



Declividade do terreno e distância de extração na produtividade do *forwarder* com guincho de tração auxiliar

Eduardo da Silva LOPES^{1*}, Leandro TONHATO², Carla Krulikowski RODRIGUES³, Edson Luis SERPE⁴

¹ Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil.

² Iniciação Científica, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil.

³ Doutorado em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil.

⁴ Doutorando em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil

* E-mail: eslopes@pq.cnpq.br

Recebido em fevereiro/2016; Aceito em agosto/2016.

RESUMO: Objetivou-se nesta pesquisa avaliar a produtividade de um *forwarder* equipado com guincho de tração auxiliar (GTA) na operação de primeiro desbaste, em duas classes de declividade do terreno e distância de extração. O estudo foi conduzido em uma empresa florestal localizada no estado do Paraná, em povoamento de *Pinus taeda*, em regime de primeiro desbaste aos 12 anos de idade. Avaliou-se a operação de extração da madeira nas classes de declividade de 10° a 20° e 21° a 30° e nas distâncias de extração de 0 a 100 m e 101 a 200 m. Foi realizado um estudo de tempos e movimentos da extração, avaliando as atividades parciais do ciclo operacional e as interrupções operacionais, bem como determinada a disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade da máquina. Os resultados mostraram que as atividades de carregamento e descarregamento consumiram 36 e 18% do tempo total do ciclo operacional, seguidos pelo engate e desengate do guincho com 12 e 8%, respectivamente. O *forwarder* apresentou uma eficiência operacional média de 94,4 e 66,3% e produtividade efetiva média de 13,6 e 9,4 m³ he⁻¹ nas classes de declividades de 10° a 20° e 21° a 30°, respectivamente, com valores semelhantes nas diferentes distâncias de extração.

Palavras-chave: colheita de madeira, variáveis operacionais, desbaste, planejamento.

Slope terrain and extraction distance in productivity of forwarder with traction auxiliary winch

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the productivity of a forwarder equipped with auxiliary traction winch (GTA) in first thinning operation in two of slope terrain and extraction distance. The study was conducted in a forestry company located in the state of Paraná, in stand in *Pinus taeda* in the first thinning regime to 12 years old. It evaluated the timber extraction operation in slope classes of 10 to 20 and 21 to 30 and extraction distances 0 to 100 m and 101 to 200 m. The study of times and movements of the extraction operation was carried out by evaluating the partial activities of the operating cycle and operational interruptions, as well as certain mechanical availability, operational efficiency and machine productivity. The results showed that the loading and unloading activities consumed 36 and 18% of the total operational cycle time, followed by hookup and unhook of the winch 12 and 8%, respectively. The forwarder had an average operating efficiency of 94.4 and 66.3% and average effective yield of 13.6 and 9.4 m³ he⁻¹ in slope classes of 10 to 20 and 21 to 30 respectively with similar values at different distances extraction.

Keywords: timber harvesting, operational variables, thinning, planning.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as áreas de florestas plantadas em 2014, atingiram em torno de 7,74 milhões de hectares, correspondendo a 91% de toda a madeira produzida para fins comerciais. Além disso, a expansão do setor florestal está associada às condições edafoclimáticas favoráveis, à disponibilidade de terras e a tecnologia empregada pelas empresas nacionais (IBÁ, 2015). Entretanto, para a manutenção destas condições favoráveis, torna-se importante a realização de estudos para

a regularização da produção e a otimização dos recursos disponíveis.

A colheita de madeira é composta pelas etapas de corte e extração, apresentando grande importância econômica no processo produtivo, pois representa acima de 50% do custo final da madeira (MACHADO, 2014). E dentro do processo de colheita da madeira, a extração é a etapa de maior complexidade, consistindo da remoção da madeira do interior até a margem do talhão ou pátio intermediário (SEIXAS e CASTRO, 2014). É influenciada por diversas variáveis operacionais, que interferem

diretamente na produtividade e nos custos de produção, tais como: experiência do operador, volume da madeira, espaçamento, declividade do terreno, distância de extração, comprimento da madeira, tipos de sortimentos, capacidade de carga da máquina, regime de manejo, etc. (LOPES et al., 2016; CARMO et al., 2015; SILVA e FENNER, 2009; OLIVEIRA et al., 2009).

Além disso, a extração da madeira é considerada, segundo Birro et al. (2002), um dos pontos críticos do processo produtivo florestal, pois o custo da unidade de madeira pode atingir até 25 vezes acima em relação ao transporte principal.

E quando a extração da madeira é realizada em povoamentos submetidos ao regime desbaste e em terrenos declivosos, a atividade se torna ainda mais complexa, exigindo um alto nível de planejamento das operações e o uso de máquinas e equipamentos específicos para estas condições, de forma a reduzir os custos de produção e os potenciais impactos que as operações podem ocasionar ao meio ambiente.

Spinelli e Nati (2009) relatam sobre a grande dificuldade em mecanizar as operações de colheita da madeira em povoamentos submetidos ao regime de desbaste, pelo fato das árvores remanescentes limitarem a mobilidade das máquinas no interior do povoamento. Já Robert (2013) diz da possibilidade da extração da madeira em áreas declivosas ser realizada com uso de tratores agrícolas com guincho arrastador, sistemas de cabos aéreos, *forwarder* com semiesteiras adaptadas e *skidders*.

Por outro lado, o *forwarder* com guincho de tração auxiliar (GTA) é uma alternativa recentemente introduzida no país, tratando-se da mesma máquina utilizada em áreas planas, porém, adaptada com guincho de tração para uso principalmente em áreas com declividade acima de 27°. A máquina possui um guincho de tração auxiliar que é ancorado em árvores suporte e que permite a redistribuição da potência entre os rodados da máquina, favorecendo, assim, superar os obstáculos sobre o terreno e a trafegabilidade em áreas declivosas, com aumento de sua capacidade de tracionamento.

Portanto, em função dos elevados custos e complexidade das operações de colheita da madeira em povoamentos submetidos ao desbaste e a escassez de trabalhos, objetivou-se avaliar o efeito da declividade do terreno e distância de extração na produtividade de um *forwarder* equipado com guincho de tração auxiliar, gerando informações para o planejamento operacional, redução de custos e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Este trabalho foi conduzido nas áreas operacionais de colheita da madeira de uma empresa florestal localizada no município de Pinhão, estado do Paraná, nas coordenadas geográficas 25° 53' 55,8" S e 51° 37' 17,2" W, com altitude média de 1.041 m.

O clima da região de estudo, segundo o sistema de classificação climática de Köppen, é classificado como Cfb, com clima temperado e temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C, sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

Os dados foram coletados em um povoamento de *Pinus taeda* submetido ao regime de primeiro desbaste aos 12 anos de

idade, espaçamento de 3 x 2,5 m, área basal de 52,4 m² ha⁻¹, DAP médio de 22,7 cm, altura média das árvores de 20,2 m e volume médio por árvore de 0,38 m³, com uma taxa de mortalidade 6,4%, correspondendo então a 1.247 árvores/ha.

2.2. Sistema de colheita da madeira

O sistema de colheita da madeira adotado pela empresa era de toras curtas (*cut to length*), sendo a derrubada das árvores e o processamento da madeira realizada no interior do povoamento por um *harvester*, enquanto a extração da madeira do interior para a margem do talhão era realizado por um *forwarder*, onde as toras possuíam comprimentos de 2,40 e 2,60 m.

O *forwarder* estudado possuía uma potência do motor de 215 HP, rodados de pneus com tração 8x8, capacidade de carga de 15 toneladas, garra com alcance de 7,8 m e peso operacional de 18.900 kg, equipado com Guincho de Tração Auxiliar (GTA) com cabo no comprimento de 420 m e diâmetro de 14 mm (Figura 1).



Figura 1. *Forwarder* avaliado na extração de madeira (a); utilização do guincho de tração auxiliar (b).

Figure 1. *Forwarder* evaluated in the wood extraction (a); use of the auxiliary drive winch (b).

2.3. Procedimento de amostragem

Inicialmente realizou-se um estudo de tempos e movimentos piloto para a determinação do número mínimo de ciclos operacionais da operação de extração, por meio da metodologia proposta por Barnes (1977), de modo a proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, conforme a Eq. 1:

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

em que: n = número mínimo de ciclos operacionais necessários; t = valor de t da tabela de distribuição de *Student*, para o nível de probabilidade desejado e (n-1) graus de liberdade; CV = coeficiente de variação, em porcentagem e; E = erro admissível, em porcentagem.

2.4. Análise operacional

A análise operacional do *forwarder* equipado com guincho de tração auxiliar (GTA) na execução da extração da madeira foi realizada com base em um estudo de tempos e movimentos. O ciclo operacional da máquina foi subdividido nas seguintes atividades parciais: engate do guincho (EG), viagem vazio (VV), carregamento (CR), viagem carregado (VC), desengate do guincho (DG) e descarregamento (DR). Além disso, foram considerados os tempos das interrupções operacionais (IO) e não operacionais (IN) e suas respectivas causas (Tabela 1).

Para realização do estudo de tempos e movimentos foi utilizado o método de cronometragem de tempos contínuos, com uso de um cronômetro digital centesimal e formulários específicos para registro dos dados.

Tabela 1. Descrição das atividades parciais do ciclo operacional de extração do *forwarder* com GTA.
Table 1. Description of the partial activities of the extraction operational cycle of the *forwarder* with GTA.

Atividades parciais	Descrição
Engate do Guincho (EG)	Tempo referente à instalação do guincho na árvore ou toco de ancoragem, finalizando com a movimentação da máquina para início da viagem vazio.
Viagem Vazio (VV)	Tempo referente à movimentação da máquina para realização da viagem vazio da margem ao interior do talhão, finalizando com a parada da máquina próxima à primeira pilha de toras a ser carregada.
Carregamento (CR)	Tempo referente à movimentação da grua para realização do carregamento das pilhas de toras dispostas sobre o terreno, finalizando com o completo carregamento e posicionamento da grua sobre a caixa de carga da máquina.
Viagem Carregado (VC)	Tempo referente à movimentação da máquina para realização da viagem carregado do interior até a margem do talhão, finalizando com o seu estacionamento e início do desengate do guincho de ancoragem.
Desengate do Guincho (DG)	Tempo referente ao desengate do guincho de ancoragem, por meio da ação de retirada e recolhimento, finalizando como o início da movimentação da grua para realização do descarregamento.
Descarregamento (DR)	Tempo referente movimentação da grua para realização do descarregamento da madeira, finalizando com o completo esvaziamento e início do engate em outra árvore de ancoragem.
Interrupções Operacionais (IO)	Tempo referente às paradas diversas ocorridas no trabalho, como manutenção corretiva, manutenção preventiva, abastecimento, deslocamentos, chuva, encalhamento, etc.
Interrupções Não Operacionais (IN)	Tempo referente às paradas pessoais dos operadores, como alimentação, hidratação, necessidades pessoais etc.

Foi avaliada a operação de extração da madeira nas classes de declividade do terreno de 10° a 20° e 21° a 30°, conforme amplitude proposta por Paula et al. (2014) e Fernandes et al. (2013) e nas distâncias de extração de 0 a 100 m e 101 a 200 m. Para determinação das declividades do terreno foi utilizado um clinômetro digital da marca Haglöf, enquanto para as medições das distâncias de extração foi utilizada uma trena a laser, com alcance máximo de 200 m, em cada faixa de trabalho.

2.5. Disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade

A disponibilidade mecânica é a percentagem do tempo de trabalho programado em que a máquina esteve mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo, desconsiderando-se os tempos em manutenção preventiva e/ou corretiva, determinada pela Eq. 2.

$$DM = \frac{TP - TM}{TP} \times 100 \quad (2)$$

em que: DM = grau de disponibilidade mecânica (%); TP = tempo programado para o trabalho (horas) e; TM = tempo de permanência em manutenção (horas).

A eficiência operacional é a percentagem do tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo total programado, sendo determinada pela Eq. 3.

$$EO = \frac{he}{(he + hp)} \times 100 \quad (3)$$

em que: EO = eficiência operacional (%); he = tempo efetivo de trabalho (horas); e hp = tempo de interrupções operacionais e não operacionais (horas).

A produtividade do *forwarder* equipado com o guincho GTA foi determinada, em metros cúbicos com casca por hora efetiva de trabalho pela Eq. 4.

$$Pr = \frac{N \times V}{he} \quad (4)$$

em que: Pr = Produtividade (m³cc he⁻¹); N = número total de toras extraídas; V = volume médio individual das toras com casca (m³cc); e he = tempo efetivo de trabalho (h).

2.6. Análise estatística

Para comparar a produtividade da máquina nas duas classes de declividade do terreno e distâncias de extração, considerou-se um delineamento inteiramente casualizado, com número de repetições diferentes, sendo então aplicado o teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade para comparação das médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo contemplou 60 horas de operação de extração da madeira realizada pelo *forwarder*, perfazendo um total de 71 ciclos operacionais e atendendo à exigência mínima de 70 ciclos estabelecida no estudo de tempos e movimentos piloto. Como pode ser visto na Figura 2, as atividades parciais de carregamento e descarregamento da madeira consumiram 36% e 18% do tempo total ciclo operacional, seguido pelo engate e desengate do guincho de tração, com 12% e 8% do tempo total, respectivamente.

Apesar dos elevados tempos de carregamento e descarregamento da madeira com o *forwarder* equipado com o GTA, os valores obtidos nesta pesquisa ficaram abaixo daqueles encontrados por diversos autores, principalmente na extração da madeira em povoamentos submetidos ao corte raso. Nestas condições, a máquina consome em torno de 75 a 80% do tempo total do ciclo operacional realizando o carregamento

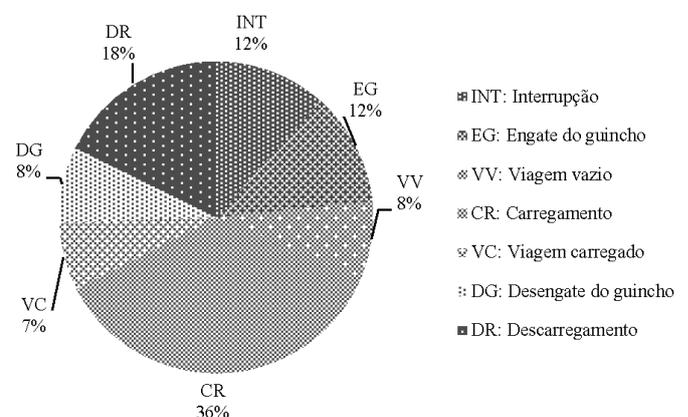


Figura 2. Distribuição percentual do ciclo operacional do *forwarder* com GTA.

Figure 2. Percentage distribution of the operational cycle of the *forwarder* with GTA.

e descarregamento (OLIVEIRA et al., 2009; MINETTE et al., 2004). Tal redução no tempo deveu-se aos tempos adicionais relacionados ao engate e desengate do guincho de tração nas árvores de ancoragem, que conseqüentemente, acarretou a redução da capacidade produtiva da máquina.

Além disso, deve-se ressaltar a necessidade de maior precaução do operador na etapa de carregamento, a fim de evitar possíveis danos nas árvores remanescentes, situação comum em povoamentos submetidos ao desbaste, acarretando, conseqüentemente, no aumento do tempo de execução do ciclo operacional. Para Malinovski et al. (2006) as operações de desbaste influenciam significativamente na produtividade das máquinas, pois as árvores dificultam a agilidade do operador, deixando o processo de carregamento lento, e conseqüentemente, acarretando na redução da produtividade.

Os baixos tempos de viagem carregado (7%) e vazio (8%) é uma característica da operação com o *forwarder*, podendo ser afetado pela declividade e obstáculos dispostos sobre o terreno, além do fato da máquina passar a maior parte do ciclo operacional de forma passiva, ou seja, realizando o carregamento e descarregamento da madeira (LEITE et al., 2014; SEIXAS e CASTRO, 2014).

Além disso, tais tempos de viagem podem ser explicados pelo fato da operação ter sido realizada no sentido do interior para a margem do talhão, situação comum quando do uso do guincho de tração e contrária à extração tradicional. Nesta situação, ao completar a carga, o *forwarder* encontrava-se muitas vezes próximo à margem da estrada, realizando então o deslocamento em curtas distâncias para finalização do ciclo operacional.

As interrupções operacionais foram as principais causas das paradas da máquina, consumindo 21% do tempo total, conforme apresentadas na Figura 3. Os deslocamentos da máquina contribuíram com 29% das interrupções operacionais, ocasionado pela necessidade de realização do abastecimento, trocas de turnos e das refeições. Outra causa que contribuiu para o elevado tempo das interrupções foram as manutenções preventiva e corretiva, que consumiram 11 e 9% do tempo total, respectivamente, cujas causas foram os vazamentos no motor, rompimento de mangueiras hidráulicas e reapertos de parafusos.

As paradas com esperas (18%) referiram-se ao tempo perdido pelo *forwarder* aguardando a finalização do trabalho

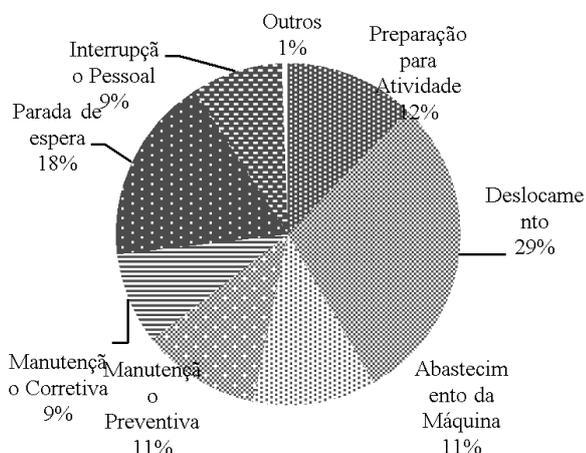


Figura 3. Distribuição percentual das interrupções do *forwarder* com GTA.

Figure 3. Percentage distribution of interruptions of the *forwarder* with GTA.

de outras máquinas no local de descarregamento da madeira na margem da estrada. Tal fato geralmente ocorria quando o carregador florestal encontrava-se próximo das pilhas de madeira para realização do carregamento dos veículos de transporte. Portanto, foi possível constatar a necessidade de melhorias no planejamento operacional, por meio do estabelecimento de melhor distribuição das máquinas nas frentes de trabalho e maior distância entre as máquinas em operação, podendo ser obtidos ganhos na eficiência operacional.

A preparação para o início das atividades consumiu 12% do tempo de interrupções, ocasionado pela necessidade de preenchimento do *check list*, do formulário de controle de produção e realização de inspeção geral da máquina, seguido do abastecimento (11%) e interrupção pessoal (9%).

Na Tabela 2 é mostrado que a disponibilidade mecânica foi de 99,5% na declividade de 10 a 20° e de 89,3% na declividade de 21 a 30°, considerada semelhante ao encontrado por Linhares et al. (2012) e Oliveira et al. (2009) com 89,0%. Já eficiência operacional média do *forwarder* diminuiu com o aumento da declividade, sendo de 94,4% na declividade de 10 a 20° e 66,3% na declividade de 21 a 30°. Entretanto, é importante ressaltar que tais diferenças encontradas não podem ser atribuídas exclusivamente às variáveis declividade do terreno e distâncias de extração, sendo interrupções casuais que ocorreram durante o período do estudo.

De modo geral, o *forwarder* com GTA apresentou uma baixa produtividade, sendo o resultado esperado por tratar-se de uma operação realizada em povoamentos submetidos ao desbaste, que dificultou a mobilidade da máquina no interior do povoamento (Spinelli e Nati, 2009), bem como pela maior declividade do terreno (LEITE et al., 2014). Além destas variáveis, deve-se enfatizar os tempos adicionais necessários para o engate e desengate do cabo de tração nas árvores de ancoragem e os deslocamentos constantes realizados pela máquina no interior do povoamento, etc.

Por outro lado, é importante ressaltar que o *forwarder* com GTA poderá permitir a introdução da mecanização da extração em terrenos declivosos, situação muitas vezes impossível com o equipamento tradicional. Neste aspecto, Castilho et al. (2014) estudando o desempenho operacional de um *forwarder* com GTA na extração da madeira em regime de corte raso no estado de Minas Gerais, concluiu que o equipamento permitiu um aumento de 60% para 95% na área mecanizada da empresa.

A produtividade média do *forwarder* na declividade de 10 a 20° foi de 13,6 m³ he⁻¹, enquanto de 21 a 30° foi de 9,4 m³ he⁻¹ (Figura 4), com redução média de 30,9% podendo ser atribuída ao efeito declividade. Nota-se, portanto, que a maior produtividade da máquina foi obtida nas menores classes de declividade do terreno e distância de extração, mostrando assim, a influência destas variáveis na produtividade da máquina na extração da madeira, cujo resultado está de acordo com vários

Tabela 2. Disponibilidade mecânica e eficiência operacional do *forwarder* com GTA nas duas declividades estudadas.

Table 2. Mechanical availability and operational efficiency of the *forwarder* with GTA in the two slopes classes studied.

Declividade (graus)	Disponibilidade mecânica (%)	Eficiência operacional (%)
10 a 20	99,5	94,4
21 a 30	89,3	66,3

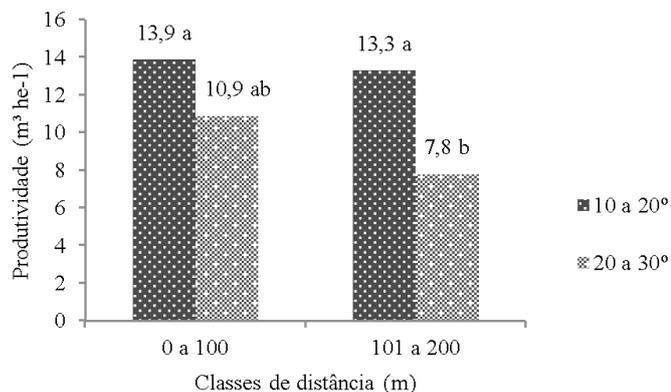


Figura 4. Produtividade por hora efetiva do *forwarder* com GTA nas diferentes classes de declividade e distâncias de extração. Médias seguidas de mesmas letras não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Figure 4. Effective hourly productivity of the *forwarder* with GTA in the different slopes classes and extraction distances. Means followed by the same letters do not differ statistically by the Tukey test at 95% probability.

autores (LEITE et al., 2014; SEIXAS e CASTRO, 2014; OLIVEIRA et al., 2009).

De modo geral, percebe-se o maior efeito da declividade do terreno na produtividade da máquina na maior distância de extração, devido os maiores tempos requeridos para realização das viagens vazio e carregado. Entretanto, nota-se que não houve diferença significativa na produtividade entre as distâncias de extração, independente da classe de declividade, ou seja, não houve diferença na produtividade da máquina até a distância de 200 m. Tal resultado está de acordo com LOPES et al. (2016) e CARMO et al. (2015), que estudando a extração do *forwarder* em povoamentos de eucalipto em corte raso e de pinus em primeiro desbaste, respectivamente, não encontraram diferenças significativas de produtividade entre as menores e maiores distâncias de extração.

Neste estudo, este resultado pode ser explicado pelo fato que, a partir de determinada distância, a máquina realizava a extração da madeira em um único sentido, entrando de um lado do talhão, efetuando o carregamento da madeira e descarregando do lado oposto.

Portanto, os resultados obtidos neste estudo auxiliarão os gestores florestais na definição do tamanho ótimo dos talhões para a otimização da extração da madeira, definido as distâncias máximas econômicas e na alocação ótima das máquinas, visando a realização da colheita da madeira com maior eficiência nos povoamentos submetidos ao primeiro desbaste.

4. CONCLUSÕES

As atividades parciais de carregamento e descarregamento da madeira afetaram o tempo do ciclo operacional de extração, com efeito, mais significativo nas menores distâncias de extração.

A produtividade do *forwarder* com GTA foi afetada nas maiores declividades do terreno e distâncias de extração, devendo tais variáveis ser consideradas no planejamento operacional.

O *forwarder* equipado com GTA mostrou-se eficiente na execução da extração de madeira em povoamentos submetidos ao desbaste e em terrenos declivosos, possibilitando a redução dos custos de produção.

5. REFERÊNCIAS

- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos – projeto e medida do trabalho**. Tradução da 6ª Ed. Americana. São Paulo: E. Blucher, 1977. 635p.
- BIRRO, M. H. B.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Track-Skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.525-532, 2002.
- 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**, Viçosa, v.39, n.3, p.561-566, 2015.
- CASTILHO, A. S.; FERNANDES, D. J. F.; AMARAL, E. J.; BORGES, S. M. Colheita de madeira em áreas com relevo acidentado utilizando equipamentos de alta performance. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO DE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 17., Campinas. **Anais...** Campinas, 2014. 374 p.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD
- 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**, Piracicaba, v.41, n.97, p.141-151, 2013.
- IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório da Indústria Brasileira de Árvores: ano base 2014. Brasília, DF: IBA, 2015. 64p. Disponível em: <http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2015.
- 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**, Viçosa, v.38, n.5, p.879-887, 2014.
- 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**, Goiânia, v.42, n.2, p.212-219, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200007>
- LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. C.; SERPE, E. L.; CABRAL, O. M. J. Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do *forwarder* no desbaste comercial de *Pinus taeda*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.44, n.109, p.57-66, 2016. <https://doi.org/10.18671/scifor.v44n109.05>
- MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. 543 p.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. (Coord.). **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 3 ed. p.15-43, 2014.
- 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**, Curitiba, v.36, n.2, p.166-182, 2006. <https://doi.org/10.5380/uf.v36i2.6459>
- MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; SILVA, K. R. Análise técnica e econômica do *forwarder* em três subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p.91-297, 2004.

- OLIVEIRA, D.; LOPES, E. S.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do *Forwarder* na extração de toras de Pinus. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.84, p.525-533, 2009.
- PAULA, E. N. S. O.; LACERDA, L. C.; FIEDLER, N. C.; CARMO, F. C. A.; KUBOYAMA, F. A. Q.; PELUZIO, T. M. O. Análise operacional da extração florestal com cabos aéreos em floresta de eucalipto. **Nativa**, Sinop, v.2, n.4, p.234-238, 2014. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n04a09>
- ROBERT, R. C. G. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita mecanizada em plantios de *Eucalyptus* spp. em duas condições de relevo acidentado**. 2013. 112f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- SEIXAS, F.; CASTRO, G. P. Extração. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 106-177.
- 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.