

Qualidade na operação de corte florestal em povoamentos submetidos a dois modelos de desbaste mecanizado

Alana Nadolny¹, Leandro Christo Berude², Eduardo da Silva Lopes¹, Nilton Cesar Fiedler², Carla Krulikowski Rodrigues^{1*}

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR 153, Km 7, s/n, Riozinho, CEP 84500-000, Irati, PR, Brasil

²Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Lindemberg, 316, Centro, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil

*Autor correspondente:
carlkr@gmail.com

Termos para indexação:

Pinus taeda
Tora
Colheita mecanizada

Index terms:

Pinus taeda
Log
Mechanical harvesting

Histórico do artigo:

Recebido em 12/08/2018
Aceito em 22/02/2019
Publicado em 10/05/2019

doi: 10.4336/2019.pfb.39e201801689

Resumo - A evolução tecnológica das máquinas de colheita de madeira tem permitido a ampliação da área de desbaste seletivo nos povoamentos florestais, com ganhos de produtividade, porém com riscos de afetar a qualidade do trabalho. Neste contexto, objetivou-se avaliar a qualidade da operação de colheita florestal com *harvester* em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a dois modelos de desbaste: (1) corte sistemático da quinta linha e seletivo nas linhas adjacentes e (2) corte sistemático da sétima linha e seletivo nas adjacentes. A qualidade foi avaliada pela mensuração da altura das cepas e comprimento das toras nos sortimentos serraria, laminação e celulose. Os valores obtidos foram analisados por meio de histogramas e as médias comparadas com as dimensões pré-estabelecidas por meio do teste Wilcoxon ($\alpha \leq 0,05$). As alturas de 90% das cepas superaram o valor pré-estabelecido, com médias de 12,5 e 12,9 cm, acarretando em volume de madeira desperdiçado de 0,50 e 0,62 m³ ha⁻¹ nos modelos de desbaste 1 e 2, respectivamente. Os comprimentos das toras de serraria e laminação, nos dois modelos de desbaste, foram superiores ao esperado, enquanto os valores para toras para celulose mostraram-se inferiores estatisticamente em relação ao pré-estabelecido.

Quality in forest cutting operation in stands under two models of mechanized thinning

Abstract - Technological evolution of wood harvesting machines has allowed the expansion of selective thinning areas in forest stands, with gains in productivity, but with risks to affect the work quality. In this context, the aim of this study was to evaluate the quality of harvesting operation in *Pinus taeda* stands under two thinning models: (1) systematic cutting of the fifth line and selective in adjacent lines, and (2) systematic cutting of the seventh line and selective in adjacent lines. Quality was evaluated by measuring stump height and logs length in assortments saw log, veneer log, and pulpwood. The values were analyzed by means of histograms and the averages were compared by pre-established dimensions through Wilcoxon's test ($\alpha \leq 0.05$). It was verified that 90% of stump heights were above pre-established value, with means of 12.5 and 12.9 cm, resulting in wasted wood volume of 0.50 and 0.62 m³ ha⁻¹ in thinning models 1 and 2, respectively. Length of saw log and veneer log in both thinning models were higher than expected, while values for pulpwood showed significant lower values when compared to the pre-established.



Introdução

O setor florestal brasileiro é responsável pela produção de aproximadamente 91% da madeira que abastece o mercado consumidor nacional, sendo composto por aproximadamente 7,84 milhões de ha plantados com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Deste total, 20% são representados por plantios de *Pinus* localizados principalmente nos estados do Paraná e Santa Catarina (Indústria Brasileira de Árvores, 2017).

Os plantios de *Pinus*, na maioria das vezes, têm por finalidade produzir multiprodutos para diferentes segmentos da indústria de base florestal, tais como serraria, laminação, celulose e energia. Logo, para a obtenção de tais produtos torna-se necessária a aplicação de técnicas de desbaste, que consistem na remoção de indivíduos, de modo a redimensionar o espaçamento do plantio. Isto favorece o crescimento e o desenvolvimento das árvores remanescentes que possuem melhor padrão de qualidade, além de contribuir com a agregação de renda pelo aumento da produção futura de madeira (Schneider & Schneider, 2008).

Em geral, o desbaste mecanizado é realizado pelo sistema de colheita de toras curtas (*cut-to-length*), permitindo o acesso dos tratores florestais *harvester* e *forwarder* em espaços reduzidos no interior dos povoamentos (Mangoyana, 2011; Lopes et al., 2016). O *harvester* é responsável pela derrubada e pelo processamento da madeira, enquanto o *forwarder* efetua a extração das toras (baldeio) do interior para a margem do talhão (Malinowski et al., 2014). Nesta situação, adota-se o modelo de desbaste misto, com remoção sistemática de uma linha de plantio, e posterior retirada seletiva de indivíduos das linhas adjacentes.

Geralmente, os empreendimentos florestais brasileiros adotam o desbaste sistemático na quinta linha de plantio, devido ao alcance da grua das máquinas de corte (Lopes et al., 2016, 2018). Com a evolução tecnológica, os novos modelos de máquinas possuem braços hidráulicos de maior alcance, que torna possível a modificação da linha de plantio removida sistematicamente e a ampliação da área de desbaste seletivo. Entretanto, a modificação do modelo de desbaste é considerada um desafio operacional (Spinelli & Nati, 2009), pois poderá afetar a qualidade das operações florestais.

A altura das cepas e o comprimento das toras são parâmetros de qualidade afetados nas operações de colheita de madeira (Fiedler et al., 2013; Mederski et al.,

2018). A altura de cepas é essencial para evitar perdas econômicas em relação ao volume de madeira e danos aos rodados das máquinas. Por outro lado, o comprimento das toras é essencial quando são produzidos sortimentos com dimensões padronizadas pelo mercado consumidor, que podem recusar os produtos caso não apresentem as medidas pré-estabelecidas (Stroher et al., 2014; Bembenek et al., 2015; Oliveira et al., 2017; Mederski et al., 2018).

Desta forma, considerando a importância da definição de novos modelos de desbastes mecanizados e suas implicações nas operações de colheita de madeira, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da operação de corte de madeira em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a dois modelos de desbaste: (1) corte sistemático da quinta linha e seletivo nas linhas adjacentes e (2) corte sistemático da sétima linha e seletivo nas adjacentes.

Material e métodos

A pesquisa foi realizada em povoamentos homogêneos de *Pinus taeda* (25°51'37" S e 51°41'20" W), localizados no município de Pinhão, região Centro-Sul do estado do Paraná, em relevo plano a suave ondulado (0 a 8%). Os dados foram coletados em povoamentos com 10 anos de idade e submetidos ao primeiro desbaste comercial por baixo, em uma área de aproximadamente 8 ha sob espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos povoamentos de *Pinus taeda* no município de Pinhão, PR.

Table 1. Characteristics of *Pinus taeda* stands in Pinhão County, Parana State, Brazil.

Característica	Média ± desvio padrão
Idade (anos)	10
Diâmetro a 1,3 m do solo (cm)	20,37 ± 4,92
Altura média (m)	15,79 ± 1,14
Altura dominante (m)	17,61 ± 0,54
Volume médio individual (m ³)	0,254 ± 0,113

Nas operações de desbaste, foi utilizado o sistema de toras curtas, sendo composto por *harvester* e *forwarder*, onde a primeira máquina realizou a operação de corte (derrubada e processamento) das árvores no interior do talhão, enquanto a segunda efetuou o baldeio das

toras até a margem. O *harvester* foi composto por uma máquina base com potência no motor de 225 hp, peso operacional de 19,25 t, rodados de pneus com tração 6 x 6, equipado com semi-esteira e cabeçote processador com diâmetro máximo de corte de 750 mm.

O desbaste do povoamento foi realizado com a remoção de linhas de forma sistemática, permitindo o acesso das máquinas no interior do talhão. Nas demais linhas, o desbaste foi realizado de forma seletiva, com a remoção de árvores definidas pelos parâmetros de crescimento, bifurcação e tortuosidade, totalizando 51% dos indivíduos removidos em dois modelos de desbaste: (1) modelo convencional, consistindo na remoção total da quinta linha do plantio de forma sistemática e seletiva nas duas linhas adjacentes nos dois lados da trilha de extração; e (2) modelo alternativo, consistindo na remoção total da sétima linha do plantio de forma sistemática e seletiva nas três linhas adjacentes nos dois lados da trilha de extração.

Os padrões de qualidade na execução dos modelos de desbaste mecanizado foram avaliados por meio das variáveis altura das cepas (cm) e comprimento das toras (m) nas operações de derrubada e processamento da madeira. A altura da cepa compreendeu a extensão entre o nível do solo e a parte superior da cepa remanescente, cuja altura padrão pré-estabelecida foi de 10 cm. Assim, as alturas superiores a este valor indicaram desperdício de volume de madeira comercial, sendo calculado por área (ha) usando a Equação (1).

$$V = \left[\frac{(\pi \times D^2)}{40.000} \right] \times h \times F \quad (1)$$

Em que: V = volume desperdiçado de madeira por ha (m³); D = diâmetro médio das cepas (18,29 cm); π = 3,141592654; h = altura média da cepa superior a 10 cm (m); e F = 816 (fator de conversão para hectare = 1.600 × 0,51).

O comprimento das toras foi avaliado nos diferentes sortimentos de madeira processados ao longo do fuste das árvores (Tabela 2) nos dois modelos de desbaste mecanizado. Além disso, considerou-se a tolerância de 5 cm de comprimento das toras nos sortimentos obtidos, sendo que os valores superiores a estes indicaram toras fora dos padrões desejados.

Tabela 2. Sortimentos de toras nos povoamentos de *Pinus taeda* submetidos ao desbaste mecanizado.

Table 2. Assortment logs in *Pinus taeda* stands under mechanized thinning.

Sortimento	Destino	Comprimento (m)	Diâmetro mínimo (cm)	Diâmetro máximo (cm)
1	Serraria	2,60	18	35
2	Laminação	2,60	14	18
3	Celulose	3,70	8	14

A amostragem foi definida por meio de estudo piloto, onde a intensidade amostral de observações para as variáveis altura de cepas e comprimento de toras foi determinada de modo a atingir o limite de erro admissível de 5%, por meio da expressão (Equação 2), proposta por Conaw (1977).

$$n = \frac{t^2 \times CV^2}{LE^2} \quad (2)$$

Em que: n = intensidade amostral; t = valor de t, para o nível de 95% probabilidade; CV = coeficiente de variação, em porcentagem; e LE = limite de erro admissível, em porcentagem.

Os valores de altura das cepas e comprimento das toras foram apresentados e analisados por meio de histogramas. Posteriormente, as médias foram comparadas com os valores pré-estabelecidos por meio do teste não-paramétrico de Wilcoxon ($\alpha \leq 0,05$), sendo a homogeneidade das variâncias verificada pelo teste de Levene ($\alpha \leq 0,05$).

Resultados

Foram mensuradas 256 e 376 alturas de cepas, nos modelos de desbaste 1 e 2, respectivamente, sendo necessária a intensidade amostral de 156 (modelo 1) e 261 (modelo 2), para atender o limite de erro admissível de 5%. Adicionalmente, foram mensurados 56, 70 e 83 comprimentos de toras nos sortimentos serraria, laminação e celulose no modelo de desbaste 1, enquanto 93 (serraria), 110 (laminação) e 95 (celulose) toras foram mensuradas no modelo 2, atendendo ao mínimo estabelecido pelo estudo piloto.

Aproximadamente 90% das alturas de cepas apresentaram valores superiores ao pré-estabelecido de 10 cm, principalmente na classe de 10 a 15 cm de altura, além de valores maiores que 30 cm (Figura 1), principalmente no modelo de desbaste 2 (desbaste sistemático da sétima linha). Isso pode ser explicado pela maior dificuldade do operador da máquina em visualizar as árvores nas linhas mais extremas da faixa de corte durante o desbaste seletivo.

As médias das alturas de cepas foram de $12,5 \pm 4,0$ cm (modelo 1) a $12,9 \pm 5,3$ cm (modelo 2), com diferença significativa do valor esperado de 10 cm ao nível de 5% de probabilidade. Isto proporcionou volumes desperdiçados de madeira de $0,50$ e $0,62$ m³ ha⁻¹, com acréscimo de 24% de volume não aproveitado no modelo 2.

Na Figura 2 são apresentados os histogramas das distribuições de comprimento de toras por sortimentos de madeira. Para serraria, apenas 7 e 14% das toras, respectivamente nos modelos de desbaste 1 e 2, apresentaram o comprimento desejado de 2,60 m (Figura 2a). O mesmo comportamento foi verificado para o sortimento laminação, com 14 e 18% de toras em acordo com o valor pré-estabelecido, respectivamente nos modelos 1 e 2 (Figura 2b).

O sortimento destinado à celulose apresentou 71% (modelo 1) e 57% (modelo 2) das toras dentro do comprimento pré-estabelecido de 3,60 a 3,70 m. Destaca-se a presença de toras com comprimento superior a 3,70 m, o que pode afetar a operação de carregamento e prejudicar a otimização da caixa de carga dos veículos de transporte.

Observa-se que, em ambos os modelos de desbaste (Tabela 3), os comprimentos das toras nos sortimentos apresentaram diferença significativa em relação aos valores pré-estabelecidos. A maior variação nos comprimentos das toras ocorreu no sortimento destinado à celulose, explicado pela presença de bifurcações no fuste das árvores removidas no desbaste seletivo.

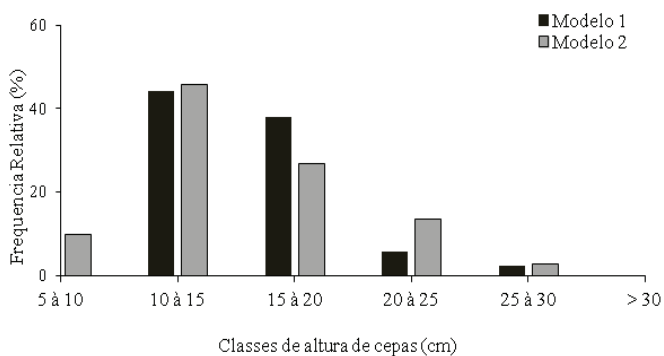


Figura 1. Classes de altura de cepas nos dois modelos de desbaste mecanizado avaliados em povoamentos de *Pinus taeda*.

Figure 1. Stump height classes in two mechanized thinning models evaluated in *Pinus taeda* stands.

Tabela 3. Comprimento de toras em dois modelos de desbaste mecanizado em povoamentos de *Pinus taeda*.

Table 3. Logs length in two mechanized thinning models in *Pinus taeda* stands.

Modelo de desbaste	Sortimento	Comprimento (m)		Desvio padrão (m)
		Esperado	Observado	
1	Serraria	2,60	2,65*	± 0,02
	Laminação	2,60	2,65*	± 0,04
	Celulose	3,70	3,62*	± 0,24
2	Serraria	2,60	2,65*	± 0,05
	Laminação	2,60	2,65*	± 0,08
	Celulose	3,70	3,49*	± 0,30

* Significativo ao nível de 5% pelo teste Wilcoxon (p-valor ≤ 0,05).

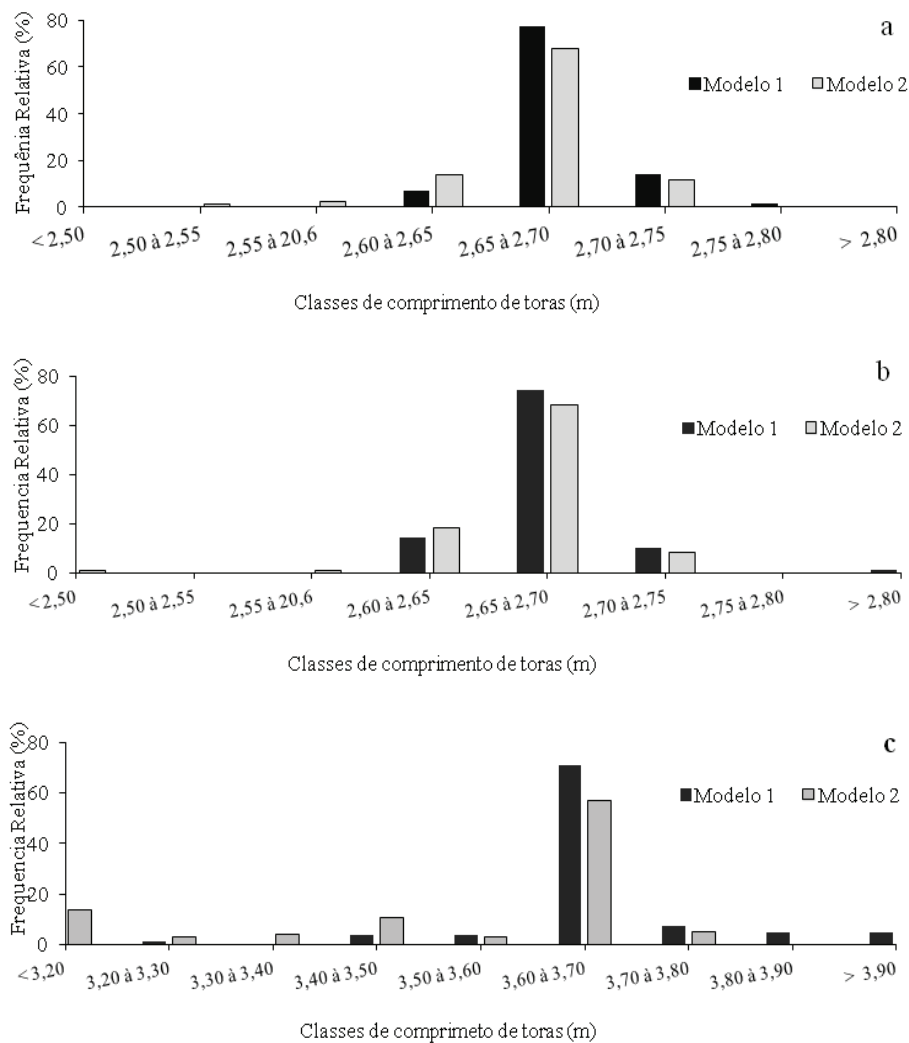


Figura 2. Classes de comprimento de toras para os sortimentos de serraria (a), laminação (b) e celulose (c) em dois modelos de desbaste mecanizado avaliados em povoamentos de *Pinus taeda*.

Figure 2. Length log classes for saw log (a), veneer log (b), and pulpwood (c) assortments in two mechanized thinning models in *Pinus taeda* stands.

Discussão

As alturas de cepas mensuradas após a operação de corte apresentaram valores superiores ao esperado (10 cm) nos dois modelos de desbaste, sendo maiores no modelo 2. Estes resultados mostraram que apenas 10% das cepas apresentaram conformidade com os padrões de qualidade desejável, os quais podem ser atribuídos à dificuldade em visualizar as árvores remanescentes no talhão durante as operações mecanizadas no desbaste.

Ao comparar os valores obtidos de altura de cepas com trabalhos que avaliaram operações mecanizadas de corte raso, verifica-se que a presença de cepas com alturas diferentes do padrão foi maior nas operações de desbaste. Oliveira et al. (2017), ao avaliarem a qualidade do corte com *harvester* em um plantio de *Pinus taeda* com 13 anos de idade, constataram que 27% das cepas estavam de acordo com o valor desejado, enquanto Jacovine et al. (2005), ao examinarem um *harvester* em um subsistema de colheita florestal, encontraram 34,4% das cepas dentro das especificações.

As alturas de cepas superiores ao valor aceitável podem acarretar em perda significativa de madeira comercial (Stroher et al., 2014; Oliveira et al., 2017). Entretanto, nota-se que estes valores foram inferiores aos obtidos por Pereira et al. (2012), que relataram desperdício de até $3,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ durante a colheita semimecanizada no corte raso de *Eucalyptus grandis* W. Hill, acarretando em perda de R\$ 263,39 por ha.

As alturas de cepas obtidas podem ser atribuídas às condições operacionais de desbaste mecanizado, devido às limitações de movimento das máquinas, quando comparada ao corte raso (Malinovski et al., 2006; Spinelli & Nati, 2009). Outra variável de influência é a dificuldade de visibilidade do operador durante a execução do corte das árvores, ocasionada principalmente pelo posicionamento da grua da máquina, pela declividade do terreno e pelas árvores remanescentes no talhão (Malinovski et al., 2006; Fiedler et al., 2013).

O modelo de desbaste 2, com remoção sistemática da sétima linha de plantio e seletiva nas adjacentes, acarretou em maior altura das cepas (Figura 1), podendo ser atribuído à dificuldade na execução do desbaste seletivo. Este modelo executa a remoção de alguns indivíduos de uma terceira linha, com maior distância da máquina e maior restrição de espaço para execução das atividades mecanizadas, principalmente em povoamentos com alinhamento de plantio irregular.

Verificou-se que os sortimentos de serraria e laminação apresentaram toras com comprimentos predominantemente superiores ao pré-especificado em ambos os modelos de desbaste, apresentando diferença estatisticamente significativa (Tabela 3). Para Bembenek et al. (2015) e Mederski et al. (2018), a presença de toras com dimensões acima do especificado deve-se à perda de contato das facas e dos rolos do cabeçote da máquina com o fuste, dificultando a correta medição do comprimento das toras processadas.

Houve maior variação nos comprimentos das toras destinadas para celulose no modelo de desbaste 2, com valor médio inferior ao especificado. Este resultado pode ser explicado pelo nível de seleção das árvores colhidas neste modelo de desbaste, que normalmente eliminava maior porcentagem de árvores tortas, bifurcadas e de pequena dimensão. Nieuwenhuis & Dooley (2006) e Mederski et al. (2018), ao estudarem outras espécies florestais e equipamentos, também verificaram maiores diferenças nos comprimentos de toras para celulose,

devido à presença maior de galhos na posição do fuste onde são obtidos este sortimento.

Mederski et al. (2018) explicam que toras com comprimento inferior ao esperado ocorrem devido ao movimento inverso dos rolos de alimentação com as facas parcialmente abertas. Além disto, as toras obtidas no topo das árvores apresentam maiores erros e comprimentos menores que o pré-estabelecido. Isso se deve à necessidade da retração excessiva dos rolos de alimentação contra o fuste e pela dificuldade de desganhamento pela falta de contato com as facas, ocasionando diversas tentativas, com movimentos inversos dos rolos de alimentação.

De maneira geral, pode-se afirmar que existem variáveis que influenciam na confiabilidade dos dados obtidos pelo *harvester*. Os erros obtidos no comprimento das toras podem ser associados à ferramenta de medição do cabeçote, que ocorre pela contagem do número de giros realizados pelo rolo de medição durante o processamento da madeira (Nieuwenhuis & Dooley, 2006; Dietz & Urbanke, 2013).

Rosa & Oliveira (2014), ao avaliarem a qualidade do processamento de madeira em povoamento de *Pinus*, verificaram que os erros obtidos corresponderam aos problemas operacionais em função das características da madeira, como a presença de galhos grossos, bifurcações e tortuosidades, além da ausência de manutenção mecânica no equipamento (aferição do cabeçote) e falta de habilidade dos operadores (falta de treinamento).

Quando ocorrem perdas de madeira pela não conformidade no comprimento das toras de maior valor agregado, como para serraria e laminação, pode refletir em perdas econômicas significativas (Mederski et al., 2018; Serpe et al., 2018). A presença de toras com comprimento superior ao especificado pela unidade consumidora torna necessário o posterior destopamento na indústria, enquanto comprimentos inferiores acarretam descarte das toras para outro segmento industrial de menor valor agregado.

Além disso, a não conformidade no comprimento das toras pode afetar a otimização do compartimento de carga das máquinas de extração e dos veículos de transporte da madeira. Para isso, Nieuwenhuis & Dooley (2006) e Bembenek et al. (2015) recomendam a necessidade de mais pesquisas sobre a frequência de calibração do *harvester* e nas margens de tolerância dos erros de medição, dependendo das espécies colhidas, visando a mitigação dos erros nos comprimentos das toras.

Conclusões

A altura média das cepas, após o corte das árvores pelo *harvester*, não apresentaram conformidade com os padrões de qualidade pré-estabelecidos nos povoamentos submetidos aos modelos de desbaste mecanizado, podendo ocasionar perdas consideráveis de volume de madeira.

Os comprimentos das toras destinadas à serraria e à laminação atenderam aos padrões de qualidade nos modelos de desbaste com corte sistemático da quinta linha e seletivo nas linhas adjacentes (modelo 1) e com corte sistemático da sétima linha e seletivo nas adjacentes (modelo 2), ao passo que as toras destinadas para celulose não apresentaram conformidade, em decorrência da presença de tortuosidades no fuste e bifurcações nas árvores removidas pelo desbaste seletivo. Tais situações podem comprometer a produtividade das operações posteriores, como a extração da madeira e o transporte principal.

O modelo 1 proporcionou os melhores padrões de qualidade das operações de colheita de madeira para as variáveis altura das cepas e comprimento das toras, sendo este modelo indicado para o atendimento destes critérios técnicos pelos empreendimentos florestais.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à pesquisa do Espírito Santo (FAPES), que atuaram como instituições de apoio à pesquisa realizada no presente estudo.

Referências

- Bembek, M. et al. Length accuracy of logs from birch and aspen harvested in thinning operations. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, n. 6, p. 845-850, 2015. DOI: 10.3906/tar-1406-39.
- Conaw, P. L. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 264 p.
- Dietz, H.-U. & Urbanke, B. **Lastenheft Harvestermessung**: eine Projektarbeit des KWF. Groß-Umstadt: Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, 2013.
- Fiedler, N. C. et al. Análise da qualidade da colheita florestal de eucalipto em diferentes declividades. **Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 22, n. 1, p. 1-8, 2013.
- Indústria Brasileira de Árvores. **Anuário estatístico do IBÁ**: ano base 2016. São Paulo, 2017. 77 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- Jacovine, L. A. G. et al. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000300006.
- Lopes, E. S. et al. Damage to residual trees following commercial thinning by harvester and forwarder in a *Pinus taeda* stand in Southern Brazil. **Scientia Forestalis**. v. 46, n. 118, p. 167-175, 2018. DOI: 10.18671/scifor.v46n118.03.
- Lopes, E. S. et al. 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.
- Malinovski, J. R. et al. Sistemas. In: Machado, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 178-205.
- Malinovski, R. A. et al. 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. DOI: 10.5380/ufv.v3i2.6459
- Mangoyana, R. B. Bioenergy from forest thinning: carbon emissions, energy balances and cost analyses. **Renewable Energy**, v. 36, n. 9, p. 2368-2373, 2011. DOI: 10.1016/j.renene.2011.01.026.
- Mederski, P. S. et al. Investigation of log length accuracy and harvester efficiency in processing of oak trees. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 39, n. 2, p. 173-181, 2018.
- Nieuwenhuis, M. & Dooley, T. The effect of calibration on the accuracy of harvester measurements. **International Journal of Forest Engineering**, v. 17, n. 2, p. 25-33, 2006.
- Oliveira, G. S. et al. Análise técnica, econômica e da qualidade em primeiro desbaste mecanizado. **Espacios**, v. 38, n. 26, p. 1-5, 2017.
- Pereira, D. P. et al. Avaliação da qualidade do corte florestal com motosserra. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 197-203, 2012. DOI: 10.1590/S0104-77602012000200003.
- Rosa, M. O. & Oliveira, F. M. Análise da qualidade do processamento de madeira em dos sistemas mecanizados de colheita florestal. **Revista da União Latino-americana de Tecnologia**, n. 2, p. 19-37, 2014.
- Schneider, R. & Schneider, P. **Introdução ao manejo florestal**. 2 ed. Santa Maria, RS: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.
- Serpe, E. L. et al. Coeficientes *downgrade* para sortimentos de toras de pinus. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 116-121, 2018. DOI: 10.5380/biofix.v3i1.58056.
- Spinelli, R. & Nati, C. A Low-investment fully mechanised operation for pure selection thinning of pine plantations. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 2, n. 30, p. 89-97, 2009.
- Stroher, R. R. et al. Avaliação da perda de madeira em dois sistemas de colheita florestal mecanizada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 238-249, 2014.