**PRODUTIVIDADE DO *GRAPPLE SKIDDER* EM FLORESTAS DE *EUCALYPTUS*: ABORDAGEM DA PROPAGAÇÃO DE INCERTEZAS**

**Giovani Caprioli Garcia1, Felipe Soares Cavalcante1, Thamires da Silva1, André Roberto Bassan1, Danilo Simões2**

1Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, São Paulo, 2Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Experimental de Itapeva, Itapeva, São Paulo. (giovani.caprioli@unesp.br).

**RESUMO:** O *grapple skidder* é comumente utilizado no sistema de árvores inteiras para o arraste dos feixes de árvores. Portanto, como premissa para o planejamento, adota-se o estudo de tempos, o qual pode apresentar incertezas devido a sensibilidade da leitura em relação aos tempos mensurados. Assim, o objetivo foi avaliar se a produtividade do arraste dos feixes de árvores realizada por um *grapple skidder* em floresta plantada de *Eucalyptus* possui incerteza de medição. Aplicou-se o estudo de tempos, pautado no método de cronometragem contínuo obtido diretamente pela leitura de um cronômetro digital sexagesimal. A propagação de incertezas foi estimada a partir das séries de observações do tempo do ciclo operacional e o volume de madeira arrastada. Os resultados corroboram que a produtividade do *grapple skidder* possuiincerteza padrão combinada.

**PALAVRAS-CHAVE:** colheita de madeira, estudo de tempos, medidas diretas

# INTRODUÇÃO

O avanço da mecanização na colheita de madeira em florestas plantadas no Brasil, agregou melhorias ao setor florestal, contribuindo para aumento da produtividade e redução dos custos de produção (ROBERT *et al.,* 2017; MERWE *et al.,* 2018). Dentre os sistemas de colheita de madeira, destaca-se o sistema de árvores inteiras (LABELLE; LEMMER, 2019). Segundo, Reichert *et al.* (2018), as árvores são derrubadas por meio do *feller buncher* e arrastadas até as margens dos talhões das estradas florestais com o auxílio do *grapple skidder*,para o processamento final da madeira pelo *grapple processor.*

Objetivando-se melhor desempenho das máquinas florestais autopropelidas utilizadas nesse sistema são necessários modelos que auxiliem no planejamento, nessa perspectiva, o estudo de tempos contribui para o aumento da eficiência, produtividade e diminuição dos custos (CASTRO *et al*., 2017; WANG *et al.,* 2020). Todavia, os dados estão sob condições de incertezas, devido ao conjunto de fatores envolvidos ou da insuficiência amostral (PEREIRA *et al.,* 2020).

Diante deste contexto, o objetivo foi avaliar se a produtividade do arraste dos feixes de árvores realizada por um *grapple skidder* em floresta plantada de *Eucalyptus* possui incerteza de medição.

# MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em floresta plantada de *Eucalyptus*, localizada no estado de São Paulo, com relevo plano e declividade de 0-3%. A atividade de arraste dos feixes de árvores foi realizada por um *grapple skidder* da marca *John Deere*, modelo 948L, equipado com um motor com potência bruta de 210 kW, com um sistema rodante de pneumáticos, garra com área útil de 2,07 m2, massa aproximada de 22.416 kg, com 10.382 horas de uso acumuladas. Foram consideradas quatro classes de arraste, a saber: 0-50m; 51-100m; 101-150m; e 151-200m.

Aplicou-se o estudo de tempos, pautado no método de cronometragem contínuo (TONIN *et al*., 2018). Portanto, os tempos dos elementos do ciclo operacional, foram obtidos diretamente pela leitura de um cronômetro digital sexagesimal. A produtividade do *grapple skidder* foi determinada por meio do volume de madeira arrastado (m3)e o tempo efetivo (h), conforme Bassoli *et al*. (2020). O volume médio individual (VMI) foi calculado conforme o modelo proposto por Schumacher e Hall (1933), sendo o diâmetro das árvores em pé, obtido por meio de uma suta com escala de medição em centímetros.

O procedimento adotado foi o registro direto das séries de observações conforme Baratto (2008). Portanto, foi considerado o somatório dos tempos dos elementos de máquina que compuseram o ciclo operacional do *grapple skidder* e o volume de madeira arrastada,permitindo expressar a propagação da incerteza do procedimento experimental (Equação 1).

|  |  |
| --- | --- |
| $$σ\_{f}=\sqrt{\left(\frac{∂f}{∂v}σ\_{v}\right)^{2}+\left(\frac{∂f}{∂t}σ\_{t}\right)^{2}}$$ | (1) |

em que:

$σ\_{f}$ é a incerteza em $f$;

$σ\_{v}$ é a incerteza no volume de madeira arrastada;

$σ\_{t}$ é a incerteza no tempo do ciclo operacional;

$\frac{∂f}{∂v}$ é a derivada parcial de $f$ em relação a $v$.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior produtividade do *grapple skidder* foi obtida na classe de arraste de 51-100m, consequentemente, a propagação de incerteza da combinação do tempo do ciclo operacional do *grapple skidder* e do volume de madeira arrastada também foi superior.

Segundo Andrade et al. (2017), durante a realização de um experimento há ocorrência de erros, sejam eles sistemáticos ou aleatórios, sendo então o objetivo da análise de incertezas estimar a propagação nos resultados experimentais. Portanto, a combinação das variâncias do tempo do ciclo operacional e do volume de madeira arrastada, gerou uma propagação de incertezas na produtividade do *grapple skidder* (Tabela 1).

Tabela 1.Produtividade e propagação de incertezas da produtividade do *grapple skidder* em diferentes classes de arraste

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Classes de arraste (m) | Produtividade (m3 h-1) | Propagação de incertezas (m3 h-1) |
| 0-50 | 192,76 | 26,42 |
| 51-100 | 199,02 | 32,78 |
| 101-150 | 157,19 | 27,67 |
| 151-200 | 132,03 | 23,48 |

# CONCLUSÕES

As séries de observações da atividade de arraste de feixes de árvores em floresta plantada com *Eucalyptus,* possui incerteza padrão combinada, propagando na produtividade do *grapple skidder.*

# AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de iniciação científica, referente ao processo nº 2020/12169-3.

# REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. C. *et al*. Propagação de incertezas: um experimento acadêmico simples. **Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa, v. 3, n.3, p. 358-368, 2017.

BARATTO, A. C. *et al*. **Avaliação de dados de medição**: guia para a expressão de incerteza de medição. INMETRO, 2008. 126 p.

BASSOLI, H. M. *et al.* Influência da largura da faixa de trabalho na operação de corte com *feller buncher.* **Advances Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 1067-1072, 2020.

CASTRO, M. B. *et al.* Efeito da largura do eito de derrubada pelo harvester na operação de colheita. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.14, n.25; p. 2017.

LABELLE, E. R.; LEMMER, K. J. Selected Environmental Impacts of Forest Harvesting Operations with Varying Degree of Mechanization. **Croatian Journal of Forest Engineering**, Zagreb, v. 40, n. 2, p. 239-257, 2019.

MERWE, J. P. *et al.* The impact of log surface damage caused by harvester Eucalyptus debarking on pulp value recovery. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, South Africa, v. 80, n. 2, p. 105-113, 2018.

PEREIRA, G. *et al.* Technical-economic analysis of the felling of Eucalyptus species with

feller-buncher: a stochastic approach. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 48, n. 126, p. e3229, 2020.

REICHERT, J. M. *et al.* Ground-based harvesting operations of Pinus taeda affects structure and pore functioning of clay and sandy clay soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 331, p. 38-49, 2018.

ROBERT, R. C. G. *et al.* Technical analysis of extraction operation performed by a forwarder with traction aid winch in an Eucalyptus spp. plantation. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 4, p. 290-297, 2017.

TONIN, R. P. *et al*. Avaliação do desgalhador florestal de discos em função do tempo de estocagem da madeira em campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1142-1150, 2018.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 47, p. 719-734, 1933.

WANG, Y. *et al.* Optimization of harvest and logistics for multiple lignocellulosic biomass feedstocks in the northeastern United States. **Energy**, Oxford, v. 197, p. 117-260, 2020.