



COMPARAÇÃO DA PRODUTIVIDADE ENTRE EQUIPAMENTOS EM DOIS SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA DE EUCALIPTO

OLIVEIRA, Felipe Martins de¹; PEREIRA, Angelo Luiz Silva²

RESUMO – (COMPARAÇÃO DA PRODUTIVIDADE ENTRE EQUIPAMENTOS EM DOIS SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA DE EUCALIPTO). A comparação entre sistemas e o estudo de tempos e movimentos são importantes para determinação de um sistema de maior eficiência, aumento da produtividade, racionalização dos processos e otimização de custos. Este trabalho objetivou comparar tecnicamente dois sistemas de colheita florestal realizando levantamento de dados em campo, acompanhando máquina a máquina e anotando em planilha de campo os tempos efetivos com uso de cronômetro. Foram desconsiderados os tempos ociosos de parada, manutenção e abastecimento das máquinas, visando obter apenas a produtividade efetiva. O estudo de tempos e movimentos foi importante para se conhecer qual o melhor sistema a ser implantado e a escolha certa das máquinas a serem adquiridas para as operações do sistema de colheita florestal. Conclui-se que o sistema de árvores inteiras com o *feller-buncher*, *skidder* e processador (*full tree*) obteve sua produção superior ao sistema de toras longas com *harvester* e *forwarder* (*cut-to-length*).

Palavras-chave: Reflorestamento, Estudo de tempos e movimentos, produtividade.

ABSTRACT – (PRODUCTIVITY COMPARISON BETWEEN EQUIPMENTS IN TWO SYSTEMS OF EUCALYPTUS TIMBER HARVESTING). The comparison study between systems and the time and motion study are important in determining a system of higher efficiency, increased productivity, rationalization of process and cost optimization. This study compares technically two harvesting systems performing data collection in the field, watching machine to machine and writing into the spreadsheet field the effective time by using a stopwatch. Were disregarded idle times stop, maintenance times and fuelling, to obtain only effective productivity. The time and motion study was important to know which the best system to be deployed and the right choice of machinery to be acquired for the operations of the system of forest harvesting. It is concluded that the system with *feller-buncher*, *skidder* and processor (*full tree*) obtained superior production compared with the system with *harvester* and *forwarder* (*cut-to-length*).

Keywords: Reforestation, time and motion study, productivity.

¹ Professor MSc. em Ciências Florestais - União Latino-Americana de Tecnologia - ULT-PR, Rua Santa Catarina, 04, Jd.N.S.de Fátima, 84200-000, Jaguariaíva-PR, felipe.oliveira@ult.com.br;

² Engenheiro Florestal - União Latino-Americana de Tecnologia - ULT-PR, angelolsp@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de colheita de madeira mecanizada tem importância significativa para o setor florestal. Além de ser a que mais onera o custo de produção (Machado, 2008; Tanaka, 1986; Rezende *et al.*, 1983), as operações são complexas e a aquisição de equipamentos inadequados para a colheita de madeira podem gerar grandes perdas na produtividade e aumento significativo de custos. Somados a isto tudo, ainda existem inúmeros fatores biológicos, ambientais, técnicos, humanos e econômicos que a afetam direta e indiretamente (Lopes *et al.*, 1999).

A mecanização das atividades de colheita apresenta um potencial de aumento da produtividade, redução dos custos e possibilita melhorias nas condições de trabalho (Moreira, 2000). No entanto, este processo requer grandes investimentos iniciais, dependendo da forma de condução do sistema de colheita, da escolha das máquinas, com itens como potência, consumo, depreciação, entre outros, que podem acarretar grandes desvalorizações e prejuízos se tratados de forma incorreta. Porém, o aumento da qualidade, a escolha certa das máquinas para as operações dos processos e a otimização de custos são itens de extrema

importância para um melhor desempenho desta atividade.

Nesse sentido, uma boa ferramenta para o controle das operações é a realização de um estudo de tempos e movimentos. Este, segundo Barnes (1977), auxilia no trabalho operacional e sistemas administrativos, para que se atinjam os objetivos da organização resultando em aumento de rendimento operacional e induzindo maior satisfação ao pessoal de produção, principalmente.

De acordo com Machado (1984) *apud* Bertin (2010), o estudo de tempos e movimentos permite que se façam correções ou alterações no processo de produção, visando melhorias nos resultados. É também indispensável na comparação de equipamentos e métodos, possibilitando ajustes a fim de se estimar o rendimento das máquinas nas condições de trabalhado.

Entretanto, para análise da produtividade como um todo, não devem ser estudadas apenas as máquinas individualmente, mas sim o sistema de colheita como um todo. Segundo Malinovski *et al.* (2008), o sistema de colheita compreende um conjunto de elementos e processos que envolvem a cadeia de produção e todas as atividades parciais, desde a derrubada até a madeira

posta no pátio da indústria transformadora. Para o sucesso de um sistema deve-se considerar que todos os elementos componentes atinjam o mesmo objetivo.

Desta forma, torna-se importante a realização de estudos que mostrem a real capacidade produtiva das máquinas dentro dos sistemas, bem como comparações entre diferentes sistemas numa mesma situação, de forma a indicar o sistema mais produtivo e que menos onere a empresa em seu processo. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi comparar a produtividade entre dois sistemas mecanizados de colheita de madeira em reflorestamentos de eucalipto, um módulo utilizando o sistema de árvores inteiras e outro utilizando o sistema de toras curtas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este trabalho foi realizado no mês de janeiro de 2012, nas áreas florestais de uma empresa no Sul do Brasil. O plantio florestal deste estudo foi composto por reflorestamento de *Eucalyptus grandis* com sete anos de idade, com sua madeira destinada para produção de papel e celulose.

Foram realizados levantamentos de dados em dois talhões que possuíam as mesmas características físicas e biológicas.

Desta forma, pôde-se comparar as duas atividades em termos de produtividade. No primeiro talhão operava o sistema toras curtas (*cut-to-length*), em um projeto localizado geograficamente sob as coordenadas de latitude sul 24° 15' 28,40" e longitude oeste 50° 40' 13,35", com uma área de 14 ha. No segundo talhão foi utilizado o sistema árvores inteiras (*full tree*). Este, por sua vez, estava localizado sob as coordenadas de latitude sul 24° 17' 31,30" e longitude oeste 50° 21' 49,60", perfazendo uma área de 28 ha. Ambas as áreas foram classificadas como planas, com densidade de 1.600 árvores/ha e volume médio individual de 0,27 m³ de acordo com os dados de inventário

2.2 Atividades e equipamentos estudados

2.2.1 Sistema de toras curtas (*cut-to-length*)

No sistema de toras curtas foram realizadas duas operações. O corte, processamento e empilhamento com a utilização de um *harvester*, e o baldeio por meio de um *forwarder*.

O *harvester* estudado foi um com a máquina base da marca Catterpillar, modelo CAT 320 D, rodados de esteiras, de 147 hp de potência e cabeçote processador da Logmax, modelo Logmax 7000, com 65 cm de capacidade de corte (Figura 1). A primeira operação desenvolvida pelo *harvester* era a

derrubada das árvores, onde no mesmo local se fazia a retirada da copa, o desgalhamento e o traçamento em toras com 6 metros de comprimento. Elas eram dispostas perpendiculares à linha do plantio, formando pilhas ao longo do talhão, prontas para serem baldeadas. O resíduo das galhadas era deixado disperso no interior do talhão.



Figura 1. Harvester CAT 320D (a) e cabeçote Logmax 7000 (b), estudados nesta pesquisa.

Em seguida, a operação de baldeio era desenvolvida pelo *forwarder* da marca

Valmet, modelo 890.3, potência de 204 hp e capacidade de carga de 18.000 Kg (Figura 2). Iniciava-se a atividade com deslocamento vazio, em média de 250 a 300 metros até chegar na linha das primeiras pilhas. Em seguida, posicionava-se e iniciava o carregamento, apanhando as pilhas do lado esquerdo e do lado direito, finalizando o carregamento quando a caixa de carga estivesse cheia. Por fim, iniciava-se o deslocamento carregado até o estaleiro na beira da estrada, onde era realizado o descarregamento total da carga.



Figura 2. *Forwarder* Valmet 890.3

2.2.2 Sistema de árvores inteiras (*full-tree*)

No sistema de árvores inteiras foram realizadas três operações. Com a utilização de um *feller-buncher* foi realizado o corte e o agrupamento em feixes. O arraste formando o estaleiro foi realizado com um *skidder* e o processamento e empilhamento por meio de um processador florestal.

O *feller-buncher* estudado foi um Tigercat, modelo L870C, com rodados de

esteiras e 300 hp de potência (Figura 3). Era realizada a atividade de corte levando o cabeçote de disco até a árvore, fazendo o corte individual e agrupando uma a uma nos braços acumuladores. Finalizava-se direcionando os feixes de 5 a 6 árvores na perpendicular com ângulo de 45° graus.



Figura 3. *Feller-buncher* Tigercat L870C.

A operação subsequente era desenvolvida pelo *skidder*, um Tigercat, modelo 625C, com 220 hp de potência, que realizava o arraste das árvores (Figura 4). Ele se deslocava para interior do talhão, realizava a manobra e se posicionava na posição de marcha ré. Em seguida, realizava o acionamento da garra para apanhar o feixe e o arrastava até o estaleiro na beira da estrada. Por fim, retornava e repetia o mesmo procedimento até formar o estaleiro completo.



Figura 4. *Skidder* Tigercat 625C.

A última operação era desenvolvida pelo processador florestal, o qual realizava o processamento das árvores no estaleiro. Neste estudo, foi observado um de máquina base Caterpillar, modelo 541, com 305 hp de potência e cabeçote processador Waratah 624, com 78 cm de capacidade de corte (Figura 5). O operador posicionava o equipamento na frente do estaleiro, iniciava atividade realizando movimento do braço hidráulico direcionando o cabeçote processador (Figura 5) para apanhar a árvore e fazer o destopo, traçamento com 6 metros de comprimento e desganhamento. Por fim, finalizava realizando o empilhamento da madeira para ser carregada.



(a)



(b)

Figura 5. Máquina base CAT 541(a) e cabeçote processador Waratah 624(b).

2.3 Coleta e processamento dos dados

2.3.1 Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos de movimentos foi realizado com objetivo de quantificar grandezas relativas e fatores de interferência nos sistemas de colheita florestal. Para o levantamento do estudo de tempos, foi utilizada tomada de tempos pelo método dos tempos contínuos.

Para determinar produtividade dos sistemas avaliados, foram desconsiderados os tempos ociosos, ou seja, os tempos de pausa, manutenção e abastecimento, sendo processadas as horas efetivas de cada máquina com 20 amostras de 100 em 100 árvores em dois turnos trabalhados. A cada 100 árvores, era realizada a leitura do cronômetro. Esta metodologia foi adaptada para este estudo, o qual visa principalmente a comparação entre as produtividades das máquinas de ambos os sistemas estudados.

2.3.2 Amostragem

As amostras foram coletadas em campo com uso de uma planilha desenvolvida especificamente para este estudo, prancheta e cronômetro. Foram anotados os tempos efetivos de cada máquina.

No sistema *cut-to-length* foram coletados os tempos efetivos do *harvester* com 20 amostras de 100 árvores em dois

turnos. Ainda no mesmo sistema, foi coletado os tempos efetivos do *forwarder*, onde a capacidade de carga foi transformada em números de árvores por viagem, obtendo-se indiretamente 20 amostras de 100 árvores, também em dois turnos trabalhados.

No sistema *full tree* o tempo efetivo do *feller buncher* também foi coletado por meio de 20 amostras de 100 árvores, realizadas em dois turnos. Na operação com o *skidder* foram coletadas duas amostras de 100 árvores em dois turnos. A amostragem do *skidder* foi prejudicada devido à fatores externos, principalmente relativos à parada do equipamento por problemas mecânicos. Desta forma, o *skidder* foi desconsiderado na análise estatística. Na terceira operação foram anotados em planilha os tempos efetivos do processador florestal com 20 amostras de 100 árvores, também em dois turnos trabalhados.

Utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado para a análise dos dados neste estudo, pois ambas as áreas foram consideradas homogêneas em características como densidade do plantio, regime de manejo, espécie, dados do inventário, tipo de solo e características do relevo.

2.4 Análise estatística

Para comparar as médias de produtividade entre os equipamentos de colheita de madeira, em ambos os sistemas, foram utilizados os programas computacionais Microsoft Excel® e Assistat®. O Microsoft Excel® foi utilizado para tabulação dos dados do estudo de tempos, bem como para a filtragem e análises preliminares. Depois, foi utilizado o Assistat® para realizar o teste de comparação de médias de Tukey.

O teste de Tukey foi utilizado para verificar quais médias de produtividades eram diferentes entre si. Pelo fato das amostras do *skidder* apresentarem apenas duas repetições, elas foram desconsideradas neste teste estatístico, por

estarem distantes das vinte repetições amostradas para os demais equipamentos (*harvester*, *forwarder*, *feller-buncher* e *processador*). Através do teste de Tukey, além de comparar as médias entre as produtividades pôde-se, ainda, identificar se os sistemas estavam trabalhando no mesmo ritmo de produção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tempos demandados pelos equipamentos

As dispersões dos dados de tempos por amostra de 100 árvores, por equipamento estudado, estão mostradas na Figura 6.

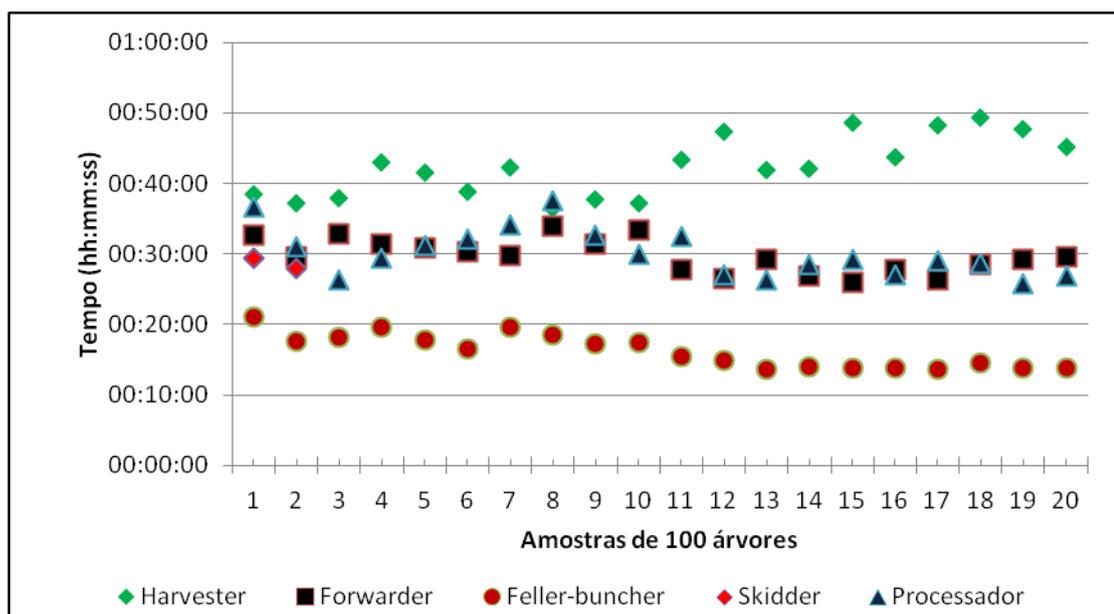


Figura 6. Tempos efetivos dos equipamentos estudados para cada amostra de 100 árvores.

Pode-se observar que o equipamento que realizou sua tarefa em menor tempo foi o *feller-buncher*. No entanto, esta análise compreende os tempos efetivos da operação, não compreendendo o tempo total, o qual deve ser observado na hora da tomada de decisões, pois contemplará fases não produtivas da atividade, como interrupções operacionais e mecânicas. Estudando a produtividade de um *feller-buncher*, por exemplo, Fiedler *et al.* (2008) observaram valores baixos de disponibilidade mecânica, ocasionados pelos tempos demandados pela manutenção mecânica.

A maior produtividade efetiva do *feller-buncher* analisado neste estudo ocorreu devido ao fato dele realizar menos operações para completar sua atividade. Enquanto o *harvester*, por exemplo, necessita derrubar árvore por árvore, traçar e empilhar, o *feller-buncher* apenas corta e acumula em feixes. Portanto, a simples comparação entre as máquinas não deve ser considerada como resultado final, mas deve-se, sim, observar os tempos

necessários para a madeira ser colocada à beira da estrada e ficar pronta para o carregamento.

Para determinar as produtividades de cada máquina foi multiplicada uma hora trabalhada pelo volume médio individual, multiplicado pelo número de repetições (100) onde este resultado divide pelo tempo efetivo coletado em campo de cada máquina. Assim, obtêm-se a média de produtividade em m³/h.

3.2 Comparação entre as produtividades dos equipamentos

Os resultados referentes à produtividade entre equipamentos foram demonstrados através das médias de tempos, que podem ser observadas na Tabela 1, seguidas dos resultados do Teste de Tukey para os diferentes tempos médios de realização das atividades com 20 amostras de 100 árvores. Conforme comentado anteriormente, o *skidder* não participou do teste pela sua pouca quantidade de amostras.

Tabela 1. Resultados do Teste de Tukey para os diferentes tempos médios de realização das atividades nas amostras de 100 árvores

Sistema	Equipamentos	Tempo médio para cada amostra (hh:mm:ss)
Toras curtas (<i>cut-to-length</i>)	<i>Harvester</i>	00:42:24 A
	<i>Forwarder</i>	00:29:42 B
Árvores inteiras (<i>full-tree</i>)	<i>Feller-buncher</i>	00:16:15 C
	Processador florestal	00:30:07 b

5% de significância.

Os tempos médios representados pela mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Percebe-se que os resultados dos tempos entre as máquinas, dentro dos sistemas, são significativamente diferentes. No sistema *cu-to-length* podemos observar que o *forwarder* (b) está sendo mais produtivo que o *harvester* (a) ocasionando tempos de parada sem madeira disponível para baldeio. No sistema *full tree* podemos observar que o *feller-buncher* (c) tem sua produtividade maior que a do o processador florestal (b), havendo necessidade de se trabalhar com dois processadores florestais para suprir a produção do *feller buncher*. Cabe-se ressaltar que de nada adianta a produtividade do corte ser alta, se ela for incompatível com a madeira que chega à beira da estrada.

Em suma, no sistema de toras curtas, há a possibilidade da inserção de mais uma máquina para realização do baldeio, ou substituir a já existente por uma de maior porte, caso a colheita seja feita em sistema quente (onde todas as atividades são feitas num curto espaço de tempo). Já no sistema de árvores inteiras, a produtividade do corte está sendo quase o dobro da produtividade do processador florestal. Caso haja a utilização do sistema

quente, indica-se a introdução de mais um processador no sistema.

Ao se considerar o sistema como um todo, deve-se atentar para a madeira que chega à beira da estrada, pronta para o carregamento. Desta forma, se forem consideradas as produtividades dos últimos equipamentos de cada sistema, ou seja, do processador florestal no sistema de árvores inteiras e do *forwarder* no sistema de toras curtas, ambos mostraram produtividades homogêneas, classificados com a letra “b” pelo teste de Tukey, a 5%.

Portanto, pode-se dizer que ambos os sistemas, durante a coleta de dados, possuem a mesma produtividade devido aos gargalos deixados pelas incompatibilidades entre as produtividades dos equipamentos dentro de cada sistema.

3.3 Tendências observadas entre turnos e operadores

Através da análise do estudo tempos, foram observadas as produtividades entre operadores em turnos diferentes, mostradas na Figura 7, para cada equipamento avaliado. Pode-se observar que, com exceção das operações executadas pelo *harvester*, os operadores do turno do dia têm sua produção inferior, de um modo geral. Isto pode ter ocorrido devido a fatores como paradas para

manutenções preventivas e corretivas, substituição de peças e abastecimento. Os operadores do turno da noite têm sua produtividade superior por realizar menos

paradas noturnas, podendo-se notar visualmente o desempenho de cada máquina avaliada com turnos diferentes.

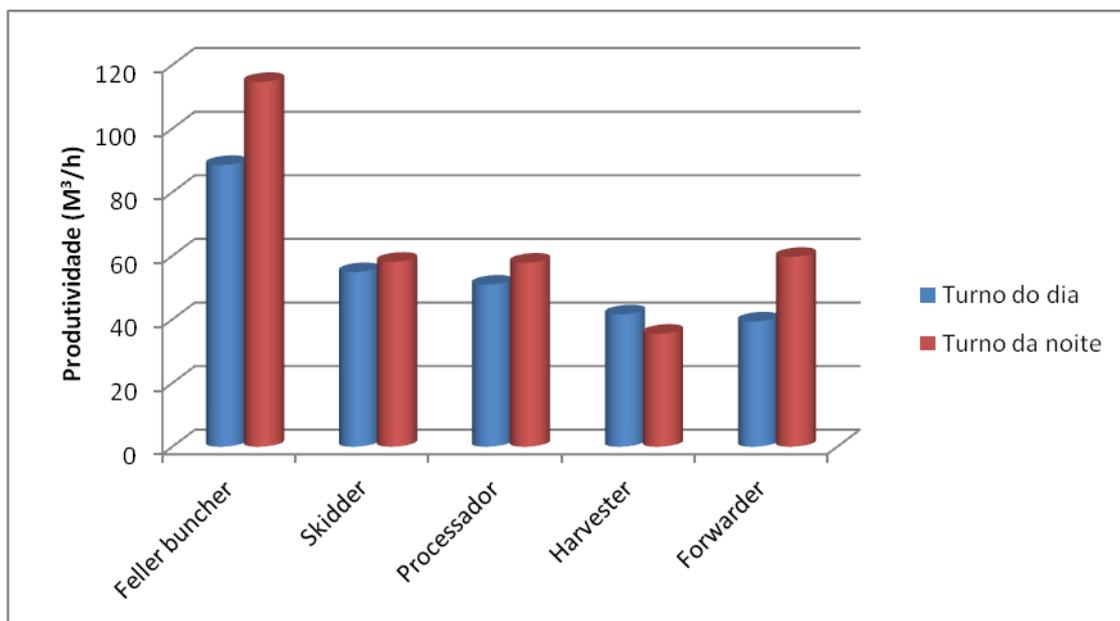


Figura 7. Produtividade representativa dos equipamentos estudados, para cada operador.

No sistema (*full tree*) observa-se que o *feller buncher* tem produtividade entre 80 a 115 m³/h. Constatou-se que o *skidder* e o processador obtiveram suas respectivas produtividades entre 50 a 60 m³/h. No sistema (*cut-to-length*) observa-se que o *harvester* tem sua produtividade entre 35 a 41 m³/h, e o *forwarder* obteve produtividade entre 39 a 59 m³/h.

Considerando as informações das produtividades obtidas através do estudo de tempos observaram-se as diferenças das produtividades avaliando as máquinas individualmente entre os dois sistemas. As

informações de produtividade (m³/h) obtidas confirmam o exposto pelo teste de Tukey, onde nota-se uma dissonância entre as operações do *feller-buncher* e do *harvester* (madeira dentro do talhão) com as operações do *forwarder* e do processador (madeira na beira da estrada, para carregamento).

4. CONCLUSÃO

Com base na análise técnica dos dois sistemas de colheita avaliados chegou-se aos resultados de que a produtividade do

feller-buncher foi a maior entre todas as outras máquinas avaliadas.

Considerando-se a madeira que chega à beira da estrada, conclui-se que o sistema de árvores inteiras (*full-tree*) obteve produtividade semelhante à do sistema toras curtas (*cut-to-length*), dentro do período pesquisado.

Individualmente, verificou-se que houve maior produtividade no sistema de árvores inteiras, mas para ela ser concretizada, necessita-se uma readequação do maquinário, otimizando possíveis tempos improdutivos e, se for o caso, realizar o redimensionamento da frota, para que todas as máquinas trabalhem em sintonia na sua produtividade. Somente desta forma pode-se dizer que o sistema de árvores inteiras é o melhor em termos de produtividade.

5. REFERÊNCIAS

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho.** Tradução de 6 ed. Americana-SP, Edgard Blucher, 1977. 635p.

BERTIN, V. A., **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1º rotação.** Dissertação Universidade Estadual Paulista de Ciências Agrônomicas Campus de Botucatu - SP, 2010 82 p.

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**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 577-586, out./dez. 2008.

LOPES, E. S. *et al.* Influência de alguns aspectos ergonômicos e sociais no planejamento da colheita florestal. In: Simpósio Brasileiro Sobre Colheita e Transporte Florestal, 4., 1999, Campinas. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1999. p.322-330.

MACHADO C. C., **Colheita Florestal**, Viçosa, UFV, 2008.

MALINOVSKI J. R., CAMARGO, S. M. C., MALINOVSKI, A. R., MALINOVSKI A. R. **Sistemas.** In: MACHADO C. C., **Colheita Florestal**, Viçosa, UFV, 2008 p. 162-184.

MOREIRA, F. M. T. **Análise Econômica de Subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** Dissertação mestrado ciências florestal. UFV - Viçosa - MG, 2000 148p.

REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, A. R.; OLIVEIRA, A. D. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. **Revista Árvore**, v.7, n.1, p.30-43, 1983.

TANAKA, O. K. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v.12, n.141, p.24-30, 1986.