ratms@terra.com.br; ⁵Professora, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, marianaperes@ufmt.br

Resumo: O presente estudo objetivou comparar a senso - percepção dos condutores de madeira bruta em estudo realizado por Lima (2014) no estado de Mato Grosso com os condutores do transporte de cargas em geral do mesmo Estado sob enfoque do triângulo da logística: condutor, frota e infraestrutura, analisando os riscos existentes no transporte rodoviário de cargas e da infraestrutura das rodovias de Mato Grosso. A hipótese foi que os condutores de cargas florestais sofreriam com as mesmas problemáticas que os condutores de cargas em geral. A partir da análise realizada, concluiu-se que o triângulo da logística foi deficiente, a infraestrutura falha e o sistema viário considerado arriscado e perigoso para seus usuários de transporte de cargas em geral e de madeira bruta.

Palavras-chave: Condutor; Transporte florestal; Qualidade de vida.

Introdução e objetivos

O transporte deve ser considerado como uma das principais causas do desenvolvimento da globalização, além de contribuir também para o desenvolvimento e sustentabilidade do sistema econômico; como consequência disso as necessidades da humanidade foram quase que todas supridas. Visto que pode ser exemplificado como um fator decisivo para o atendimento das exigências humanas, pois foi a partir dele que houve a facilidade e conhecimento territorial de vias de acesso, abertura de estradas proporcionando a integração entre sociedades, a desenvoltura de trocas e comercialização de bens e serviços, como também houve o incentivo a evolução da tecnologia no ramo de transportes visando a melhoria do volume e da qualidade da carga a ser movimentada.

O transporte rodoviário no Brasil vem se tornando o principal promotor do ciclo econômico de distribuição de mercadorias. Há um grande número de acidentes que impactam os indicadores de mortalidade causados pela atividade do transporte. De acordo com o sistema de informação de mortalidade, os acidentes em estradas e rodovias, evidenciam 35% dentre as causas de mortes externas no Estado do Mato Grosso (ALMEIDA et al., 2009).

A partir deste cenário fica fundamentado a necessidade de montar um perfil social/demográfico dos condutores do transporte rodoviário de cargas, além de analisar a sua senso-percepção sobre os riscos existentes nas rodovias do Estado do Mato Grosso.

Bartilotti (2009) defini a senso-percepção como um processo que integra as funções sensoriais e perceptivas sendo a sensação definida como uma reação física imediata a um estímulo externo ou também as impressões sensoriais referentes às informações que o cérebro recebe da visão, da audição, do olfato, do paladar, do equilíbrio, do toque e da dor (ATKINSON et al., 1995; BASTOS, 2000; MAIA, 2005). A percepção, por sua vez, é caracterizada como o processo pelo qual os indivíduos organizam, interpretam e dão significado as suas impressões sensoriais, com a finalidade de dar sentido ao seu ambiente; esse processo psicológico integra e organiza as sensações (BARTILOTTI, 2009).

Este trabalho tem como objetivo comparar a senso - percepção dos condutores de transporte rodoviário de madeira bruta com os de cargas em geral a partir do triângulo da logística: condutor, frota e infraestrutura, verificando se as queixas dos condutores de madeira bruta são semelhantes aos condutores de carga em geral, analisando os riscos existentes no transporte



rodoviário bem como a infraestrutura das rodovias do Estado de Mato Grosso.

Material e métodos

Os dados utilizados para análise da percepção foram obtidos de duas fontes distintas: a) coleta de dados de transporte de madeira bruta com condutores na região denominada Arco do Desflorestamento parte contida no Estado de Mato Grosso realizado por Lima (2014), e b) dados coletados do transporte de cargas em geral no município de Cuiabá no Estado de Mato Grosso, em uma Empresa do Transporte Rodoviário de Cargas localizada no bairro Distrito Industrial.

Foram elaborados para as duas áreas de coleta um questionário quali-quantitativo com perguntas abertas e fechadas tendo como público-alvo os condutores do transporte rodoviário de carga entre eles geral (Cuiabá) e de madeira bruta (Arco do Desflorestamento) por Lima (2014).

O questionário consistiu em perguntas relacionadas ao triângulo da logística que teve como foco identificação social e referente a frota e a infraestrutura. Antes da realização do questionário foi apresentado um termo de consentimento e livre esclarecimento para a utilização posterior e publicação das respostas dos condutores neste trabalho.

Foram selecionados aleatoriamente 300 condutores na região do Arco do Desflorestamento e aplicados os questionários sobre transporte de madeira bruta. Posteriormente foram aplicados a mesmo questionário para 50 condutores (Cuiabá) da empresa de transporte de carga em geral, em diferentes turnos de trabalho e dias da semana.

O questionário tem em seu escopo à formulação de perguntas sobre estado civil, informações sociais, infraestruturas e frotas, além do ponto de vista do condutor sobre algumas normas impostas da empresa à serem obedecidas. Cada entrevista durou entre 25 a 50 minutos, de acordo com a interação do condutor. Foi importante salientar que durante a coleta de dados foram respeitadas as opiniões exclusivamente dos condutores sem interferência alguma de algum indivíduo que estivesse assistindo a entrevista e até mesmo do entrevistador.

A coleta de dados do transporte de madeira bruta no Arco do Desflorestamento durou 9 meses e foi realizada entre os meses de março a novembro. A posterior coleta de dados de transporte de cargas em geral foi realizada entre os meses de setembro e outubro do ano de 2017, ela foi finalizada no evento Semana Interna de Prevenção de Acidentes e Meio ambiente (Sipatma) realizada pela empresa de Transporte Rodoviário de Cargas localizada no bairro Distrito Industrial em Cuiabá.

A partir das análises em diferentes temáticas foram identificadas as sensos - percepções dos motoristas selecionados. Esta investigação da senso - percepção dos condutores constrói um cenário baseado nas atividades cotidianas dos mesmos, além de pontuar os elementos problemáticos sobre os temas: infraestrutura e frota em MT. Os dados coletados serviram para uma subsequente análise sócio-demográfica e ocupacionais dos condutores como também foi realizado um levantamento de suas percepções em relação ao trabalho e infraestrutura: estrada e frota.

Os dados das duas coletas foram compilados e comparados em formato de planilha de dados a serem analisados separadamente tendo como objetivo contatar o perfil social demográfico dos condutores de transporte rodoviário de cargas e de madeira bruta, além de contribuir para identificação do real cenário das condições de frota do transporte rodoviário do estado de MT, além das condições atuais de trabalho e da infraestrutura das rodovias segundo a percepção dos condutores entrevistados. Após a coleta de dados foi realizada uma estatística descritiva para análise, com objetivo de descrever e resumi-los para a determinação de uma fundamentação a partir deles.

Resultados e discussão

Os resultados relacionados ao questionário quali - quantitativo foram ordenados de acordo com a ordem apresentada na metodologia utilizada. Foram consideradas as análises de fatores relacionados ao triângulo da logística, como também a percepção dos condutores em relação à atividade desenvolvida no seu cotidiano.

A apresentação dos resultados a seguir demonstrou as características predominantes sócio - demográficas dos 50 condutores selecionados, todos do sexo masculino, do transporte rodoviário de produtos perigosos da empresa onde foi realizado o estudo.

Em relação a faixa etária, observa-se na Figura 1, que a predominância dos condutores está entre 41 e 60 anos e a minoria encontra-se entre 71 e 80 anos de idade. É percebido que a segunda colocação está contida na faixa etária de 61 a 70 anos, onde o número de condutores localizada nessa faixa de idade é quase metade da idade predominante, uma expressiva diferença.

Em um estudo realizado por Lima (2014), no “Arco do desflorestamento” que é denominado a região Centro-Norte do estado de Mato Grosso dentre os 300 condutores selecionados do transporte de madeira bruta os mesmos apresentaram idade predominante de 41 a 50 anos e minoria de 61 a 70 anos. Usando como parâmetro de comparação ao presente estudo, as médias de faixa etária encontradas foram semelhantes,

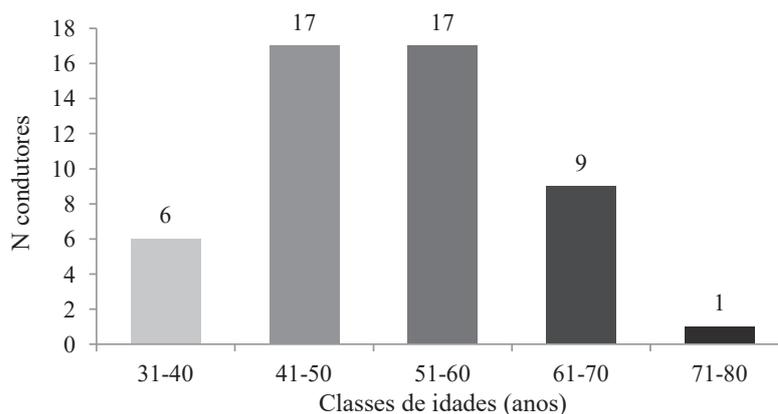


Figura 1. Gráfico relativo a faixa etária dos condutores para cargas em geral.

podendo-se constatar que a distribuição de idade dos condutores de madeira bruta e carga em geral são semelhantes.

A Tabela 1 representa a caracterização sócio-demográfica dos condutores quanto aos níveis de escolaridade e estado civil. Condutores casados são predominantes, e como minoria observa-se condutores solteiros, pois não havia condutores viúvos. Em relação a escolaridade nota-se a predominância de condutores com ensino fundamental e como minoria condutores com nível superior.

Lima (2014) em seu estudo com condutores no transporte de toras, encontrou que 35,6% dos condutores eram casados e que 52,6% tinham apenas ensino fundamental, nota-se uma semelhança de dados com o presente estudo. Um resultado similar foi encontrado no presente estudo. Desta forma, mais uma vez existe semelhança da predominância da caracterização sócio-demográfica dos condutores do transporte de madeira bruta com os de carga em geral, embora as cargas sejam diferentes.

Tabela 1. Caracterização sócio demográfica do condutor de cargas em geral em relação ao seu estado civil e sua escolaridade.

Dados	Condição	Nº de condutores
Estado civil	Solteiro	1
	Casado	34
	Viúvo	0
	Separado	3
	União estável	12
Total		50
Escolaridade	Fundamental	34
	Médio	14
	Superior	2
Total		50

A Figura 2 demonstra a opinião dos condutores a respeito da adequação da frota disponibilizada para realização da jornada de trabalho. Neste gráfico verifica-se que a grande maioria acredita que a frota disponibilizada não permite que o trabalhador alcance seu maior potencial de produtividade devido a frota estar muito velha, sucateada além do grande número de manutenção da frota na sua rotina. O mesmo ocorre com o estudo de Lima (2014), em que a maioria dos veículos do transporte de toras foram adaptados e alterados e foi constatado neste estudo uma elevada idade da frota que teve em média 18,22 anos, sendo algumas atingindo até 39 anos, o que de fato nos evidencia a alta idade da frota.

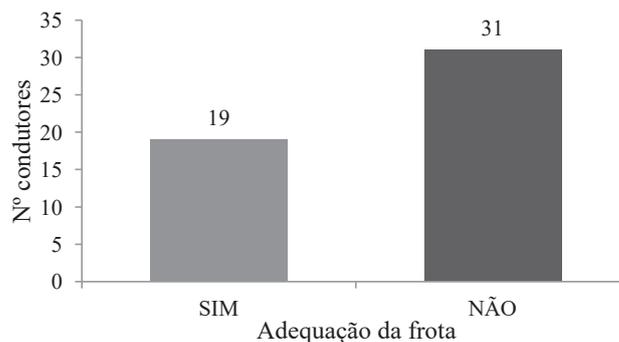


Figura 2. Adequação da frota visando o potencial produtivo do condutor.

A Tabela 2 demonstra a opinião dos condutores sobre a infraestrutura das rodovias do Estado e também indica que a maioria dos condutores acredita que as condições de infraestrutura são razoáveis e que em uma situação de risco as rodovias não oferecem suporte necessário para que em uma situação de risco seja possível evitar um acidente. Dentre as justificativas para as duas alternativas, um grande número de entrevistados citou a falta de acostamento (de forma unânime), falta de duplicação das rodovias, pontos de apoio e o excesso de buracos e trepidações encontrados. De acordo com



Tabela 2. Tabela que evidencia a percepção dos condutores quanto a infraestrutura das rodovias do estado de Mato Grosso.

Dados	Condição	Nº de indivíduos
Infraestrutura das rodovias	Boa	3
	Razoável	24
	Ruim	18
	Degradante	5
	Total	50
As rodovias dão suporte para evitar um acidente?	Sim	4
	Não	46
	Total	50

Lima (2014), foi constatado através das percepções dos condutores de transporte de toras que as condições da malha viária estão ruins, uma das causas dessas condições é a falta de acostamento, que foi citada pela totalidade dos entrevistados, além da falta de pontos de apoio de higiene e alimentação em estado precário em MT.

Conclusão

Conclui-se a partir destes resultados que a hipótese foi validada visto que os condutores de cargas florestais de madeira bruta sofriam com as mesmas problemáticas que os condutores de carga em geral sob o ponto de vista do triângulo da logística (condutor, frota e

infraestrutura) no estado de Mato Grosso. Este encontrou-se deficiente, pois todos os fatores relacionados estavam precários, tendo relação direta com o alto risco e a falha infraestrutura existente, de forma a constatar um sistema viário escasso, insuficiente e inconsistente, podendo ser considerado arriscado e perigoso para seus usuários.

Referências

- ALMEIDA, L. V. C.; PIGNATTI, M. G.; ESPINOSA, M. M. Principais fatores associados à ocorrência de acidentes de trânsito na BR 163, Mato Grosso, Brasil, 2004. **Caderno Saúde Pública**, v. 25, n. 2, p. 303-312, 2009. DOI: 10.1590/S0102-311X2009000200008.
- ATKINSON, R. L.; ATKINSON, R. C.; SMITH, E. E.; BEM, D. J. **Introdução à psicologia**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- BARTILOTTI, C. B. **Fatores da senso-percepção relacionados à atividade do condutor no sistema trânsito: construção e validação de um instrumento de medida**. 2009. Tese (Doutorado em Psicologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BASTOS, C. L. **Manual do exame psíquico: uma introdução prática à psicopatologia**. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.
- LIMA, M. P. de. **Panorama do transporte rodoviário de madeira bruta e em toras na região do Arco de Desflorestamento da Amazônia**. 2014. 279 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MAIA, W. U. L. A. **Sistemas perceptivos: um ensaio teórico**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.



Comparação do custo do frete de cavaco para combinações veiculares de carga de 11 eixos e 6 eixos

João Vitor Rodrigues de Oliveira¹; Tupiara Mergen de Oliveira²; Pedro Henrique Karantino Millikan³; Pedro Roberto Antonio Ticle de Melo e Souza⁴; Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho⁵

¹Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, M, joaovitorflorestal@gmail.com; ²Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, tupiaramergen@gmail.com; ³Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, millikanp@gmail.com; ⁴Professor, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, ratms@terra.com.br; ⁵Professora, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, marianaperes@ufmt.br

Resumo: Calculou-se o custo do frete para a combinação veicular de carga (CVC) de seis (6) eixos e também foi estimado o custo do frete para uma CVC de onze (11) eixos, regulamentada pela Resolução do Conselho Nacional de Trânsito 663/2017, aumentando o peso bruto total combinado de 74 toneladas (t) para 91 t, porém com uma série de restrições. Após o cálculo do custo do frete para as CVCs verificou-se a viabilidade econômica da nova CVC para o trajeto em questão. Com os resultados obtidos verificou-se que a CVC de 11 eixos é mais viável economicamente para o trajeto em questão em relação a de 6 eixos.

Palavras-chave: Combinação; Veicular de carga; Transporte.

Introdução e objetivos

O frete é o preço que se paga pelo uso ou pela locação de qualquer meio de transporte que pertence a outra pessoa (HOUAISS, 2009) variável de acordo com o tipo de carga, o modo como o transporte é realizado, o peso e volume da carga, além da distância a ser percorrida. De acordo com Valdivia Neto (2017) é o mercado que define o valor do frete e cabe à empresa verificar se o valor cobre os custos do transporte, portanto as empresas devem se adequar diminuindo custos ou aumentando a produtividade do transporte, a qual pode ser aumentada por um melhor aproveitamento do veículo ao longo do tempo ou da sua capacidade de carga.

A resolução Contrans 640 de 2016 (BRASIL, 2016) alterou a resolução nº 211 de 2006 permitindo assim a rodagem de CVC com peso bruto total combinado

(PBTC) de 74 t a 91 t (figura 1) mediante uma autorização especial de trânsito (AET), enquanto a resolução nº 663 de 2017 foi responsável por regulamentar os procedimentos administrativos e as especificações técnicas, os itens e os ensaios de segurança da nova CVC de até 11 eixos. Com isso é possível que o empreendedor, seguindo as restrições da resolução, aumente o aproveitamento da capacidade do seu veículo, tendo em vista que as etapas mais importantes do ponto de vista econômico para setor florestal são as atividades de corte, extração, carregamento, transporte e descarregamento que podem representar até 50% do custo final da madeira (FERNANDES, 2009).

Este trabalho teve como objetivo o cálculo do custo do frete do transporte de cavaco para uma CVC de seis eixos e outra CVC de onze eixos para que se verifique qual possui um menor custo por tonelada de cavaco transportado.

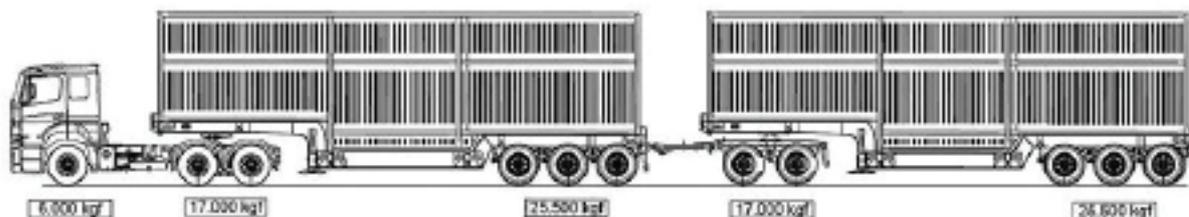


Figura 1. Combinação veicular de carga de 11 eixos ou PBTC de até 91 toneladas.



Material e métodos

Para o cálculo do custo do frete foi utilizado o software Microsoft Excel, utilizando a metodologia do engenheiro Antonio Lauro Valdivia Neto (2017), a qual foi ministrada em um curso sobre Administração de tabelas de fretes, em Cuiabá, MT. Essa metodologia ressalta que as tabelas de fretes devem ser montadas em função dos custos diretos (veículos), indiretos (administrativos), impostos e margem de lucro.

Os dados utilizados no trabalho foram obtidos de uma empresa localizada no município de Rondonópolis – MT, que utiliza uma prestadora de serviços a qual realiza o transporte de cavaco do horto até a planta de produção. Ambas as empresas concordaram em disponibilizar os dados. A coleta se deu por meio de uma visita à referida empresa e posteriormente os dados foram cedidos via ligação telefônica. Também foram coletados dados no mercado local para a simulação da CVC de onze eixos.

Resultados e discussão

Os resultados referentes aos custos fixos e variáveis para a CVC de seis eixos e onze eixos, junto com a porcentagem de participação de cada item em relação aos custos totais serão demonstrados a seguir nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Nas Tabelas 3 e 4 a seguir estão os resultados referentes ao custo total da viagem e o custo por

tonelada somado o valor do pedágio existente no trajeto, que de acordo com o site da Rota do Oeste o preço por eixo na data de 22 de fevereiro de 2018 era de R\$ 5,00.

Já as Tabelas 5 e 6 a seguir estão os resultados dos custos da viagem e do custo por tonelada desconsiderando o preço do pedágio existente na rota.

Ao se comparar os resultados obtidos para as duas CVCs, pode-se observar que o custo da viagem para a CVC de onze eixos aumentou, porém, o custo por tonelada de cavaco transportada diminuiu. Isso ocorreu pois, ao se utilizar uma CVC com um PBTC maior, permitiu-se maior carregamento de carga, ou seja, melhor aproveitamento da capacidade do veículo, diminuindo, assim, o custo por tonelada transportada de cavaco.

Sendo assim, a nova CVC de onze eixos é economicamente viável para o empreendedor, mas não apenas os aspectos econômicos devem ser considerados para que se avalie a adoção dessa CVC, sendo os aspectos socioambientais de fundamental importância para a tomada de decisão, tendo em vista que o impacto da rodagem deste tipo de rodotrem pode ser enorme tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade.

Assim como destaca Melo (2004) em um estudo onde ele analisou diferentes CVCs sob a ótica de suas características de dirigibilidade e segurança e os impactos que o aumento do volume dessas CVCs em circulação poderiam causar nas estatísticas de acidentes, o autor observou que os rodotrens com PBTC de 74 toneladas apresentavam uma certa instabilidade

Tabela 1. Planilha de custos para CVC de seis eixos.

Planilha de custo		Participação 7.000 km/mês
Depreciação do veículo	6.222,33	15%
Remuneração de capital investido no veículo	4.977,73	12%
Licenciamento, IPVA, seguro obrigatório	541,67	1%
Seguro do casco	1.500,00	4%
Total do custo fixo mensal (sem tripulação)	13.241,73	31%
Salário dos motoristas + encargos sociais	7.000,00	17%
Total do custo fixo mensal	20.241,73	48%
Manutenção (peças e mão de obra)	0,5714	9%
Combustível	1,8286	30%
Pneus, recapagens e afins	0,3988	7%
Lubrificantes - óleo de motor	0,0149	0%
Pedágio	0,2571	4%
Lavagens	0,0714	1%
Total do custo variável por km	3,1422	52%
Custo total mensal		42.236,93
Custo total por km		5,7767

**Tabela 2.** Planilha de custos para CVC de onze eixos.

Planilha de Custo		Participação 7.000 km/mês
Depreciação do veículo	9.222,68	17%
Remuneração de capital investido no veículo	7.377,59	13%
Licenciamento, IPVA, seguro obrigatório	691,67	1%
Seguro do casco	1.916,67	3%
Total do custo fixo mensal (sem tripulação)	19.208,61	35%
Salário dos motoristas + encargos sociais	7.000,00	13%
Total do custo fixo mensal	26.208,61	47%
Manutenção (peças e mão de obra)	0,7286	9%
Combustível	2,1333	27%
Pneus, recapagens e afins	0,7613	10%
Lubrificantes - óleo de motor	0,0149	0%
Pedágio	0,4714	6%
Lavagens	0,0714	1%
Total do custo variável por km	4,1809	53%
Custo total mensal		55.474,64
Custo total por km		7,4535

Tabela 3. Custo do frete para a CVC de seis eixos com o preço do pedágio.

Tabela de frete			Lotação
Faixa (km)	Nº viagem/mês/veículo	Custo da viagem	Custo por tonelada
0 50	30,0	R\$ 1.314,68	R\$ 118,19

Tabela 4. Custo do frete para a CVC de onze eixos com o preço do pedágio.

Tabela de frete			Lotação
Faixa (km)	Nº viagem/mês/veículo	Custo da viagem	Custo por tonelada
0 50	30,0	R\$ 1.727,07	R\$ 84,99

Tabela 5. Custo do frete para CVC de seis eixos sem o preço do pedágio.

Tabela de frete			Lotação
Faixa (km)	Nº viagem/mês/veículo	Custo da viagem	Custo por tonelada
0 50	30,0	R\$ 1.284,68	R\$ 49,22

Tabela 6. Custo do frete para CVC de onze eixos sem o preço do pedágio.

Tabela de frete			Lotação
Faixa (km)	Nº viagem/mês/veículo	Custo da viagem	Custo por tonelada
0 50	30,0	R\$ 1.672,07	R\$ 28,58

em suas manobras, podendo ocasionar maior índice de acidentes, tendo sido recomendado, então, que a velocidade máxima para essa CVC fosse de 16,67 m/s.

Já a pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (2017) sobre rodovias brasileiras menciona que o pavimento tem que prover segurança ao tráfego e indica que 61,8% das rodovias brasileiras apresentam

algum tipo de deficiência, podendo ser em relação ao pavimento, sinalização ou geometria da via. Logo, pode-se questionar se as rodovias brasileiras possuem condições de suportar uma nova CVC com um maior PBTC, podendo ser necessárias reformas ou duplicação de trechos, até mesmo a criação de novas rodovias para que essa CVC tenha as condições mínimas necessárias



para a rodagem sem comprometer a segurança dos demais usuários.

Também é preciso refletir sobre os condutores, pois estes estavam habilitados para a condução de CVCs com PBTC de até 74 t e, após essa mudança se tornaram habilitados para CVCs com até 91 t, deixando o questionamento da possível necessidade de uma nova categoria de habilitação especial para condução desses veículos extrapesados, ou um treinamento por parte da empresa que irá adotar essa nova CVC.

Assim como há impactos positivos sobre a nova CVC também existem impactos negativos, os quais devem ser levados em consideração para a tomada de decisão. É importante que tanto o empreendedor quanto o condutor sejam conscientizados sobre a importância de obedecer às restrições presentes na Contran 663/2017 (BRASIL, 2017) para que a utilização dessa nova CVC ocorra de forma segura e eficaz.

É necessário que ocorra um maior amadurecimento dessa nova resolução, pois ao se coletar dados no mercado local para a simulação da CVC de onze eixos verificou-se que algumas empresas não tinham o conhecimento dela e outros se queixaram de “estar no escuro”.

Conclusões

Verificou-se que a CVC de onze eixos possui menor

custo por tonelada transportada de cavaco em relação a CVC de seis eixos.

Para que se adote a nova CVC no trajeto em questão é preciso que se estude melhor a resolução e se realizem estudos técnicos verificando se é realmente possível a adoção.

Referências

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução 640/16, de 14 de dezembro de 2016. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 dez. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução 663/17, de 19 de abril de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 abr. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasil). **Pesquisa CNT de Rodovias 2017**: relatório gerencial. Brasília, DF, 2017.

FERNANDES, H. C.; VILIOTTI, C. A.; RINALDI, P. C. N.; BERNARDES, A. M. **Apostila de aulas práticas: ENG 337, Mecânica e Mecanização Florestal**. Viçosa, 2009. 9 p.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

MELO, R. P. **Avaliação da estabilidade lateral em conjuntos de veículos de carga**. Curitiba: PUC/PR, 2004.

VALDIVIA NETO, A. L. **Apostila administração de tabelas de fretes**. Cuiabá, 2017.



Quantificação e caracterização de danos em povoamento de *Pinus taeda* L. submetido ao desbaste misto mecanizado

Miguel Pesch Tramontini¹; Carlos César Cavassin Diniz²; Fábio Cordeiro de Brito³;
Renato César Gonçalves Robert⁴; Felipe Martins de Oliveira⁵

¹Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, miguelpesch@gmail.com; ²Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, carlos.diniz@ufpr.br;

³Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, britofabiorcordeiro@gmail.com; ⁴Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, robert@ufpr.br; ⁵Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, fmoliveira@unicentro.br

Resumo: O presente trabalho visou analisar lesões causadas em árvores remanescentes de um plantio de *Pinus taeda* após o primeiro desbaste feito com o trator florestal *harvester*. O trabalho foi realizado em uma empresa florestal localizada na cidade Inácio Martins, estado do Paraná. A avaliação foi feita em 24 parcelas, onde as lesões foram classificadas em: leve, moderada e intensa, sendo divididas em: frequência, posição na árvore e grau de intensidade do dano. Em relação a frequência, constatou-se que 17,3% dos danos foram encontrados na base da árvore e 8,5% no fuste, totalizando 25,8% de árvores lesionadas nas parcelas avaliadas. Do total de lesões observadas, 68% foram encontradas na base, seguido de 32% no fuste, não sendo verificada nenhuma lesão na copa. Quanto ao grau de intensidade das lesões, constatou-se que os maiores índices foram classificados como leve.

Palavras-chave: Lesão em árvores; *Harvester*; Qualidade em operações florestais.

Introdução e objetivos

A atividade de desbaste consiste em reduzir o número de indivíduos de um determinado plantio e proporcionar assim uma menor competitividade, maior espaço, luz e nutrientes, melhorando assim o desenvolvimento das árvores remanescentes. Segundo Scheneider e Schineider (2008) a competição entre as árvores causa uma diminuição no crescimento e, portanto, deve-se concentrar a produção em incremento nas plantas que possuem melhores condições, e que irão constituir o corte final, realizando a retirada das que não atendam os objetivos finais. Além de gerar uma maior qualidade da madeira, os desbastes evitam perdas com árvores que não estão em uma condição adequada e certamente morreriam naturalmente no plantio (SMITH, 1962).

Segundo Cabral (2014) a mecanização do desbaste é uma excelente inovação, muito importante para se alcançar numerosas vantagens no processo de produção de madeira. Em contrapartida aos estudos que apontam a importância da operação de desbaste existem as dificuldades e complexidades encontradas na realização deste processo, principalmente o método mecanizado, onde as máquinas tem dificuldades de se

locomoverem dentro dos talhões, devido à densidade elevada (DROOG, 2016).

Este problema de locomoção pode gerar sérios danos mecânicos às árvores remanescentes, como por exemplo, as lesões no fuste, que podem deixar as árvores susceptíveis ao ataque de pragas e doenças, causando perda da qualidade da madeira e consequentemente uma redução da produtividade final e prejuízo econômico (VASILIAUSKAS, 2001; RIBEIRO et al., 2002; LINEIROS et al., 2003).

O presente trabalho foi desenvolvido visando realizar uma avaliação qualitativa e caracterização dos danos causados na operação de desbaste misto mecanizado, podendo gerar assim informações que sirvam de base para uma melhor estratégia de trabalho visando uma redução destes danos e um maior aproveitamento das árvores remanescentes ao final do ciclo produtivo.

Material e métodos

O estudo foi conduzido em plantios florestais de *Pinus taeda* com 11 anos de idade, espaçamento 3 m x 2 m com aproximadamente 1.666 árvores por hectare e volume médio individual de 0,22 m³. A floresta

objeto de estudo está localizada no município de Inácio Martins, no estado do Paraná, Brasil. De acordo com a classificação climática de Köppen (1948) o clima da região é caracterizado como Cfb, com temperatura média de 17 °C e pluviosidade média anual de 1.460 mm.

O sistema de colheita da madeira estudado foi o de árvores toras curtas (*cut to length*), em que, segundo Malinovski et al. (2002), a árvore é processada no local de derrubada, sendo extraída para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras. O corte florestal foi realizado por um *harvester* com rodados de pneus com potência nominal de 204 hp / 150 Kw equipado com motor Mercedes-Benz / MTU OM 934 LA EU Stage IV com peso operacional de 17,5 toneladas e horímetro de 510,4 horas (Figura 1).



Foto: Michel Pesch Tramontini

Figura 1. Harvester utilizado na atividade de corte florestal.

O tipo de desbaste utilizado foi o misto mecanizado: sistemático, com a remoção da 5ª linha de forma sistemática; seletivo, com a remoção das árvores dominadas e suprimidas nas duas linhas adjacentes (Figura 2), com intensidade total de 45%.

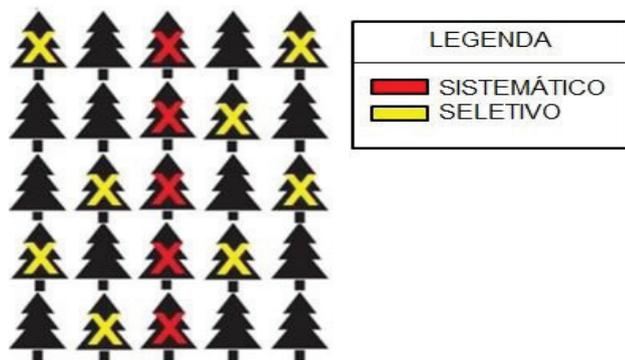


Figura 2. Esquematização do desbaste misto.

Para caracterização e quantificação dos danos, foram verificadas as árvores remanescentes da parcela e classificadas de acordo com a frequência, intensidade do dano (leve, moderado e intenso) e localização do dano em relação à altura (base, fuste e copa).

Foram instaladas 24 parcelas com 546 m², delimitada em 5 linhas de árvores de cada oito de trabalho da máquina. A localização do dano foi determinada da seguinte forma: Base (0 m a 1,30 m), Fuste (de 1,31 até a primeira inserção de galhos) e Copa (acima da primeira inserção de galhos). As lesões foram classificadas em relação à área do dano: leve (1 a 100 cm²), moderada (101 a 200 cm²) e intensa (>200 cm²).

Resultados e discussão

O percentual de árvores danificadas após as operações de corte e processamento da madeira realizada durante o desbaste pode ser observado na Figura 3.

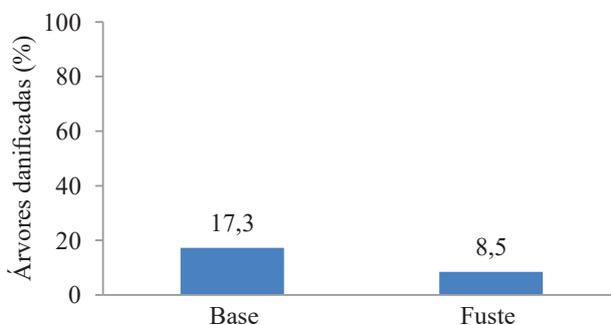


Figura 3. Percentual de árvores remanescentes danificadas após as operações de desbaste.

Como pode ser observado, a localização que obteve o maior percentual de lesões foi à base com 17,3% enquanto o fuste obteve um valor de 8,5%, totalizando 25,8%. Verificou-se que o principal motivo deste resultado foi devido aos problemas encontrados pelo operador em processar a tora no interior do talhão, por ser uma operação de primeiro desbaste em um plantio adensado, sem a realização de tratamentos silviculturais como a poda, por exemplo.

Outro fator que influenciou na quantidade de danos às árvores remanescentes está ligado à habilidade do operador, em processo de adaptação com a máquina, por trabalhar anteriormente com um trator de esteiras adaptado. Segundo Machado (2014) um treinamento adequado (prático e teórico) do operador é fundamental para uma boa realização das operações de colheita.

Comparando os danos ocasionados na base e no fuste, podemos observar na Figura 4 que o maior percentual ocorreu na base. Este resultado pode ser explicado devido ao adensamento do plantio e o porte da máquina, que apesar de ser específica para atividades de desbaste acaba havendo contato com as árvores remanescentes.

A maior ocorrência das lesões na parte inferior da árvore é um fator preocupante, tendo em vista que esta região é onde se obtêm as toras de maiores dimensões

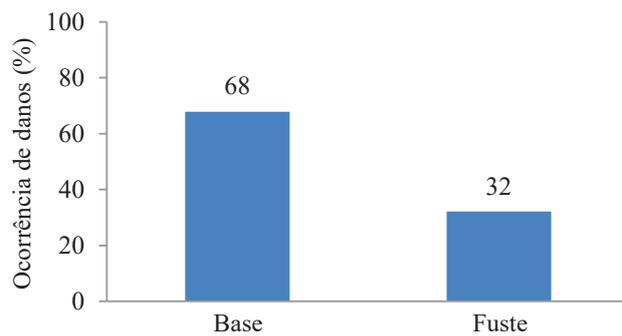


Figura 4. Percentual de danos nas árvores remanescentes em relação à altura.

em diâmetro, qualidade e conseqüentemente valores agregados. Estas lesões podem estressar a planta, que se torna susceptível ao ataque de pragas como a vespa da madeira, *Sirex noctilo*, uma praga quarentenária que ataca plantas que estão em uma condição de estresse (VESPA-DA-MADEIRA, 2014).

A Figura 5 apresenta a distribuição dos danos causados pelo *harvester* durante a operação de corte florestal. É possível notar que os maiores valores foram obtidos na classe leve, seguido da classe moderado e intenso.

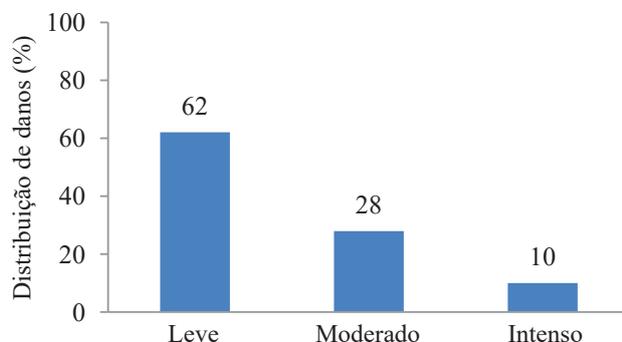


Figura 5. Percentual de distribuição dos danos nas classes.

Estes resultados podem indicar uma influência do operador, por estar em um período de adaptação, pode ter ocasionado um elevado percentual de lesões nas árvores remanescentes, porém o maior percentual de lesões ocorreu de forma menos intensa. Apesar da maior ocorrência de lesões serem de intensidade menor, deve-se atentar ao seu elevado número, deixando a árvore susceptível ao ataque de insetos e pragas, diminuindo sua qualidade e valor agregado ao final da rotação.

Conclusões

Por apresentar alta porcentagem de danos (25,8%), principalmente devido às condições da floresta e a dificuldade em realizar as operações no interior do talhão, conclui-se que o desbaste, nas condições apresentadas, pode ser menos impactante, gerando assim toras de melhor qualidade. A maior quantidade de danos ocorreu na base das árvores, de onde são retiradas as toras de maiores dimensões em diâmetro e valor agregado. Os danos do tipo leve foram os mais observados, seguidos de moderado e intenso, respectivamente.

Referências

- CABRAL, O. M. J. V. **Avaliação operacional da colheita de madeira em desbastes de *Pinus taeda* L.** Irati: [s.n.], 2014. 111 f.
- DROOG, A. F. **Avaliação de danos causados em povoamentos de pinus submetidos ao desbaste mecanizado.** Irati: [s.n.], 2016. 44 f.
- LINEROS, M.; ESPINOSA, M.; JIMENEZ, A. Dano a los arboles remanentes por sistema harvester-forwarder en raleo comercial de *Pinus radiata* D. Don. **Revista Bosque**, v. 24, n. 1, p. 87-93, 2003.
- MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. 543 p.
- MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 145-167.
- RIBEIRO, N.; SITOE, A.; GUEDES, B.; STAISS, C. **Manual de silvicultura tropical**. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane, 2002. 123 p.
- SCHNEIDER, R.; SCHNEIDER P. **Introdução ao manejo florestal**. 2. ed. Santa Maria, RS: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.
- SMITH, S. D. **The practice of silviculture**. New York: John Wiley & Sons, 1962. 578 p.
- VASILIAUSKAS, R. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in Tepemperate Forests. **Journal of Forestry**, v. 74, n. 4, p. 319-336, 2001. DOI: 10.1093/forestry/74.4.319.
- VESPA-DA-MADEIRA (Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira - PNCVM). Colombo: Embrapa Florestas, 2014. Folder. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142117/1/2014-folder-vespa.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2017.



Diagnóstico da qualidade de estradas florestais pré-colheita: estudo de caso em Teca no Mato Grosso

Miquéias Cardoso de Sena Arantes da Silva¹; Sheila Espíndola de Matos²; Jessika da Costa Vasconcelos³; Jean Carlos da Cruz⁴; Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho⁵

¹Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, miqueiasharantes@hotmail.com; ²Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, sheila.espindola.matos@hotmail.com; ³Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, jessikacostaa19@gmail.com; ⁴Engenheiro Florestal, TRC - Teak Resources Company, Cáceres, MT, jeanc@teakrc.com; ⁵Professora, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, marianaperes@ufmt.br

Resumo: O presente estudo teve como objetivo identificar e qualificar problemas físicos e de planejamento nas estradas florestais que servirão para o escoamento de madeira da fazenda de reflorestamento de Teca (*Tectona grandis*) localizada no município de Rosário Oeste. Foram coletados os dados de 40 trechos referente à malha viária total existente na fazenda para análises de qualidade. Para isso foi realizado uma coleta de dados em campo por meio de avaliações visuais, mensurações, anotações e imagens digitais. Foram analisados distintos fatores relacionados à estrutura física da malha viária florestal como: pavimentação, limpeza, ravinas, formação de poças d'água, poeira, costelas, desaguadouros, declividade e presença de cursos d'água, além dos fatores relacionados a gestão, como largura dos trechos florestais, sinalização, prevenção de incêndios, acostamento e visibilidade. Os maiores influenciadores da qualidade das estradas foram o tipo de pavimentação, representando a capacidade de suportar avarias naturais e de uso, a inclinação, por potencializar os problemas de erosão, e os corpos d'água próximos, por aumentar a fragilidade dos trechos ao umedecê-los. Todos os 17 trechos classificados como ruins apresentaram pelo menos duas dessas condições, recebendo maior foco nos planos de manutenção.

Palavras-chave: *Tectona grandis*; Malha viária; Manutenção de estradas.

Introdução e objetivos

A rede viária é um tipo de empreendimento que deve atender de forma abrangente aos aspectos sociais, apresentando exequibilidade técnica, definidas através do melhor traçado com o menor custo de implantação e manutenção, com vistas a reduzir os efeitos danosos ao ambiente (CORRÊA, 2005). Quadros (2004) complementou afirmando que a rede viária é um conjunto de estradas planejadas, construídas e mantidas por um planejamento que tem o objetivo de torna-las funcionais para retirada da madeira dos talhões florestais.

Ainda, Malinovski et al. (2004) afirmaram que as estradas são a origem da maior fonte de gastos, sendo que os custos variam ainda mais em função do padrão escolhido. As estradas são estabelecidas em função da sua trafegabilidade, diferenciadas em primária, secundária e terciária, cada uma tendo uma função.

Nesse sentido, observa-se que há anos, vêm se desenvolvendo estudos sobre fatores que influenciam nos custos do transporte florestal. Apesar de se ter

inúmeras variáveis referentes às estradas, que afetam os custos finais do transporte florestal, pouco se têm feito para minimizar essas variáveis (MACHADO, 1989).

Visto isso, o objetivo do trabalho aqui desenvolvido é identificar e elencar os problemas existentes, visando uma qualificação da malha viária, possibilitando a elaboração futura de planos de manutenção contínua e preventiva.

Material e métodos

Os dados foram coletados em uma fazenda com plantio de teca no município de Rosário Oeste, estado de Mato Grosso com destinação à exportação, tendo como coordenadas geográficas 56°30'13,328"W e 14°49'0,413"S. A coleta de dados foi realizada no início do mês de janeiro de 2018, que coincidiu com a estação chuvosa na região, através de um caminhamento transversal por toda a propriedade, sendo usada uma



planilha previamente elaborada para o levantamento quali-quantitativo da malha viária florestal.

A análise *in loco* ocorreu através de avaliação visual criteriosa das características observadas e de informações dadas pelo responsável técnico que acompanhou a equipe durante toda a visita. Ainda, conforme definido pela empresa, as estradas foram divididas em dois tipos, estradas principais ou secundárias. E posteriormente, os dois tipos foram subdivididas em 40 trechos (Figura 1), sendo cada um deles analisado individualmente.

Na Tabela 1, encontram-se as características avaliadas, as classes qualitativas com seus respectivos pesos e a sua representação cromática. Foram avaliadas 9 características e a contribuição máxima de cada classe possui peso 5, assim a soma máxima que poderia ser obtida é 45. Sendo que, a classe Boa contribui com 0 pontos, a Regular com 3 pontos e a Ruim com 5 pontos representadas respectivamente pelas cores verde, amarelo e vermelho.

Para organizar e gerar tabelas de dados, e criar gráficos, foi usado editor de planilha Excel. Os mapas

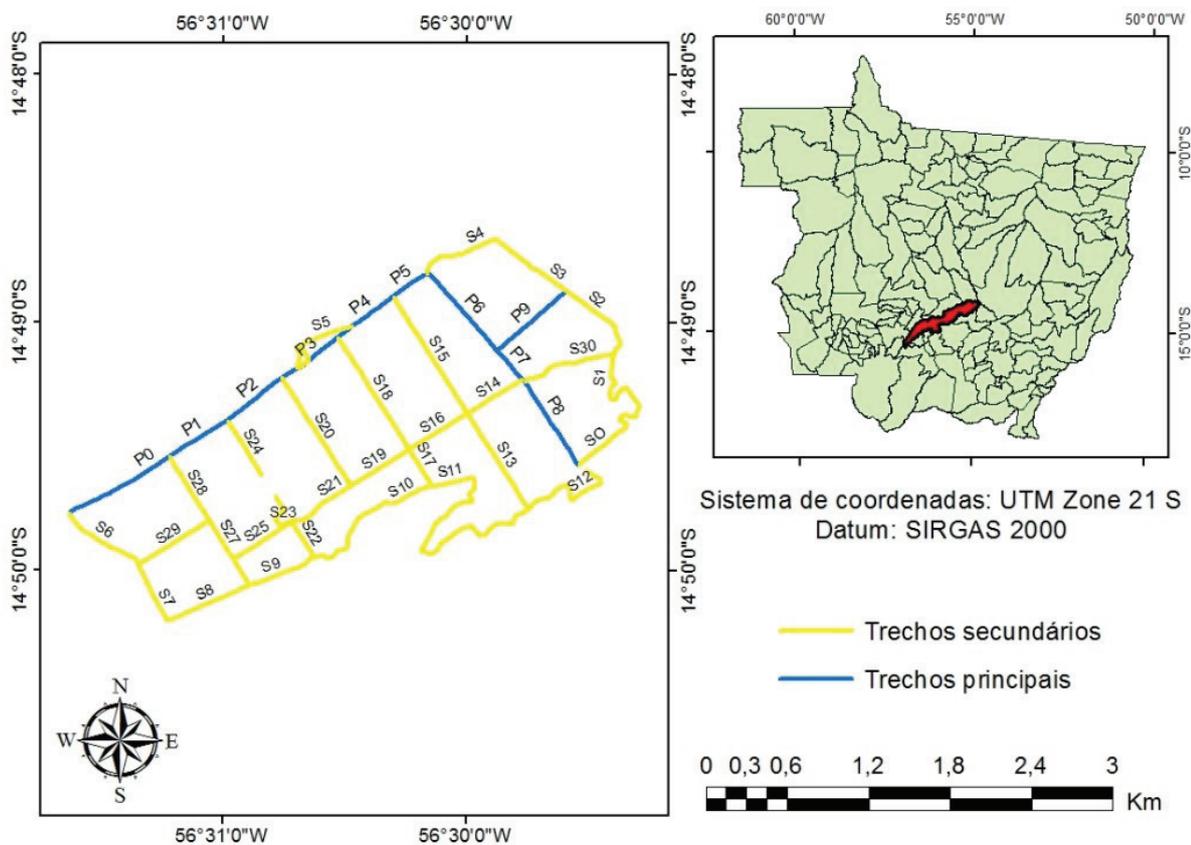


Figura 1. Mapa da distribuição dos tipos das estradas e trechos da área.

Tabela 1. Características e classificação da malha viária de acordo com as 9 (nove) características levantadas.

Característica	Classe (peso)		
	Boa (0)	Regular (3)	Ruim (5)
Pavimentação	Cascalhado	Parcialmente cascalhado	Não cascalhado
Limpeza	Limpo	Parcialmente limpo	Muito sujo
Imperfeições e ondulações	Pouco imperfeição	Imperfeição mediana	Muita imperfeição
Empoçamentos	Sem pouça	Pouca pouça	Muita pouça
Poeira	Ausência de poeira	Pouco empoeirado	Intensamente empoeirado
Ravinas	Sem ravinas	Presença de ravinas	Muitas ravinas
Bigode ou desaguadouros	Presença de bigodes	Bigode obstruído	Sem bigodes
Inclinação da estrada	Plana	Ondulada	Inclinada
Presença de cursos d'água	Ausência	Efêmero	Intermitente



foram desenvolvidos utilizando o ArcMap, extensão do software de geoprocessamento ArcGis© 10.4, licenciado para a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em que também foram retiradas todas as informações necessárias para o planejamento das atividades de campo. A elaboração dos mapas foi possível através das ferramentas de edição do ArcMap e a adição de dados nas tabelas de atributos. Para que cada mapa fosse representativo, foram utilizados *layers* com diferentes cores facilitando a visualização e a diferenciação entre os grupos representados nos mapas.

Resultados e discussão

A classe que representa as melhores condições das características das estradas contribui com peso zero, enquanto que, a classe com maior peso refere-se às piores condições no campo. Dessa forma, as menores somas de pontos de cada trecho de estrada, define que esses locais encontram-se em condições mais favoráveis para o tráfego dos veículos utilizados nas operações florestais. A partir disso, somando as informações visualizadas e as fornecidas pela empresa, foi

possível diferenciar as estradas pertencentes à fazenda em estudo entre três classes de condições: boa, regular e ruim conforme Tabela 2.

Foi possível constatar que todos os trechos apresentaram problemas, em quantidades e níveis de danos variados (Figura 2). Visto isso, nota-se que a classe que mais se destacou foi a que indica alto nível de desgaste das estradas, representando 42% dos trechos, sendo que 30% dos trechos da classe regular estão no limite para serem considerados como de alto desgaste. A classe com baixo nível de desgaste, representando 33% dos trechos, foi a segunda mais encontrada. De todos os outros trechos, essa classe é a única em que a passagem de veículos pode ser feita sem a iminência de problemas. Mesmo sendo considerados completamente trafegáveis, 54% desses trechos estão muito próximos de serem considerados como de regular desgaste, pois apresentaram um acúmulo de problemas que, se aumentar a sua deterioração, poderão se tornar problemáticos para o tráfego.

De modo geral, para que um sistema viário esteja em condições de ser trafegado, é necessário que algumas características estejam em condições aceitáveis de uso, além de estarem em harmonia com as outras, já que elas se complementam. As características

Tabela 2. Definição das classes de qualidade por agrupamento de características.

Nível de desgaste	Representação cromática	Características levadas em consideração
Boa (0 a 15 pontos)	Verde	São estradas que apresentam poucos problemas, plano ou pouco ondulado, além de apresentar medidas de prevenção a danos, como os “bigodes ou desaguadouros”
Regular (16 a 30 pontos)	Amarela	São estradas com um pouco mais de dano que os trechos bons, além de não ter revestimento de cascalho, ou ser revestida apenas em pontos que apresentavam danos mais severos. São normalmente planos ou pouco ondulados
Ruim (31 a 45 pontos)	Vermelha	São estradas com grandes e duradouros empoçamentos, inclinação do terreno muito irregular, não ser revestida, estar coberta por vegetação, apresentar vários pontos de danos mais severos, como erosões, além de afloramentos rochosos que irão atrapalhar na circulação de veículos

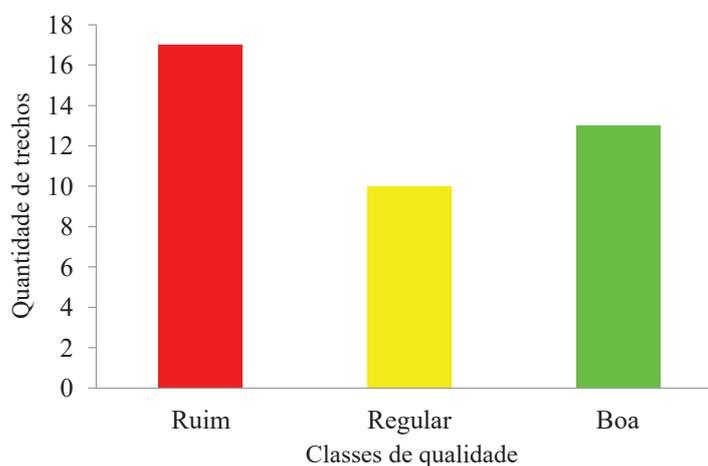


Figura 2. Distribuição da qualidade das estradas florestais avaliadas



estudadas estão diretamente ligadas às condições físicas das estradas, sendo de extrema importância para a gestão da fazenda no momento de planejar a colheita. Consequentemente, verifica-se que a sua desconsideração poderá levar ao agravamento dos danos existentes quando iniciar a circulação das combinações veiculares de carga (CVCs) do transporte da Teca, e também das máquinas e tratores na atividade de corte, extração e carregamento.

Ainda, Machado (1989) afirmou que o gasto energético, a durabilidade dos pneus e a eficiência operacional dos veículos são diretamente influenciados pelo padrão de qualidade das estradas. Grace III (2002), citou que o planejamento inadequado das estradas pode aumentar os níveis de erosão. Sendo importante compreender que a adoção de uma pavimentação primária é capaz de diminuir os gastos com a manutenção das estradas e, ainda, dos veículos que nela trafegam.

Em se tratando do empoeiramento das estradas, nota-se que a poeira se forma devido à ação do tráfego. As nuvens de pó dificultam a visibilidade, comprometendo a segurança, além de aumentar os custos operacionais das máquinas devidas constantes limpezas de seus componentes (OLIVEIRA, 2008). Também, é válido ressaltar que todas as demais características abordadas, além de outras que possam ter influência sobre a eficiência das operações florestais que

não foram abordadas no presente trabalho, devem ser consideradas para a avaliação qualitativa das estradas florestais.

A partir de tudo que foi discutido e com a obtenção dos resultados, foi possível classificar cada trecho conforme o nível de desgaste, que influenciam diretamente na sua qualidade para o tráfego (Figura 3). Na figura a seguir, é possível notar que os trechos que compreendem as estradas consideradas principais, encontraram-se em melhores condições. Tal fato deveu-se as manutenções realizadas em maior frequência, visto que, serviam de acesso a outros projetos da empresa e a fazenda de terceiros.

Conclusões

As classes de qualidade de estradas podem ser determinadas por meio das variáveis pavimentação, limpeza, imperfeições e ondulações, empoçamentos, poeira, ravinas, bigode ou desaguadouros, inclinação da estrada e presença de cursos d'água. A definição das condições para a malha viária como boa, regular e ruim podem embasar um planejamento temporal e econômico através de um cronograma físico-financeiro para as empresas visando otimizar a alocação e o uso de recursos, contribuindo com a diminuição dos gastos de

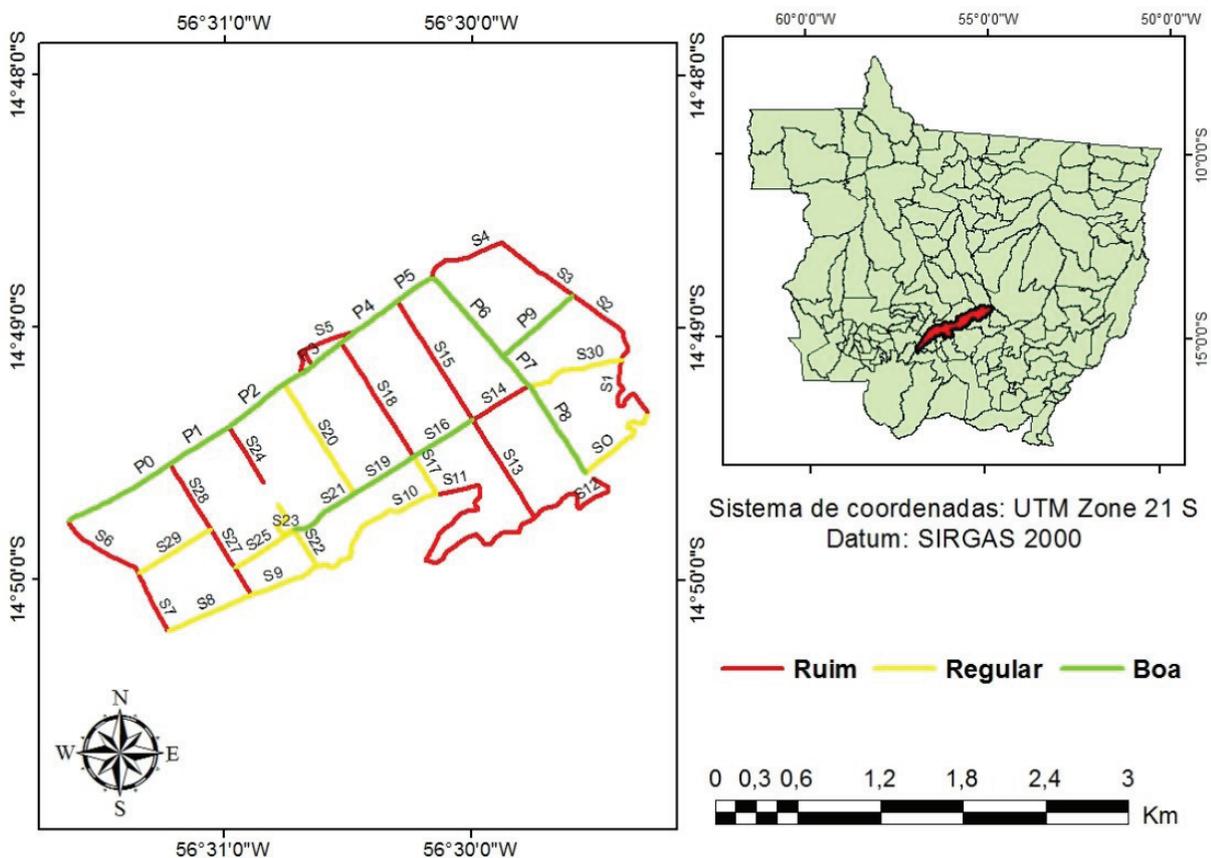


Figura 3. Classificação da malha viária florestal conforme as condições da via em agrupamentos: boa, regular e ruim.



manutenção das infraestruturas viárias florestais como estradas, pátios e obras de arte.

O planejamento da empresa deve apresentar um maior foco na manutenção das estradas, do contrário, as condições precárias de alguns trechos só tendem a piorar, expondo a problemas que vão de danos a veículos a risco de incêndios. Vale salientar também, a falta de acostamento e sinalização de trânsito, já que a ausência dessas duas características auxilia no aumento do risco de acidentes nas estradas dessa fazenda.

Referências

CORRÊA, C.M.C. **Perdas de solo e qualidade da água proveniente de estradas de uso florestal no Planalto Catarinense**. 2005. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GRACE III, J. M. **Sediment movement from road systems**. Saint Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2002. 13-14 p.

MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF)**: desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário. 1989. 188 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MALINOVSKI, J. R.; CARVALHO, L. C.; CARVALHO, M. **Planejamento de rede viária**. 2004. Relatório técnico Klabin.

OLIVEIRA, R. J. **Uso de redes neurais artificiais na avaliação funcional de estradas florestais**. 2008. 108 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

QUADROS, D. S. **Apostila de transporte florestal**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2004.



Análise dos fatores humanos relacionados ao trabalho na colheita florestal com *Harvester* e *Forwarder*

Mislene Barbosa Rocha¹; Ângelo Márcio Pinto Leite²; Luiz Carlos de Freitas³; Ludmila Neves Nogueira⁴; André Ribeiro Silveira⁵

¹Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, myssbarbosa@hotmail.com; ²Doutor em Ciência Florestal, Professor do Curso de Engenharia Florestal na Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG. ampleite@ig.com.br; ³Doutor em Ciência Florestal, Professor do Curso de Engenharia Florestal na Universidade Estadual da Bahia, Vitória da Conquista, BA, luiscarlos_ufv@yahoo.com.br; ⁴Mestranda em Ciência Florestal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, ludnogueira@gmail.com; ⁵Mestrando em Ciência Florestal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, andre_rsilveira@hotmail.com

Resumo: Objetivou-se com este trabalho analisar os fatores humanos / perfil social relacionados à função / trabalho desenvolvido pelos operadores de *Harvester* e *Forwarder*. A coleta dos dados ocorreu por meio de entrevistas realizadas com 18 operadores, sendo 12 de *Harvester* e, 06 de *Forwarder*. De acordo com os resultados constatou-se que, os operadores de *Harvester* e *Forwarder* quanto aos fatores humanos (perfil e trabalho) são caracterizados por: origem urbana, casados, possuidores de filhos, profissional de idade mediana e, nível de escolaridade intermediário (não tendo sido encontrado inclusive nenhum analfabeto realizando a função de operador dessas máquinas), remuneração líquida média de 2,5 salários mínimos e, pouco tempo de trabalho na empresa.

Palavras-chave: Mecanização florestal; Operadores de máquinas; Perfil social.

Introdução e objetivos

Atualmente, diversas empresas do setor florestal vêm utilizando nas etapas de produção, desde a obtenção das mudas até a colocação da madeira dos pátios da indústria, máquinas cada vez mais modernas e com alta tecnologia embarcada. Em decorrência disto, a colheita florestal é a atividade que mais gera custos para as empresas florestais (REZENDE et al., 2000), devido ao grande número de variáveis que afetam a produtividade nessas etapas do processo, aumentando assim os custos operacionais e de produção (SILVA et al., 2010).

Ainda segundo estes autores, no Brasil existem vários tipos de sistemas de colheita de madeira, e a escolha de um deles varia de acordo com fatores financeiros, sociais, tecnológicos, ambientais e ergonômicos, além dos fatores edáficos, topográficos e da qualidade da floresta / povoamento.

O *Harvester* é a máquina mais utilizada no sistema de toras curtas para realizar a derrubada e processamento dos fustes, o que inclui descascamento, desgalhamento, corte em toras menores e agrupamento da madeira. Na extração das toras do talhão para a margem da estrada ou pátio intermediário é utilizado o *Forwarder*.

As atividades de corte e extração são as fases da colheita florestal que gera grande dispêndio energético e exige muita habilidade e eficiência do operador para garantir a alta produtividade no setor. E assim, analisar os fatores humanos / perfil e os relacionados à função / trabalho desenvolvido pelos operadores na empresa constitui importante ferramenta para auxiliar na tomada de decisões para a capacitação dos profissionais e, na busca constante de melhorias nas condições de trabalho desses profissionais.

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho analisar os fatores humanos / perfil social, relacionados à função / trabalho desenvolvido pelos operadores de *Harvester* e *Forwarder*, de duas empresas prestadoras de serviços no setor florestal do segmento de celulose, com seus povoamentos localizados nos Estados do ES e BA.

Material e métodos

Este estudo foi conduzido em duas empresas prestadoras de serviço no setor florestal entre os meses de agosto e dezembro de 2015. Foi utilizado um levantamento por meio da aplicação de questionários individuais específicos, na forma de entrevistas no local de



trabalho para a caracterização dos fatores humanos / perfil social e, os relacionados à função / trabalho desenvolvido pelos operadores de *Harvester* e *Forwarder*. O questionário foi aplicado em 18 operadores, englobou informações sobre: a idade, o peso, a estatura, a escolaridade, o estado civil, o número de filhos, função exercida, salário, o tempo de trabalho na empresa, entre outros. A tabulação dos dados se deu por intermédio de planilhas eletrônica do Excel® e, a interpretação dos resultados baseou-se na comparação das informações obtidas com dados da literatura.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados relacionados ao perfil dos operadores.

Tabela 1. Fatores humanos relacionados ao perfil dos operadores nas atividades estudadas.

Características analisadas	Quantidade	%
Faixa etária		
18 - 29 anos	3	17
30 - 39 anos	7	39
40 - 49 anos	2	11
50 - 60 anos	6	33
Estado civil		
Casado	16	89
Solteiro	2	11
Divorciado	0	0
Viúvo	0	0
Escolaridade		
Ensino fundamental incompleto	5	28
Ensino fundamental completo	3	17
Ensino médio incompleto	1	6
Ensino médio completo ou mais	9	50
Local de moradia		
Espírito Santo	9	50
Bahia	9	50

A Tabela 1 nos apresenta que 39% dos operadores estudados apresentam idade entre 30% e 39%, e 33% entra na faixa etária de 50 a 60 anos. A média de idade dos operadores foi de 40,8 anos (profissionais estes que podem ser classificados como de idade mediana), variando entre 27 e 60 anos, com 80% dos entrevistados apresentando idade maior ou igual à 30 anos. O valor médio obtido está bem acima dos encontrados por Ramos et al. (2015), que analisou os fatores humanos na colheita florestal com idade média de

31,7 anos e, Britto et al. (2015) para a atividade de implantação e manutenção florestal, com idade média de 34,9 anos. Isto pode ser explicado em virtude dessa atividade exigir profissionais mais experientes e com maior conhecimento sobre o setor florestal. Entretanto, apesar da colheita florestal mecanizada exigir um nível de experiência mais elevado do operador para garantir a alta produtividade, profissionais com idades mais avançadas tendem a apresentar problemas como déficit de atenção, diminuição da coordenação motora, fadiga, menor disposição e aumento de problemas de saúde.

A estatura e o peso médio dos operadores foram de 1,74 m, variando entre 1,64 m a 1,80 m e, 84,2 kg, variando entre 60 kg a 122 kg, respectivamente. Lopes et al. (2011) obtiveram para trabalhadores da implantação florestal valores médios de estatura de 1,70 m e peso de 74,2 kg e, Ramos et al. (2015) para a atividade de colheita florestal com motosserra encontraram valores médios de estatura de 1,72 m e peso corporal de 77,9 kg. A altura e o peso são fatores de extrema importância para a análise de fatores humanos, visto que esses dados possibilitam o cálculo do índice de massa corporal (IMC), que serve para avaliar se o peso do indivíduo está adequado para a sua altura. Cabe salientar que o peso, pode ser um importante indicativo do estado de saúde do indivíduo.

O percentual de operadores casados foi de 89%, com média de 1,4 filhos por casal (máximo de quatro, enquanto outros operadores não tinham filhos), valor este igual ao encontrado por Lopes et al. (2011), para trabalhadores da implantação florestal. Segundo o mesmo autor, o baixo número de filhos se deve às questões financeiras que limitam a manutenção de famílias com muitos indivíduos.

Constatou-se ainda que, todos os entrevistados residem na zona urbana, sendo 50% no Estado da Bahia e, 50% no Estado do Espírito Santo.

Em relação à escolaridade, 28% declararam ter o ensino fundamental incompleto e 50% ensino médio completo ou mais (técnico ou superior), sendo que desses indivíduos apenas um operador apresenta ensino superior completo. Um fator relevante quanto ao grau de instrução dos operadores de máquinas florestais é que não houve analfabetos realizando a função. Este resultado confirma, portanto, que a atividade em si exige certo nível de escolaridade / conhecimento, uma vez as máquinas estarem em constante avanço tecnológico, requerendo assim, cada vez mais habilidades e maior nível de escolaridade por parte dos profissionais. O resultado deste estudo serve para mostrar também que, mesmo com grau de instrução intermediária, o nível de escolaridade dos operadores vem melhorando ao longo dos tempos.

A Tabela 2 apresenta os resultados relacionados à função / trabalho desenvolvido pelos operadores.



Tabela 2. Fatores relacionados à função / trabalho desenvolvido pelos operadores estudados

Características analisadas	Quantidade	%
Função		
Operador de <i>Harvester</i>	12	66,7
Operador de <i>Forwarder</i>	6	33,3
Tempo de deslocamento		
10 - 30 minutos	5	28
31 - 50 minutos	11	61
51 - 70 minutos	0	0
71 - 90 minutos	2	11
Salário		
Até R\$ 2.500	12	67
R\$ 2.501 ou mais	6	33
Dependentes da renda		
≤ 2	6	33
3 ou +	12	67
Outro integrante da família trabalha		
Sim	9	50
Não	9	50
Tempo na empresa		
Menos de 1 ano	9	50
1 a 5 anos	9	50

Dos entrevistados, todos são do sexo masculino (100%) sendo que, destes 66,7% operam o *Harvester* e, 33,3% operam o *Forwarder*.

O tempo de deslocamento da residência até o local de trabalho variou de 10 a 90 minutos, sendo que mais de 60% dos operadores demoram entre 31-50 minutos para chegar ao seu local de trabalho. Uma possível solução para a minimização do tempo de deslocamento seria a implantação de alojamentos próximos à frente de trabalho, em contra partida os operadores ficariam distantes das suas famílias.

A remuneração média dos operadores é de R\$ 2.445,00 (em torno de 2,5 salários mínimos líquidos), podendo variar de R\$ 2.065,00 a R\$ 3.000,00, sendo que 67% recebem até R\$ 2.500,00. A maioria dos entrevistados (67%) possui três (3) ou mais dependentes. Porém, 50% dos entrevistados possuem outro membro da família que contribui com os custos da casa. Estes

profissionais possuem de 00 a 05 anos de serviço na empresa e, 50% apresentam média salarial maior que os trabalhadores que possuem menos de um ano de empresa. Cabe salientar que o “fator salarial”, no qual os operadores com mais tempo de trabalho ganham mais que o que tem menos de um ano na empresa provavelmente está relacionado com a experiência do profissional que tende a produzir mais (maior produtividade), uma vez as empresas analisadas trabalham no regime de produção, ou seja, ganha mais, quem mais produz. Portanto, a experiência nesse sentido é de grande relevância.

Conclusões

Todos os operadores são do sexo masculino, com idade média de 40,8 anos. 89% são casados e todos residem na zona urbana. O peso médio dos trabalhadores é de 84,2 kg e a estatura varia de 1,64 m a 1,80 m. Não há entre os operadores analfabetos, e possuem média salarial de R\$ 2445,00 reais, e a maioria possuiu 3 ou mais dependentes.

Referências

- BRITTO, P. C.; LOPES, E. S.; DRINKO, C. H. F.; GONÇALVES, S. B. Fatores humanos e condições de trabalho em atividades de implantação e manutenção florestal. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 503-511, 2015. DOI: 10.1590/2179-8087.053113.
- LOPES, E. S.; ZANLORENZI, E.; COUTO, L. C. Análise de fatores humanos e condições de trabalho de operadores de motosserra. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 177-183, 2011.
- RAMOS, W.; RAMOS, E. N.; KOVALESKI, J. L.; GAIA S.; SANTOS, S. F. O. M. Análise de fatores humanos na colheita florestal com motosserra: um estudo na região de Jaguariáiva – PR. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Perspectivas globais para a engenharia de produção: anais**. Rio de Janeiro: Abepro, 2015. p. 1-10.
- REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. G.; LEITE, H. G.; TRINDADE, C. Avaliação da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 13-26, 2000.
- SILVA, E. N. D.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L. D.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus* sp. com *Harvester*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, 2010. DOI: 10.1590/S0100-67622010000400019.



Uso de dados LiDAR como ferramenta para estimativas de erosão em estradas florestais

Pedro Henrique Karantino Millikan¹; Tupiara Mergen de Oliveira²; João Vitor Rodrigues de Oliveira³;
Samuel de Pádua Chaves e Carvalho⁴; Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho⁵

¹Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, millikanp@gmail.com;

²Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, tupiaramergen@gmail.com; ³Estudante de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, joaovitorflorestal@gmail.com; ⁴Professor, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, spccarvalho@ufmt.br; ⁵Professora, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, marianaperes@ufmt.br

Resumo: O uso da tecnologia laser (LiDAR) vem de forma crescente sendo estudada para o setor florestal. O objetivo deste trabalho foi testar a utilização da ferramenta LiDAR para estimar a erosão hídrica de estradas e povoamentos florestais. A estimativa de erosão foi calculada utilizando a equação universal de perda de solo (USLE). Para o cálculo do fator LS foi utilizado o modelo digital de terreno (DTM) gerado a partir da nuvem de pontos. As áreas de estradas e solo descoberto na floresta foram recortadas para o cálculo das estimativas. Foi possível gerar mapas de precisão de erosão hídrica do solo. A erosão das áreas de solo descoberto foi maior que as estimadas nas estradas. A tecnologia LiDAR associada a técnicas de SIG têm o potencial de auxiliar no planejamento de estradas florestais, através de mapas de estimativas de erosão.

Palavras-chave: Mapas de estimativas de erosão; Erosão hídrica; Planejamento de estradas florestais.

Introdução e objetivos

As estradas florestais são a principal via de acesso das florestas nativas e plantadas, que viabilizam o tráfego de mão-de-obra e meios de produção necessários para as atividades condução das florestas como implantação, proteção, colheita e transporte dos produtos florestais (MACHADO, 1989). A erosão é um dos impactos econômicos resultantes da construção de estradas (LIMA, 2014), sendo um problema ambiental e econômico para o empreendimento florestal, pois há a perda de solo e aumento de gastos com manutenções e aterros (MACHADO; SOUZA, 1990). A enxurrada produzida por estradas que possuem características de drenagem mal planejadas podem muitas vezes aumentar o transporte de sedimentos para rios e canais (LUCE et al., 1999).

Empoamentos de *Eucalyptus*, Lima (2004) afirmou que a perda de solo nos primeiros anos de cultivo foi maior em relação ao quarto ano. Segundo Martins et al. (2003), a erosão de sistemas de florestas nativas e plantadas foi abaixo do limite de tolerância dos solos, porém, em área de solo descoberto os resultados foram consideravelmente maiores.

Técnicas de geoprocessamento, *Global Positioning System* (GPS), sensoriamento remoto e Sistema de

Informações Geográficas (SIG) mostram-se como ferramentas eficientes para a interpretação, qualificação e quantificação de fenômenos naturais e para o auxílio na gerência de pavimentos das estradas florestais (EMMERT et al., 2010).

Light detection and ranging (LiDAR) é uma técnica de sensoriamento remoto, análoga ao RADAR, porém utiliza pulsos laser. Os instrumentos LiDAR medem o tempo de emissão e retorno de um pulso laser que viajar entre um sensor e o alvo. Este pulso reflete a superfície do solo e os galhos e folhas em áreas de floresta (DUBAYAH; DRAKE, 2000). Esta ferramenta tem sido estudada para diversas aplicações no meio florestal, como a obtenção de volume, biomassa e outros parâmetros dendrométricos (GIONGO et al., 2010). Há também estudos utilizando os modelos de terreno derivados de LiDAR para detectar ravinas resultantes de processos erosivos (JAMES et al., 2007), mapeamento de rodovias florestais sobre densa cobertura de copa (WHITE, 2010), e estimativa de terraplanagem de estradas florestais (CONTRERAS et al., 2012).

Vendo o potencial da ferramenta, este trabalho objetivou usar LiDAR para estimar erosão em estradas florestais, e a erosão resultante do solo descoberto entre as árvores dentro da floresta.



Material e métodos

A área de estudo está localizada no condado de Calaveras, no estado da Califórnia nos Estados Unidos. O clima na região é temperado, e a vegetação é composta principalmente por árvores coníferas.

Os dados foram coletados no ano de 2011, através de um sistema laser montado em uma aeronave, com densidade de pulso laser de 2,99 pulsos por m².

Para o processamento da nuvem de pontos foi utilizado o software FUSION 3.6 do Serviço Florestal Americano. Utilizou-se a função *Catalog* para computar o resumo da nuvem de pontos, *GroundFilter* para classificar os retornos do terreno e *GridSurfaceCreate* para obter o modelo digital de terreno (DTM), com resolução espacial de 1 m.

Para realizar as análises dos espaços entre as árvores, foram utilizadas as funções *ClipData* para geração da nuvem de pontos com alturas normalizadas e *CanopyModel* para computar o modelo digital de copas (CHM). Foi realizada a segmentação das áreas das copas de árvores individuais, utilizando a função *TreeSeg*.

As estimativas de erosão do solo foram calculadas através da equação universal de perda de solo (USLE) (1) proposta por Wischmeier e Smith (1978):

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

Onde: A = perda de solo por área em t ha⁻¹ ano⁻¹; R = erosividade da chuva (MJ ha⁻¹ mm h⁻¹ ano⁻¹); K = erodibilidade do solo (t h Mj⁻¹); L : comprimento do declive (adimensional); S = grau de declive (adimensional), geralmente computado junto com L ; C = uso e manejo do solo (adimensional); e P = práticas conservacionistas (adimensional).

Foi utilizado o modelo digital de terreno (DTM) da nuvem processada LiDAR para o cálculo do fator LS da USLE, utilizando a função *Ls factor* do software SAGA, em integração com o software de SIG QGIS 2.14, que retorna um arquivo do tipo raster. Objetivando extrair as informações referentes às estradas, aplicou-se a função *clip* no arquivo raster de fator LS, utilizando um arquivo vetor de estradas, fornecido pelo departamento de transportes da Califórnia (Caltrans). Para recortar os valores de LS referente à floresta, foi utilizada a ferramenta de análise *near black* do QGIS no modelo de copas segmentado gerado da nuvem LiDAR processada, com a finalidade de gerar uma imagem monocromática de áreas de solo e copa das árvores, que foi vetorizada e aplicado filtro para extrair somente os polígonos que representam o solo em torno das árvores.

O fator R foi calculado utilizando a Equação 2, proposta por Renard e Freimund (1994), ajustada para

os Estados Unidos continental, com coeficiente de determinação de 0,81. A precipitação média anual foi obtida com dados de uma estação meteorológica localizada a 4,9 km do local de estudo. A precipitação anual observada foi de 990,6 mm.ano⁻¹.

$$R = 0,04830P^{1,610} \quad (2)$$

Onde: R : fator pluviosidade da USLE, em Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹; P : precipitação média anual, em mm/ano.

O fator K , erodibilidade do solo da região, foi obtido pelo banco de dados do USDA Natural Resources Conservation Service (NRCS). Foi utilizado o valor 1 para os fatores C e P da Equação 2, representando solo exposto e nenhuma prática de conservação, respectivamente.

Com os fatores da equação obtidos, as estimativas e os mapas de erosão foram desenvolvidos em ambiente R (R CORE TEAM, 2017), utilizando os pacotes *raster* e *rgdal*, utilizando a equação (1).

Resultados e discussão

O fator R calculado pela equação 1 foi igual a 3408,447 Mj mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, e o fator K fornecido pelo NRCS igual a 0,2 t h Mj⁻¹. mm⁻¹. Com os resultados foram gerados os mapas de precisão de estimativa de perda anual de solo das estradas e das clareiras da floresta, respectivamente nas Figuras 1 e 2, com resolução de 1 metro quadrado de grid.

Em comparação da erosão estimada nas estradas e nos espaços na floresta, a erosão da floresta foi maior que a encontrada nas estradas (Tabela 1). Ambos cenários apresentaram distribuição semelhante, sendo que grande parte da área apresentou erosão abaixo de 0,5 t m ano⁻¹, conforme o histograma (Figura 3).

Segundo Correa e Cruz (2010), as estimativas de erosão de estradas florestais pela equação universal de perda de solo revisada apresentaram alta correlação com a erosão medidas em campo, em situações de relevo ondulado e fortemente ondulado. De acordo com os mesmos autores, o uso da metodologia é válida para a estimativa de erosão em estradas.

Estudos como o de Countinho et al. (2014) e o de Demarchi (2012) permitiram estimativas de erosão utilizando técnicas de SIG, com metodologia semelhante a deste estudo. Contudo, no primeiro citado os autores utilizaram dados radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), e no segundo o autor utilizou técnicas de interpolação de curvas de nível, que são métodos de menor detalhamento, e portanto limitados a estimativas em maior escala, como ao nível de bacia ou sub-bacia hidrográfica. James et al. (2007) afirmaram que a acurácia de mapas de declividade gerados por

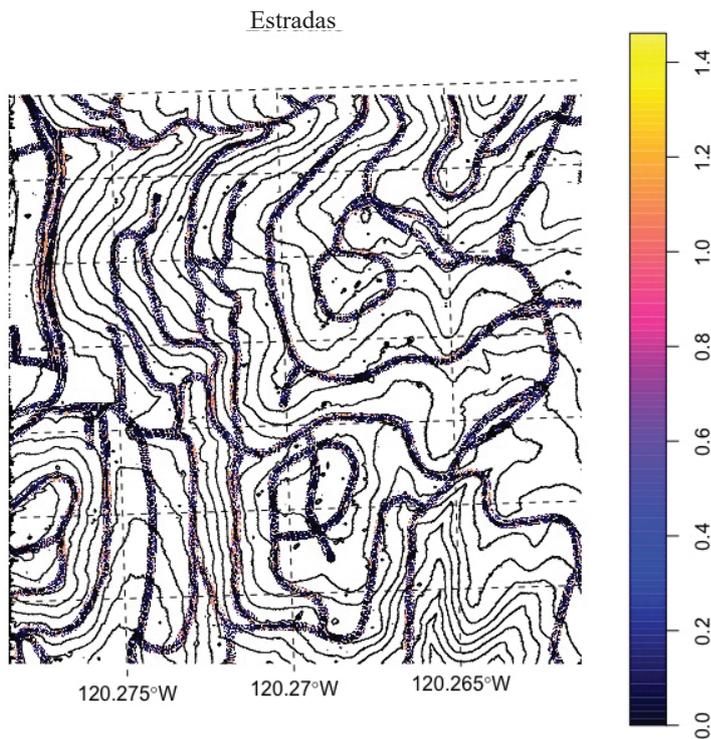


Figura 1. Estimativa de perda anual de solo das estradas florestais (t.m.ano⁻¹).

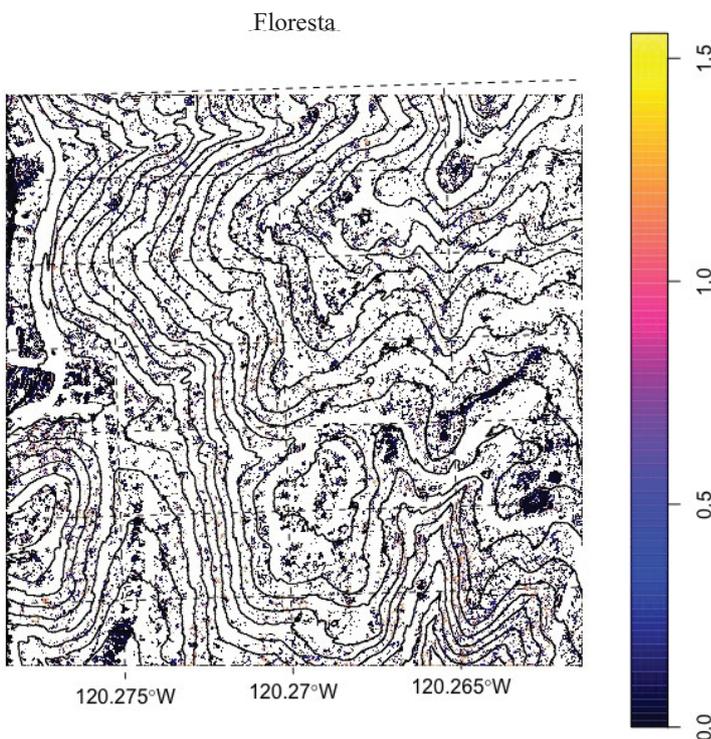


Figura 2. Estimativa de perda anual de solo das clareiras (t.m.ano⁻¹).

Tabela 1. Estimativas de erosão (t.m.ano⁻¹).

cenário	Média	Desvio padrão	Total
Estrada	0,3115415	0,45578	118125,6
Floresta	0,3138278	0,432167	131028,1

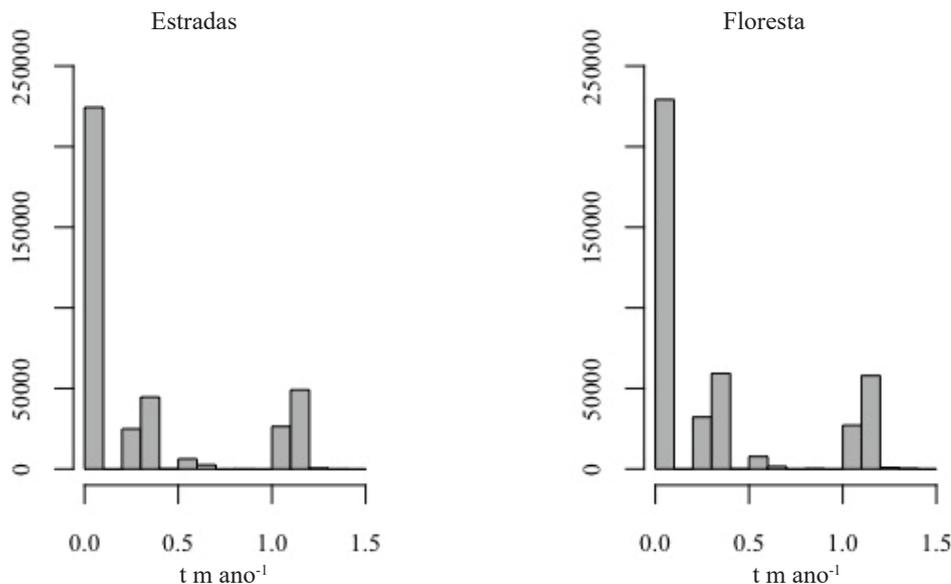


Figura 3. Histogramas de frequência, em função da área, em metros.

SIG com objetivo aplicar modelos de erosão dependem muito da resolução e precisão dos dados de terreno. A grande vantagem do uso de LiDAR é a sua alta resolução e acurácia na medição das alturas, que permitem a confecção de mapas precisos e em alta resolução.

De forma semelhante, Ferraz et al. (2007) foram capazes de classificar trechos de estradas florestais quanto ao escoamento superficial e erosão, utilizando modelo digital de terreno, para gerar informações como fator LS e declividade em ambiente SIG.

Apesar do maior montante de erosão anual, em comparação com a estrada, a área de floresta foi considerada um situação hipotética em que o solo estava completamente exposto, ou seja, o fator C (uso e cobertura do solo) foi igual a 1. Estes resultados mostram a importância de manter a cobertura e práticas de conservação do solo não somente nas vias florestais, mas também dentro dos talhões. De acordo com Demarchi (2012), o fator cobertura é o que mais influencia nas estimativas de erosão do solo pela USLE.

Os mapas gerados poderiam ser utilizados auxiliar no planejamento da construção de estradas florestais, na indicação de áreas mais susceptíveis a erosão, e determinação de rotas ótimas e indicações de obras de arte.

Conclusões

A tecnologia LiDAR associada a técnicas de SIG se mostraram como uma ferramenta promissora para auxiliar o planejamento de estradas florestais, através de mapas de estimativas de erosão.

A erosão dentro da floresta, em função do espaço entre as árvores, foi maior que a erosão estimada nas

estradas. Desta forma, conclui-se que processos erosivos não são consequências da presença das estradas florestais somente, mas são consequências também das clareiras naturais e advindas de ações antrópicas na área de estudo.

Referências

- CAMARGO CORREA, C. M.; CRUZ, J. Erosão real e estimada através da RUSLE em estradas florestais, em relevo ondulado a fortemente ondulado. *Revista Árvore*, v. 34, n. 4, p. 587-595, 2010. DOI: 10.1590/S0100-67622010000400003.
- CONTRERAS, M.; ARACENA, P.; CHUNG, W. Improving accuracy in earthwork volume estimation for proposed forest roads using a high-resolution digital elevation model. *Croatian Journal of Forest Engineering*, v. 33, n. 1, p. 125-142, 2012.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; DE OLIVEIRA GARCIA, G.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; MOREIRA, M. C. Cálculo do fator LS da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) para a bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2014.
- DEMARCHI, J. C. *Geotecnologias aplicadas à estimativa de perdas de solo por erosão hídrica na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas, município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP*. [S.l.], 2012.
- DUBAYAH, R. O.; DRAKE, J. B. Lidar remote sensing for forestry. *Journal of Forestry*, v. 98, n. 6, p. 44-46, 2000.
- EMMERT, F.; PEREIRA, R. S.; REZENDE, A. V.; ENCINAS, J. M. I. Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gestão de pavimentos em estradas florestais. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 1, p. 81-94, 2010. DOI: 10.5902/198050981763.
- FERRAZ, S. F. de B.; MARSON, J. C.; FONTANA, C. R.; LIMA, W. de P. Uso de indicadores hidrológicos para classificação de trechos de estradas florestais quanto ao escoamento superficial. *Scientia Forestalis*, n. 75, p. 39-49, 2007.



GIONGO, M.; KOEHLER, H. S.; MACHADO, S. do A.; KIRCHNER, F. F.; MARCHETTI, M. LiDAR: princípios e aplicações florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 231-244, 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.63.231.

JAMES, L. A.; WATSON, D. G.; HANSEN, W. F. Using LiDAR data to map gullies and headwater streams under forest canopy: South Carolina, USA. **Catena**, v. 71, n. 1, p. 132-144, 2007. DOI: 10.1016/j.catena.2006.10.010.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1996. 301 p.

LUCE, C. H.; BLACK, T. A. Sediment production from forest roads in western Oregon. **Water Resources Research**, v. 35, p. 2561-2570, 1999.

MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF)**: desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário. 1989. 188 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. **Impacto ambiental das estradas florestais**: causas e controle. Viçosa, MG: SIF, 1990. (Boletim técnico, 1).

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, 2003.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017.

RENARD, K. G.; FREIMUND, Jeremy R. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. **Journal of Hydrology**, v. 157, n. 1-4, p. 287-306, 1994.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. 58 p.



Análise comparativa de desempenho entre cabeçotes Waratah 622B e 622C 4x4

Reinaldo José Correia¹; Gustavo Pereira Castro²; Eloise Prates Gortes³

¹Especialista de Colheita de Madeira, Klabin, rjcorreia@klabin.com.br; ²Engenheiro Florestal, Klabin, gustavo.castro@klabin.com.br; ³Engenheira Florestal, Klabin, eprates@klabin.com.br

Resumo: A instalação de uma nova unidade industrial, com capacidade de até 1,5 milhão de toneladas de celulose ao ano, elevou o consumo de madeira de processo pela Klabin na região de Telêmaco Borba (PR). Somente no estado do Paraná, a empresa possui 213 mil hectares de florestas plantadas de pinus e eucalipto. Para que a madeira destas florestas cheguem até as unidades industriais com o menor custo por unidade produzida e com a qualidade desejável para os processos industriais, a companhia está constantemente buscando tecnologias, ferramentas e métodos de aperfeiçoar, cada vez mais, suas operações. Entendendo que a atividade de processamento de madeira de pinus e eucalipto poderia ser aprimorado com novas soluções apresentadas pelo mercado.

A decidiu-se introduzir em sua frota de máquinas, cabeçotes com quatro rolos de tração (4x4). Estes cabeçotes tem como destaque, a capacidade de processar várias árvores simultaneamente. Optou-se pelo cabeçote da marca Waratah 622C 4x4, variação do Waratah 622B principal cabeçote utilizado para processamento na Klabin. Os estudos mostraram ganhos consideráveis desse implemento em comparação ao modelo convencional em florestas com vmi inferior a 0,55m³, com uma ligeira perda para vmi superior a 0,55m³, quando comparado ao Waratah 622B.

Palavras-chave: Colheita; Cabeçote processador; Colheita de madeira.

Introdução e objetivos

A Klabin, é uma indústria brasileira com 119 anos de história. É considerada a maior produtora e exportadora de papéis do Brasil. Para atender essa necessidade, a empresa possui, somente no estado do Paraná, 213 mil hectares de florestas plantadas de pinus e eucalipto, com variadas condições de manejo, de modo a atender as necessidades de duas plantas industriais e o mercado regional, que demanda de madeira grossa para serra e laminação. A colheita de madeira, para muitos especialistas na área florestal, pode ser considerada a etapa mais importante dentro da cadeia produtiva da madeira. Por isto, ela é tratada com atenção, não só pela representatividade dos custos que, dependendo do uso final da madeira, pode representar até 60% do valor da madeira posto fábrica, mas também sob aspectos de segurança, ergonomia e produtividade.

Na Klabin, a colheita não é vista de outra forma. Por isso busca-se constantemente, soluções e técnicas para melhorar ainda mais suas operações. Nos últimos anos, a instalação de uma nova unidade industrial, com capacidade de até 1,5 milhão de toneladas de celulose ao ano, elevou o consumo de madeira de processo. Com isso, a Klabin entendeu que não haveria necessidade de

manejar suas florestas, pois a maior parte delas terá como objetivo principal, atender a demanda da nova unidade (madeira com diâmetro máximo de 30 cm).

A partir dessa mudança, o VMI médio de suas florestas de eucalipto e pinus tem diminuído. Com florestas de menor porte e diâmetro, a empresa buscou no mercado alternativas para melhorar o processamento dessa madeira e consequentemente aumentar a produtividade média (m³ h) dos processadores. Esta etapa possui maior custo entre todas as operações de colheita e qualquer ganho, na escala atual de produção da empresa, passa a ser significativo. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho operacional do cabeçote processador de quatro rolos, Waratah 622C 4x4. Quantificar eventuais aumentos da produtividade, sem interferir no ritmo de trabalho dos operadores. E, consequentemente um comparativo com o cabeçote Waratah 622B, já utilizado na maior parte da frota de processadores da Klabin.

Material e métodos

Para obter os dados necessários para a realização deste estudo, foi preciso aplicar o Método de Tempo



Contínuo de estudo de tempos e movimentos. O método consiste na medição do tempo sem detenção do cronômetro, quer dizer, de forma contínua. A leitura do cronômetro foi feita ao término de cada atividade realizada, as quais eram registradas na seqüência em que ocorriam.

Para a coleta dos tempos, utilizou-se o aplicativo “time motinon” o qual permite tomadas de tempos em períodos de curta duração em uma plataforma digital, onde ao final de cada coleta, os dados eram transferidos para planilhas eletrônicas. Um ciclo era composto pela movimentação do cabeçote em busca das árvores, processamento (rolo), traçamento, e finalizado com o movimento de descarte da ponteira.

Informações técnicas dos cabeçotes foram analisadas e consideradas. Estas podem ser observadas no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1. Comparativo entre os modelos.

Itens de Comparação	Waratah 622B	Waratah 622C 4x4
Peso:	2300 kg	2740 kg
Req. Hidráulico:	32 MPa	35 MPa
Diâmetro Máx. Desgalhamento:	675 mm	675 mm
Abertura Máx. Rolos:	720 mm	780 mm
Diâmetro Máx. de Corte:	750 mm	700 mm
Nº de Facas:	4	3
Nº de Rolos:	3	4
Velocidade de Alimentação:	5,7 m/s	6,5 m/s
Máquina Base:	24 a 30 t	25 a 35 t

Elas foram importantes, pois, durante os testes, foram utilizadas combinações de máquinas florestais para o mesmo cabeçote e estas máquinas possuíam diferentes características técnicas.

As máquinas que fizeram parte do estudo, eram de classe com peso operacional de 35 t, conforme mostra a Figura 1. Porém havia, entre os modelos, variação de potência de 200 a 300 hp. Ainda, objetivando minimizar fatores de influência durante as medições, foram selecionados dois operadores de mesmo nível técnico



Foto: Gustavo Castro

Figura 1. Máquina base com cabeçote 622C 4x4.

(sendo estes os operadores mais produtivos) e capacidade de adaptação ao novo cabeçote.

As medições foram realizadas durante 150 dias, nas mais variadas condições de floresta, considerando: classes de VMI, gênero e clones.

Resultados e discussão

Com base nos dados obtidos com estudos de campo, o cabeçote Waratah 622C 4x4 mostrou-se mais produtivo, em média, 36% em relação ao cabeçote Waratah 622B. O principal motivo deste aumento de produtividade está atrelado a capacidade de processar, simultaneamente, um número maior de árvores, sem comprometer a precisão do comprimento dos toretes. Os quais estão dentro dos padrões de qualidade exigidos pela fábrica.

Em números gerais, o cabeçote Waratah 622C 4x4 tem seu maior rendimento trabalhando em florestas com VMI variando entre 0,1 e 0,55 m³. Em florestas com VMI superior a 0,55 m³ o cabeçote apresentou leve queda de produtividade quando comparado ao Waratah 622B, conforme pode ser observado no Gráfico 1 abaixo.

Comparativo Waratah 622C 4x4 vs. 622B

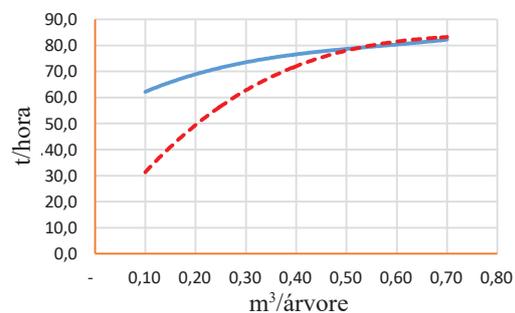


Gráfico 1. Comparativo de produtividade por hora entre os cabeçotes, de acordo com as classes de VMI.

Em VMI superior a 0,55 m³ o cabeçote Waratah 622B mostrou-se mais produtivo e apresentou maior precisão no traçamento.

Conclusão

O cabeçote 622C 4x4 teve seu maior rendimento em florestas entre 0,1 e 0,3 m³ por árvore. Este representa uma produtividade 36% em relação ao cabeçote Waratah 622B para a mesma classe de floresta.

À medida que o VMI da floresta aumenta a diferença de desempenho entre os cabeçotes diminui. A partir de 0,4 m³ a diferença foi se aproximando ainda mais.

Quando o VMI da floresta foi superior a 0,55 m³ por árvore, o cabeçote Waratah 622B mostrou-se mais produtivo.



O uso de equipamentos de proteção individual na operação de motosserras por produtores rurais

Jaqueline Ottonelli¹; Juliano dos Santos Depoi²; Rodrigo Silveira de Farias²; Guilherme Milani Santos³; Catize Brandelero⁴

¹Mestra em Engenharia Agrícola, doutoranda em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, jaqueline.ottonelli@gmail.com; ²Engenheiro Florestal, mestrando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, juliano.depoi@hotmail.com, r.s.f@hotmail.com.br;

³Graduando em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, guimsnt95@gmail.com; ⁴Doutora em Engenharia Florestal, Professora na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, catizebrandelero@gmail.com

Resumo: O objetivo foi levantar informações sobre o perfil destes e a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPIs) nas atividades realizadas com motosserras com motores 2 tempos em propriedades rurais. Foram entrevistados ao total de 73 proprietários/operadores, destes 62% possuem o ensino fundamental incompleto. Nenhum dos entrevistados informou fazer uso do vestuário completo de EPIs. Foi identificado que os produtores necessitam adquirir os EPIs recomendados e serem orientados sobre a utilização e conservação destes.

Palavras-chave: Motor dois tempos; Segurança no trabalho; Produtores rurais.

Introdução e objetivos

O corte de árvores e o desdobramento da madeira, com o passar do tempo, evoluiu de manual com o uso do machado para o semimecanizado (SANT'ANNA, 2014) e está presente nas diversas atividades do meio rural. Algumas delas são de uso doméstico, na construção civil, em aviários, secagem de grãos e fumo, entre outras (OTTONELLI, 2017).

O uso da motosserra ainda é uma atividade perigosa e de elevada exigência física, merecendo, portanto, estudos para melhorar as condições de segurança, conforto e bem-estar do trabalhador. Sendo assim, a pouca experiência e o baixo grau de instrução dos produtores rurais nas atividades de colheita de madeira podem ocasionar acidentes (OTTONELLI, 2017).

A utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) é de suma importância para os operadores de motosserras, devido à proteção obtida contra possíveis acidentes laborais, que normalmente são de média a alta gravidade, conforme descrito na Norma Regulamentadora (NR) n° 12, anexo V. Para Fiedler (1998) as normas regulamentadoras são um conjunto de requisitos e procedimentos relativos à segurança e medicina do trabalho. Estas normas são instituídas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e regulamentadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego.

É orientação dos fabricantes e previsto na NR 12 que o vestuário para os operadores de motosserras seja composto por: calça anticorte, botas com ponteiros em aço, luvas, óculos, capacete com protetor auricular e viseira, conforme exposto na Figura 1. Este vestuário deve possuir o certificado de aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Koerich et al. (2018) informa que no site deste órgão, na página da



Figura 1. EPIs para o operador de motosserra. Fonte: Adaptado de Depositphotos (2017).



secretaria de inspeção do trabalho, está disponível a consulta ao Certificado de Aprovação de Equipamentos de Proteção Individual (CAEPI).

O uso dos EPI's na atividade florestal são necessários e obrigatórios, devendo ser utilizados pelo operador, conforme Lopes et al. (2001) são:

- Calça anticorte: protege os membros inferiores do operador. Confeccionada em tecelagem especial, com proteção interna com oito ou 10 dez camadas de tecido 100% poliéster de alta tenacidade, protegendo o operador na parte frontal da cintura ao tornozelo e na parte posterior da virilha ao tornozelo, sendo as pernas protegidas com sistema de proteção em sua total circunferência, com fibras transpassadas na parte posterior das pernas.
- Luvas: confeccionada em vaqueta na palma e dedo polegar, nylon no dorso e punho em material sintético com velcro. Visa proteger as mãos do operador contra cortes e perfurações, bem como minimizar as vibrações da motosserra.
- Caneleiras: confeccionada em fibra de vidro ou couro, possui a função de proteger as pernas do operador.
- Botas: visa proteger os pés do operador contra cortes e perfurações. confeccionado em vaqueta lisa curtida em cromo com sola antiderrapante e biqueira de aço; palmilha de montagem em couro; acolchoado internamente com uma camada de espuma.
- Capacete: confeccionado em polietileno de alta resistência, apresenta internamente coroa ajustável em tecido de náilon, carneira e suspensão de material plástico, visando amortecer e distribuir a carga do impacto; tira absorvente de suor e filme plástico perfurado e revestido internamente com uma camada de espuma plástica. Os capacetes devem ser nas cores vermelha ou amarela, de modo a destacar e facilitar a visualização do operador na área de trabalho.
- Protetor auricular (abafador): possui haste metálica tipo mola, fabricado em aço especial galvanizado, ligado por grampo duplo regulável. Acoplado ao capacete, o protetor visa proteger o ouvido do operador de ruídos excessivos advindos da motosserra e do ambiente de trabalho.
- Protetor facial (viseira): possui a função de proteger o rosto do operador contra galhos e serragens. Este deve ser acoplado ao capacete e confeccionado em material plástico com tela de náilon, na cor preta. Também, é imprescindível a realização de treinamentos, para manter a segurança dos operadores nas diversas atividades realizadas com a motosserra. A utilização correta dos EPIs minimiza o risco de o operador sofrer algum acidente, porém, cuidados no manuseio desta máquina devem ser adotados.

Koerich et al. (2018) infere que são responsabilidades do empregador: exigir o uso dos EPIs, orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação. Também, deve substituí-lo imediatamente quando danificado ou extraviado, responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica. Por outro lado, são responsabilidades do empregado: usar o equipamento apenas para a finalidade a que se destina responsabilizar-se pela guarda e conservação, comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso e cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

O presente estudo teve como objetivo aplicar um questionário a produtores rurais, a fim de levantar informações sobre o perfil destes e a utilização dos EPIs nas atividades realizadas com o uso de motosserras com motores 2 tempos.

Material e métodos

O estudo foi realizado por meio de visitas em propriedades rurais, na Região Central do estado do Rio Grande do Sul, conforme a Figura 2.



Foto: Jaqueline Ottonelli

Figura 2. Entrevista com um dos produtores rurais.

Fonte: Ottonelli (2017).

Nas visitas foram aplicados questionários estruturados (com perguntas abertas, fechadas e dependentes), onde foram coletados os dados sobre o proprietário/operador da motosserra, EPIs e as atividades realizadas com a mesma, de acordo com a Figura 3.

Após a coleta dos dados, estes foram tabulados, em planilha eletrônica utilizando o *software Microsoft Excel®*, e submetidos a uma análise exploratória por



Idade: _____	Escolaridade: _____
Quem opera a motosserra? <input type="checkbox"/> Produtor <input type="checkbox"/> Familiares <input type="checkbox"/> Todos <input type="checkbox"/> Outros _____	
Quais atividades são realizadas com a motosserra? <input type="checkbox"/> Abate de árvores	
<input type="checkbox"/> Seccionamento de madeira <input type="checkbox"/> Desdobramento de madeira	
<input type="checkbox"/> Outras atividades: _____	
Usa EPIs? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Se sim, quais? <input type="checkbox"/> Luvas <input type="checkbox"/> Botas <input type="checkbox"/> Capacete <input type="checkbox"/> Viseira	
<input type="checkbox"/> Calça anticorte <input type="checkbox"/> Calça jeans Protetor auricular: <input type="checkbox"/> concha <input type="checkbox"/> interno	
Outros: _____	
Fez treinamento? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Se sim, onde? _____	
Quem? _____ Tempo? _____	
Ocorrência de acidente? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Gravidade: <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Alto	
Hospital _____	

Figura 3. Questionário aplicado aos produtores rurais.

meio de utilização descritiva, com uso de frequência percentual.

Resultados e discussão

Foram entrevistados ao total de 73 proprietários/operadores. Após o processamento dos dados destaca-se que 85% destes apresentam idade acima de 41 anos, situação típica da pequena propriedade rural familiar da região avaliada. Contrapondo os resultados dos trabalhos realizados com operadores profissionais na colheita florestal citados por Sant'Anna e Malinovski (2002), avaliando operadores de motosserra profissionais, obtiveram idades médias de 32,3 anos. Em trabalho semelhante, realizado por Fiedler (2000), com operadores da colheita florestal no Norte da Bahia, constatou idade média de 29 anos. Destaca-se que os proprietários/operadores de motosserras apresentam idade superior aos operadores profissionais em pelo menos 15 anos.

Quanto à escolaridade, foi verificado que 62% dos produtores rurais possuem o ensino fundamental incompleto. Em estudo realizado por Leite (2002), 62% dos operadores profissionais de motosserra, de empresas prestadoras de serviços na colheita florestal, possuíam apenas o ensino fundamental incompleto, sendo 19,9% analfabetos, 11,6% possuíam o ensino fundamental completo e somente 6% o ensino médio completo ou nível acima deste. O autor evidenciou, em seu estudo, a baixa exigência de qualificação do trabalhador, o que compromete o desempenho, visto que, estes trabalhadores teriam dificuldades nos treinamentos para a compreensão das instruções e normas estabelecidas. O mesmo pode ser evidenciado no trabalho de Ottonelli (2017).

O ensino fundamental é o início do processo de aprendizagem da alfabetização e do letramento, existe a possibilidade do indivíduo aprender melhor

determinados conteúdos (CAMPOS, 2009). Mediante o exposto, ao verificar que a grande maioria dos produtores rurais possui o ensino fundamental incompleto possa estar relacionado com as dificuldades de interpretar manuais, artigos técnicos e outros materiais que os auxiliariam nas atividades com a motosserra.

Constatou-se que 56,16% do manuseio da motosserra é realizado pelo produtor rural e/ou familiares. Ainda, 30,14% das atividades operacionais são realizadas somente pelo produtor rural e apenas 1,37% são exclusivamente funcionários. Por outro lado, em 12,33% dos casos, foi relatado que as operações são realizadas por todos os operadores.

Em pergunta aberta, inquiriu-se em que atividade operacional o produtor rural utiliza a motosserra. Constatou-se que 91,8% dos entrevistados realiza o seccionamento de madeira em sua propriedade; 74,0% realiza o abate de árvores, 45,2% faz o desdobra de madeira e 15,1% empregam em outras atividades.

Quanto ao uso de EPI, foi constatado que apenas quatro agricultores operadores de motosserras, representando apenas 5,5% do total de entrevistados, informaram fazer o uso parcial destes. Os demais produtores rurais, que totalizam 94,5%, informaram não fazer uso de nenhum equipamento de proteção.

A utilização completa e adequada dos EPIs auxilia na segurança do operador ao realizar operações com esta máquina. Em estudo realizado por Sant'Anna e Malinovski (1999), apontam que se faz necessário analisar e aprimorar as condições de segurança, bem-estar e conforto do operador de motosserra, visto que, o corte de madeira com esta máquina é uma atividade de alto risco e de elevada exigência física.

Quando questionado sobre a realização de treinamento para manipular a motosserra (técnicas de corte, manutenção e afiação da corrente), somente três produtores rurais informaram tê-lo realizado. Stawicki e Sedlak (2016) afirmam que a utilização amadora de motosserras torna impossível monitorar como elas são



utilizadas, e, devido à falta de conhecimento técnico e consciência do risco ambiental, a operação torna-se uma prática perigosa.

Quanto à segurança, 26% dos produtores rurais informaram já ter sofrido algum acidente na operação com a motosserra, podendo estar relacionado ao não uso do EPI. Isso se deve ao fato dos mesmos afirmarem que os membros inferiores foram as partes do corpo com maior incidência de ferimentos. Também afirmaram que existe o desconforto físico ao trabalhar com a motosserra. Borges (2015), por meio de ferramentas de análise ergonômica do trabalho, avaliou operadores de motosserra, destacando a ocorrência de lombalgias e desconforto, em função do esforço físico acentuado e às constantes mudanças de posição corporal do operador.

Conclusões

A média de idade dos proprietários/operadores é de 52 anos, tendo predominado o sexo masculino, possuem baixo nível de escolaridade e apresentam dificuldades de interpretação de informações técnicas. Além disso, desconhecem os equipamentos de proteção individual necessários para a operação de motosserras. Foi identificado que os produtores necessitam adquirir os EPIs recomendados e serem orientados sobre a utilização e conservação destes.

Referências

BORGES, R. Z. **Análise ergonômica do trabalho como ferramenta para a gestão de riscos na colheita florestal**. 2015. 60 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Centro Universitário Franciscano – Santa Maria, RS.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12**: máquinas e equipamentos. Disponível

em: <<http://www.trabalho.gov.br/images//Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2017.

CAMPOS, M. M. Ensino fundamental e os desafios da Lei n. 11.274/2006: por uma prática educativa nos anos iniciais do ensino fundamental que respeite os direitos da criança à aprendizagem. In: SALTO para o Futuro. Brasília, DF: Ministério de Educação, 2009.

FIEDLER, N. C. Análise de fatores humanos e condições de trabalho em operações de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 24, n. 2, p. 135-142, 2000.

FIEDLER, N. C. **Análise de posturas e esforços expendidos em operações de colheita florestal no litoral norte do Estado da Bahia**. 1998. 103 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

KOERICH, A.; DEPOI, J. S.; BORGES, R. Z.; WERNER, V.; BRANDELERO, C. Proteção e segurança. **Campo e Negócios Florestas**, v. 34, p. 12-15, 2018.

LEITE, A. M. P. **Análise da terceirização na colheita florestal no Brasil**. 2002. 251 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

LOPES, E. S.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C. **Operação e manutenção de motosserras**: manual técnico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001.

OTTONELLI, J. **Caracterização do uso e estado de conservação de motosserras de ciclo Otto 2 tempos**. 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SANT'ANNA, C. M. Corte. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. p. 74-105.

SANT'ANNA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. Análise de fatores humanos e condições de trabalho de operadores de motosserras de Minas Gerais. **Cerne**, v. 8, n. 1, p. 115-121, 2002.

SANT'ANNA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. Avaliação nutricional de operadores de motosserra no corte de eucalipto em região montanhosa. **Scientia Forestalis**, n. 55, p. 71-77, 1999.

STAWICKI, T.; SEDLAK, P. Study of the impact of lubricant type on selected operational parameters of a chainsaw used in beech timber cutting. **Derewno**, v. 59, n. 196, 2016.



Análise operacional do processo de carregamento de madeira de eucaliptos em campo

Thomaz Aurelio Bastos¹

¹Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras, thomazz2@hotmail.com.

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo analisar o desempenho operacional de diferentes operadores de máquina de carregamento em campo, visando aumentar a produtividade, sem interferir no ritmo de trabalho dos operadores. Observou-se que no tempo total de trabalho, a máquina permaneceu 47% com motor ligado e 53% com motor desligado, sendo 36% considerado trabalho produtivo, 11% funcionamento desnecessário, 39% máquina aguardando caminhões e 14% outros. Com a identificação de pontos de melhorias que possibilitem o aumento da produtividade, foi criado um Manual Operacional direcionado ao tratamento das anomalias identificadas e à orientação direcionada aos líderes e operadores da equipe.

Palavras-chaves: Colheita florestal; Transporte florestal; Carregador florestal.

Introdução

Na década de 90, o Brasil começou a passar por algumas mudanças com a criação do plano real e abertura do mercado nacional com o mundo. As empresas cresceram juntamente com estas mudanças, e as empresas florestais receberam incentivos do governo e conseguiram maior oportunidade para importar máquinas e equipamentos florestais.

As empresas florestais possuem um elevado custo nas áreas operacionais da colheita e carregamento. Segundo Machado e Lopes (2000), as duas áreas operacionais citadas podem representar 50% dos custos totais da madeira posta na indústria. Assim, é bastante importante a redução deste custo e o aumento da produtividade.

As operações florestais estão em um nível tecnológico elevado, as empresas estão a cada dia mais atentas às novas máquinas florestais que surgem no mercado, pois esta evolução lhes proporciona aumento de produtividade e eficiência operacional.

O carregamento florestal se torna uma etapa bastante importante por ser a ponte entre a colheita e o transporte de madeira processada, ou seja, toda empresa de celulose depende intimamente do sucesso do carregamento.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar o desempenho operacional de diferentes operadores de máquina de carregamento em campo, visando aumentar a produtividade, sem interferir no ritmo de trabalho dos operadores.

Metodologia

Os estudos de tempos e movimentos foram realizados com o aplicativo Time and Motion® com o objetivo de analisar a operação do carregamento em campo e descobrir também como se comportavam os operadores nos momentos em que a máquina estava ligada (motor ligado) e desligada (motor desligado).

Os tempos analisados foram: deslocamento da grua entre pilhas, máquina ligada sem necessidade, aguardando caminhões com a máquina ligada, aguardando caminhões com a máquina desligada, arrumação da pilha pós carregamento, arrumação da pilha durante o carregamento, arrumação da carga, deslocamento da grua vazia, deslocamento da grua carregada, check-list, abastecimento.

Os tempos foram separados em 4 grupos: Trabalho Produtivo, Funcionamento Desnecessário, Tempo Ocioso da Máquina e Outros. Trabalho Produtivo se refere quando a máquina está em funcionamento realizando sua atividade. Funcionamento Desnecessário é o tempo que a máquina ficou funcionando sem necessidade. Tempo Ocioso da Máquina é o tempo que ficou desligada apenas aguardando caminhões para realizar o carregamento. Outros são alguns tempos que o operador utilizava para realizar check-list e/ou abastecer.

Os dados foram coletados numa empresa de celulose localizada no estado do Paraná. As máquinas avaliadas eram da marca Doosam, modelo DX225 adaptadas com garra Rotobec (Figura 1) com área de 0.8m² para atender ao trabalho do carregamento.



Foto: Thomaz Aurelio Bastos



Figura 1. Modelo Doosan DX225 adaptado com garra Rotobec avaliado durante o estudo.

- Produtividade

As produtividades dos operadores no carregamento são calculadas pela seguinte expressão:

$$Pr = \frac{\text{Toneladas}}{\text{Horas trabalhadas base horímetro}}$$

Para acontecer o aumento da produtividade é necessário que se analise a quantidade de toneladas de madeira transportadas e as horas trabalhadas base horímetro das máquinas, visto que possuem uma forte relação.

Resultados e discussão

- Máquina ligada

Os dados mostram que a máquina permanece 47% do tempo da jornada de trabalho dos operadores ligada. Dos 47% é possível detalhar o tempo, sendo 36% como trabalho produtivo e 11% funcionamento desnecessário.

Neste item é possível identificar o primeiro ponto de melhoria para o aumento da produtividade, ou seja, reduzindo o funcionamento desnecessário, consequentemente a produtividade é elevada (conforme fórmula apresentada anteriormente).

Visando a redução do funcionamento desnecessário, foi construído um Manual Operacional no qual foram identificados os motivos de ocorrência de funcionamento desnecessário. Estes motivos foram evidenciados em tópicos de forma simples e direta, visando sua fácil identificação para eliminada pelos próprios operadores.

- Máquina desligada

A média do tempo que os operadores ficaram com a máquina desligada em seu turno foi de 53%, sendo

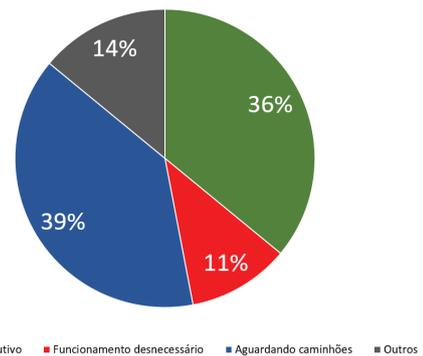


Figura 2. Funcionamento da Máquina de Carregamento em campo.

39% aguardando caminhões e 14% outros (Figura 2). Neste item, é possível identificar o segundo ponto de melhoria, onde o tempo que o operador fica aguardando caminhões deve ser reduzido, o que leva a consequentemente elevação de produtividade. Para redução do tempo de aguarda das máquinas por caminhões, foi utilizado também o Manual Operacional e um sistema de gerenciamento de fluxo logístico.

- Manual operacional

O Manual Operacional foi criado visando corrigir os pontos de melhorias, constituindo numa ferramenta para otimizar o tempo em campo de forma efetiva e aumentar a produtividade.

Os tópicos foram escritos de forma simples e fácil de ser compreendida pelos operadores, que são a nossa chave do sucesso. (Figuras 3 e 4)

Foto: Thomaz Aurelio Bastos

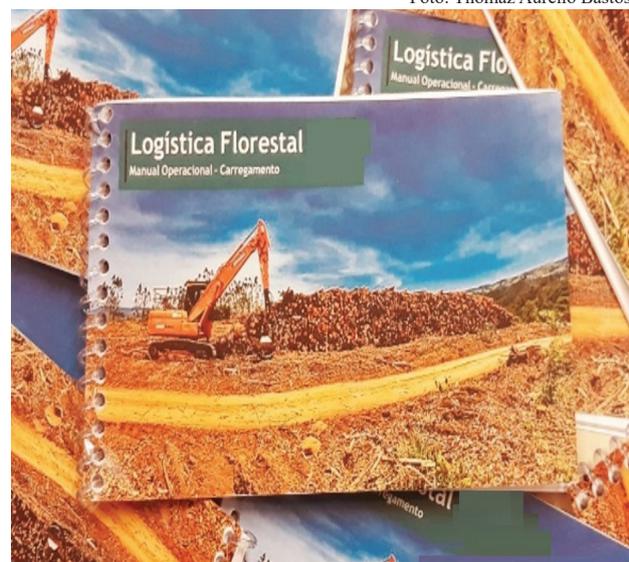


Figura 3. Manual Operacional construído por Thomaz Aurelio Bastos.



Foto Thomaz Aurelio Bastos

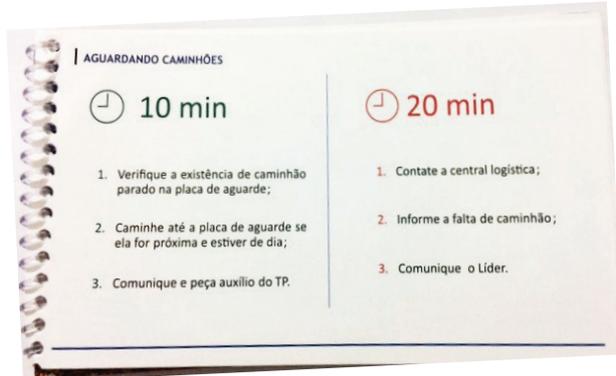


Figura 4. Detalhe do item “Aguardando Caminhões”.

Acrescentados itens como segurança na operação, qualidade e ambiência para auxiliá-los no dia a dia.

A produção deste manual foi idealizada e produzida pelo autor Thomaz Aurelio Bastos.

Conclusões

Conclui-se que o aumento da produtividade do carregamento florestal possui amplo campo para ampliação. Dentro dos itens analisados o funcionamento desnecessário das máquinas (11%) e o tempo que elas permanecem desligadas aguardando caminhões (39%) em relação a jornada de trabalho são fatores de bastante impacto na produtividade.

O Manual Operacional idealizado para aumentar a produtividade teve aceitação e entendimento pelos operadores muito rápido, logo na segunda semana já estavam realizando o que foi pedido.

Referências

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. *Cerne*, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.



Estudo comparativo de custos entre transporte de madeira com biminhão e rodotrem

Tupiara Mergen de Oliveira¹; Pedro Henrique Karantino Millikan²; João Vitor Rodrigues de Oliveira³; Samuel de Pádua Chaves e Carvalho⁴; Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho⁵

¹Estudante de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, tupiaramergen@gmail.com; ²Estudante de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, millikanp@gmail.com; ³Estudante de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, joaovitorflorestal@gmail.com; ⁴Professor da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, spccarvalho@ufmt.br; ⁵Professora da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, marianaperes@ufmt.br

Resumo: O transporte de madeira no Brasil é realizado principalmente através do modal rodoviário, o que encarece no custo de sua realização e, somado às atividades de colheita florestal, compõem a maior participação no custo final da madeira posta em fábrica. Visto isso, o trabalho teve por objetivo avaliar os custos de transporte entre biminhão e rodotrem. Para a realização dos cálculos de custo foram utilizadas variáveis pertencentes ao trajeto da fazenda para o pátio da fábrica, no qual, foi possível concluir uma redução de 19,7% no total quando usada madeira sem casca e de 10,9% quando utilizada madeira com casca do custo de viagem do rodotrem para o biminhão.

Introdução e objetivos

O Brasil atualmente é uma referência mundial no setor de árvores plantadas, estando entre os maiores produtores de celulose, papel e painéis do mundo, que atualmente conta com 7,84 milhões de hectares de área plantadas, sendo 5,7 milhões somente de eucalipto (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017).

Desta forma, o planejamento das atividades florestais em geral é imprescindível, como forma de fornecer subsídios técnicos para a realização de todos os processos, bem como para as tomadas de decisões de curto prazo de forma a atender metas ao longo prazo, visto que as atividades de colheita e transporte florestal, são as atividades de maior participação no custo final da madeira (MACHADO, 2002).

O transporte de madeira no Brasil é realizado predominantemente por meio do modal rodoviário, devido à extensa malha viária existente, oferta de diferentes tipos de veículos, seu menor preço inicial e possibilidade de escolha de rotas (MACHADO et. al., 2000). Assim, é de suma importância o conhecimento dos custos operacionais das máquinas nas atividades de colheita e transporte florestal, pois referem-se ao somatório de todos os custos resultantes da aquisição e operação (MACHADO, 2008).

Deste modo, este trabalho teve por objetivo avaliar os custos de transporte florestal entre o biminhão e o rodotrem e a diferença entre o transporte com madeira com e sem casca, para o percurso da fazenda para o pátio fábrica.

Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido mediante a um estudo de caso para uma empresa nacional de produção de celulose no Estado da Bahia, em que foram calculados os custos entre as combinações veiculares de carga (CVCs) biminhão e rodotrem para o transporte de *Eucalyptus* sp., em uma área plantada de 1.280,5 hectares e com 1.365.858 árvores a serem transportadas. Para os cálculos foram utilizados os volumes de eucalipto com casca de 521.074,8766 m³ e de 384.079,3062 m³ sem casca, para ser transportado da fazenda para o pátio fábrica com o percurso de 96 km em 15 dias.

O biminhão é um veículo conjugado, popularmente conhecido como “Romeu e Julieta”, sendo composto por um caminhão e um reboque. Este veículo não necessita de Autorização Especial de Trânsito (AET) para trafegar, com comprimento máximo de 19,80 m. O rodotrem é uma combinação composta por um veículo articulado e um reboque, este tipo de combinação necessita de AET devido ao comprimento e PBTC de 74 t. Assim, a capacidade utilizada para o biminhão é de 50 toneladas e para o rodotrem de 74 toneladas, conforme os cálculos de Peso Bruto Total Combinado (PBTC), ilustrados na Figura 1.

Para os cálculos de custo total foram utilizados o custo de frete e custo de 1 pedágio por trecho, conforme exposto na Tabela 1: O tempo necessário para cada viagem cheio e vazio utilizado no trabalho, segue na Tabela 2.



CVC's	Ilustração	PBTC
Biminhão		$6t + 17t + 10t + 10t = 43t$
		$6t + 17t + 10t + 17t = 50t$
Rodotrem		$6t + 17t + 17t + 10t + 10t = 60t$
		$6t + 17t + 17t + 17t + 17t = 74t$

Figura 1. Peso máximo de combinações veiculares de carga.

Fonte: Adaptado de Machado et al. (2000).

Tabela 1. Custos de frete e pedágios por viagem.

CVC	Frete (R\$/viagem)	Pedágio (R\$/viagem)
Biminhão	37,00	32,00
Rodotrem	41,00	41,00

Tabela 2. Ciclo do biminhão e do rodotrem (minutos).

CVC	Esp Ch	Car	V Ch	Esp Vz	Des	V Vz	Al/Hig	Nº ciclo	Tempo
Biminhão Tot	45	40	150	45	30	120	90	2	520
Biminhão 1/x	45	40	150	45	30	30	-	1/x	400
Rodotrem Tot	45	60	180	45	45	150	90	2	615
Rodotrem 1/x	45	60	105	-	-	-	-	1/x	210

Onde: Esp Ch: espera cheio; Car: carregamento; V Ch: viagem cheio; Esp Vz: espera vazio; Des: descarregamento; V Vz: viagem vazio; Al/Hig: Alimentação e higiene do motorista.

Resultados e discussão

Na Tabela 3 é apresentado o custo total do transporte entre o biminhão e o rodotrem, com ambos transportando o volume de madeira com e sem casca. O rendimento do transporte tanto para volume com e sem casca foi de 15% maior do rodotrem em relação ao biminhão, pelo fato do rodotrem ter a capacidade de transportar maior volume de madeira por viagem.

Nota-se a diferença da diminuição no número de viagens de volume de madeira com e sem casca de 1.771 viagens com o biminhão e 1.197 viagens com o rodotrem quando o transporte for realizado com a madeira sem casca o que influencia diretamente na quantidade de veículos a serem adquiridos e no custo total. Desta forma, ocorre também a importância de a madeira ser descascada quando utilizada na produção de celulose, pois a casca, consome maior quantidade

Tabela 3. Custo total de transporte.

Vol.	CVC	R (mst/viag)	Nº V	V dia	QM	CT	C/ ha
SC	Biminhão	73,47	7266	2,8	174,9	R\$ 501.355,72	R\$ 391,53
SC	Rodotrem	108,74	4909	2,3	139,8	R\$ 402.577,06	R\$ 314,39
CC	Biminhão	80,15	9037	2,8	217,6	R\$ 623.547,97	R\$ 486,96
CC	Rodotrem	118,62	6106	2,3	173,9	R\$ 500.694,61	R\$ 391,01

Onde: SC: volume sem casca; CC: volume com casca; R: rendimento; Nº V: número de viagens; V dia: número de viagens por dia; QM: quantidade de máquinas; CT: custo total; C/ha: custo por hectare.



de reagentes para o branqueamento, aumenta o teor de sujidades na polpa e torna mais difícil a lavagem e peneiração, porém, a casca pode ser utilizada para enriquecer o solo ou como combustível nas caldeiras para a geração de vapor (DIAS, 2013).

A diferença do custo entre os veículos mostrou que o rodotrem foi economicamente mais viável por realizar o transporte em mesma distância e tempo que o biminhão com menor quantidade de viagens, maior volume de madeira transportada por viagem, o que resultou em menor custo de transporte, com redução de 19, 7% no total quando usada madeira sem casca e de 10, 9% quando utilizada madeira com casca (Figura 2).

Conseqüentemente, o custo do transporte com a madeira descascada foi menor, pois aumenta o volume a ser transportado de madeira por viagem e ainda melhora as condições do solo formando uma camada de proteção quando o resíduo permanece espalhado no campo. Segundo Machado (2000) o comprimento da tora é outro fator que influencia nos custos do transporte, em estudo com o tritem observou a diminuição de custos em 11,1% com a mudança do comprimento de 5 para

6 metros. Para cálculos de custos com o bitrem Freitas et al. (2004), concluiu que os custos de combustível e de manutenção e consertos foram os mais expressivos, utilizando o método da FAO (América do Norte).

Entretanto, na escolha dos veículos que irão compor o modal de transporte outros fatores devem ser considerados além dos custos, como o impacto causado pela quantidade de carga a ser transportada na rodovia. A maioria dos veículos de cargas que trafegam nas rodovias brasileira, respeitando a legislação, adotam a carga útil com o valor do PBTC acrescido com 5%, ou seja, em sua maioria trafegam com excesso de peso devido à falta de fiscalização na malha rodoviária (MORAIS, 2012). Desta forma, ocorre a danificação das vias, as quais não são projetadas para suportar tamanha carga e sendo que as rampas e curvas se tornam perigosas para os motoristas, aumentando assim os riscos de acidentes, o que deve ser analisado até quando o menor custo compensa um maior impacto.

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), no ano de 2015, no Brasil cerca de 37.306 óbitos e 204.000 feridos hospitalizados devido à acidentes

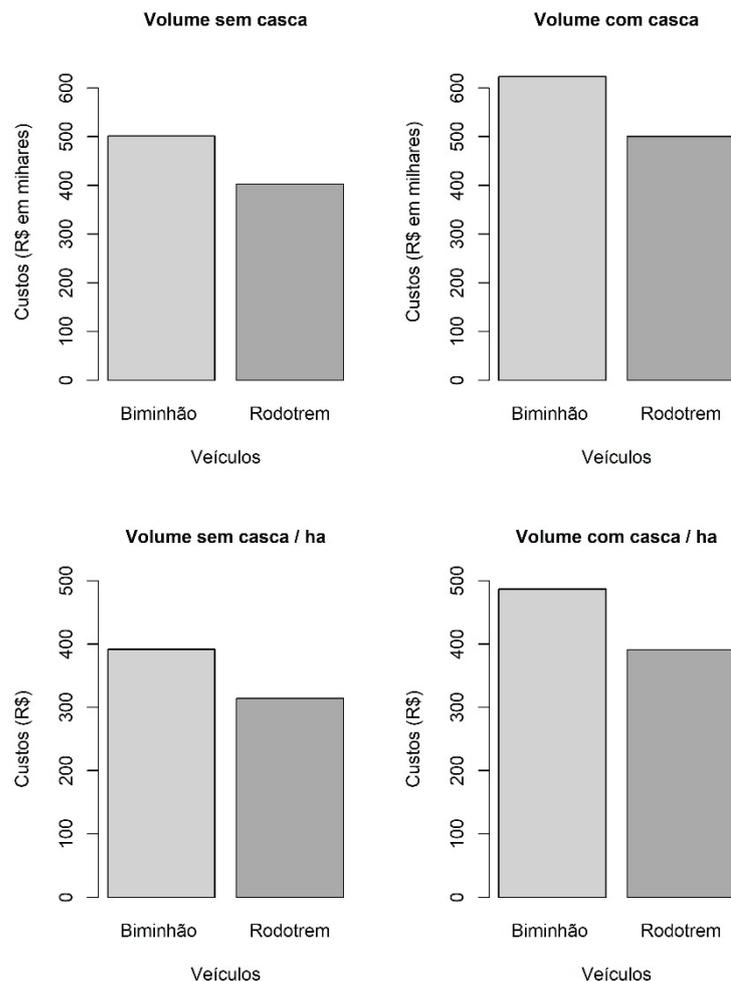


Figura 2. Custo de transporte entre biminhão e rodotrem para volume de madeira com e sem casca.



de trânsito, o que corresponde a 102 mortes por dia. Assim, em 2017 ocorreram 41.115 indenizações por mortes 284.190 por invalidez, como sendo resultado desses acidentes (POR VIAS SEGURAS, 2018).

É notável que os acidentes em estradas e rodovias são um grave problema mundial, sendo que, não são afetados apenas pelas condições das estradas e veículos, mas também pela importância do papel profissional desempenhado pelo condutor, sendo importante a verificação do perfil do condutor, as atividades desempenhadas e a infraestrutura utilizadas, pois estas afetam na qualidade de vida, grau de motivação, produtividade e rendimento do condutor, sendo que o ambiente de trabalho impacta sobre problemas de saúde de ordem física e/ou psicológicas, que pode potencializar a provocação de acidente e ainda influenciar na somatória dos custos finais do transporte (LIMA, 2014).

Conclusões

Conclui-se que o rodotrem possuiu menor custo que o biminhão, pois mostrou a capacidade de transportar maior volume de madeira por viagem. Além disso, o transporte com madeira descascada também reduziu os custos de transporte, fato que depende da utilização final da madeira. Porém, o rodotrem é uma combinação veicular de carga de maior porte, o que pode ter uma desvantagem em relação aos impactos sociais causados pelo tráfego em rodovias, principalmente em relação aos acidentes de trânsito.

Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. **Estatística do Ministério da**

saúde. Vias seguras, 2017.

DIAS, O. A.; SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 9, n. 17; p. 32-46, 2013.

POR VIAS SEGURAS. **Estatísticas do seguro obrigatório DPVAT**. 2018. Disponível em: <http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais/estatisticas_do_seguro_dpvat>. Acesso em: 25 jan. 18.

FREITAS, L. C.; MARRQUES, G. M.; SILVA, M. L.; MACHADO, R. R.; MACHADO, C. C. Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. **Revista Árvore**, v. 28, .6, p. 855-863, 2004.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. IBÁ 2017. Brasília, DF, 2017. Relatório anual 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 25 jan. 18.

MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2002. 468 p.

MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. 501 p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Cerne**, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.

MACHADO, C. C. LOPES, E. da S.; BIRRO, M. H. B. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2000. 167 p.

MORAIS, M. G. A. **Colheita e transporte de madeira: terceirização x verticalização das operações**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LIMA, M. P de. **Panorama do transporte rodoviário de madeira bruta e em toras na região do Arco de Desflorestamento na Amazônia**. 2014. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Índice de autores

A

Alejandro Olivera 9
Aline Mayara Chagas 15
André Ribeiro Silveira 21, 75
Ângelo Márcio Pinto Leite 21, 27, 51, 75

B

Barbara Costa Diniz Barros 21

C

Carlos César Cavassin Diniz 31, 37, 41, 65
Catize Brandelero 87
Cleriston Souza Silva 27

D

Diellen Lydia Rothbarth 31, 41

E

Edmilson Santos Cruz 15
Eduardo da Silva Lopes 31, 41
Eloise Prates Gortes 85
Evaldo Muñoz Braz 45

F

Fábio Cordeiro de Brito 65

Felipe Martins de Oliveira 65

G

Gabriel de Magalhães Miranda 31, 41
Guilherme Milani Santos 87
Gustavo Pereira Castro 85

H

Henrique Soares Koehler 31, 41
Hugo Ferney Martínez Patiño 51

I

Igor Alves Cordeiro 51

J

Jairo Poncio Silva 45
Jaqueline Ottonelli 87
Jean Carlos da Cruz 69
Jessika da Costa Vasconcelos 57, 69
João Carlos Garzel Leodoro da Silva 37
João Vitor Rodrigues de Oliveira 61, 79, 95
Juliano dos Santos Depoi 87
Justin Morgenroth 9

L

Leonardo Lemes Machado 51



Ludmila Neves Nogueira 75
Luiza Marina Esteves de Carvalho 27
Luiz Carlos de Freitas 75

M

Mariana Miranda Andrade 51
Mariana Peres de Lima Chaves e Carvalho 57, 61,
69, 79, 95
Miguel Pesch Tramontini 37, 65
Miquéias Cardoso de Sena Arantes da Silva 57, 69
Mislene Barbosa Rocha 75

P

Patricia Povia de Mattos 45
Pedro Henrique Karantino Millikan 61, 79, 95
Pedro Roberto Antonio Ticle de Melo e Souza 61

R

Rafaella De Angeli Curto 45

Reinaldo José Correia 85
Renato César Gonçalves Robert 37, 65
Renato Olivir Basso 45
Rien Visser 9
Roberto Antonio Ticle de Melo e Souza 57
Rodrigo Silveira de Farias 87
Romano Timofeiczuk Junior 37

S

Samuel de Pádua Chaves e Carvalho 79, 95
Sheila Espíndola de Matos 57, 69

T

Thelma Shirlen Soares 15
Thomaz Aurelio Bastos 91
Tupiara Mergen de Oliveira 61, 79, 95

W

Wellington Willian Rocha 21

Índice de palavras-chave

A

Acidentes de trabalho 51

C

Cabeçote processador 85
Carregador florestal 91
Cleriston Souza Silva 27
Colheita 31, 85
Colheita da madeira 41
Colheita de madeira 85
Colheita florestal 15, 27, 37, 91
Combinação 61
Compactação 21
Condutor 57
Consolidação 21
Custos 27

E

Eficiência operacional 15, 31
Ergonomia 51
Erosão hídrica 79
Eucalipto 27

F

Floresta plantada 31
Fustes 37

H

Harvester 65

L

Lesão em árvores 65

M

Malha viária 69
Manutenção de estradas 69
Manutenção preventiva 41
Mapas de estimativas de erosão 79
Mecanização 41
Mecanização florestal 15, 75
Motor dois tempos 87

O

Operadores de máquinas 75

P

Perfil social 75
Pinus taeda 37
Planejamento de estradas florestais 79
Precision forestry management 9



Precision silviculture 9
Produtores rurais 87

Q

Qualidade de vida 57
Qualidade em operações florestais 65

S

Saúde ocupacional 51
Segurança no trabalho 87
Separação ótima 45
Skidder 45
Solo florestal 21

T

Tectona grandis 69
Tempo 45
Transporte 61
Transporte florestal 57, 91

U

Uruguay 9

V

Veicular de carga 61

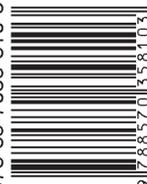
Embrapa

Florestas

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



978-85-7035-810-3



CGPE 14581