



## ANÁLISE OPERACIONAL DA EXTRAÇÃO FLORESTAL MECANIZADA EM MÓDULOS PRÓPRIOS E TERCEIRIZADOS

Leonardo Cassani LACERDA, Nilton César FIEDLER\*, José Franklim CHICHORRO, Flávio Cipriano de Assis do CARMO, Adriano Ribeiro de MENDONÇA

Departo. de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil.  
\*E-mail: [fiedler@pq.cnpq.br](mailto:fiedler@pq.cnpq.br)

Recebido em março/2015; Aceito em setembro/2015.

**RESUMO:** Objetivou-se, por meio desta pesquisa, realizar uma análise técnico operacional das máquinas utilizadas na extração florestal mecanizada de eucalipto, em quatro diferentes regionais nos estados do Espírito Santo e Bahia, com a realização de serviços por meio de mão de obra própria e terceirizada, em que estas utilizavam-se de condições climáticas, relevo e maquinários semelhantes. Na pesquisa foram analisados 48 tratores florestais auto carregáveis *forwarder*, sendo 24 próprios e 24 terceirizados. Avaliou-se a disponibilidade mecânica, eficiência operacional, grau de utilização e produtividade das máquinas, por meio de coletas em campo e banco de dados dos rendimentos das máquinas. De acordo com os resultados, observou-se que tanto no módulo próprio quanto no terceirizado, as variáveis disponibilidade mecânica, eficiência operacional e grau de utilização, não se diferenciaram quando analisados entre os meses, sendo a diferenciação ocorrida entre as regionais. Os serviços executados por maquinários próprios foram mais eficientes que os terceirizados, com exceção apenas da variável disponibilidade mecânica na regional A. Na análise do volume total extraído por ano, o rendimento com maquinário próprio superou em 1.284.990 m<sup>3</sup> o terceirizado.

**Palavras-chave:** análise técnica operacional, baldeio, colheita florestal.

## OPERATION ANALYSIS OF MECHANICAL EXTRACTION FOREST IN OWN MODULES AND OUTSOURCING

**ABSTRACT:** The objective was to realize a technical analysis of operating machinery used in mechanized forest extraction of eucalyptus, in four different regional in the Espirito Santo and Bahia states, with performing services through handheld own and contractors work where they used to climate conditions, relief and similar machinery. In the research were analyzed 48 forwarder, 24 own and 24 contractors. Was evaluated the mechanical availability, operational efficiency, utilization degree and machines production, through field collections and database machines yields. According to the results, it was observed that both the module and its own than contractors, variable mechanical availability, operational efficiency and level of use did not difference when analyzed between months, and differentiation occurred between regionals. The services performed by own machinery were more efficient than contractors, except only the variable mechanical availability in the regional A. When analyzing the total volume extracted per year, income from own machinery climbed by 1.284,990 m<sup>3</sup> outsourcing.

**Keywords:** operations technical analyzed, forest extraction, forest harvesting.

### 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por madeira, juntamente com os aspectos edafoclimáticos favoráveis contribuem para que o Brasil tenha papel de destaque no cenário mundial, o que proporciona ao país poder de influência nas decisões relacionadas ao setor (SILVA, 2014). A extração de madeira necessita de bom planejamento, pois é uma atividade complexa por causa dos inúmeros fatores biológicos, ambientais, técnicos, humanos e econômicos que a afetam, quer seja direta ou indiretamente.

Devido à representatividade da colheita de madeira nos custos de produção, chegando a mais de 50% do custo final

da madeira posta na indústria, a necessidade de mão-de-obra merece atenção especial por parte das empresas florestais, que têm investido em pesquisas visando o suprimento. Atualmente, a mecanização das atividades de colheita florestal tem sido uma prática usual na maioria das empresas florestais, que buscam a cada dia novas tecnologias e pesquisas, com o intuito de aumentar a produtividade e reduzir custos. As máquinas importadas não conseguem atingir a mesma eficiência operacional de seus países de origem devido, principalmente, às diferenças edafoclimáticas de operação e à carência de pesquisas para a adaptação operacional no Brasil

(MACHADO et al., 2009). A partir da década de 1990, a mecanização das operações de colheita e transporte florestal se intensificou no Brasil, com a abertura do mercado brasileiro à importação de máquinas e equipamentos desenvolvidos e aprimorados em países com maior tradição na colheita florestal (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002). Muitas empresas vêm adotando a terceirização como uma forma de reduzir custos, uma vez que há uma diminuição do quadro de funcionários levando à redução de responsabilidades como encargos sociais, trabalhistas e salários. Porém, deve-se considerar que os contratos oferecem riscos relacionados à descontinuidade da prestação de serviços e garantia de padrão de qualidade, podendo levar a redução de custos ou prejuízos (MACHADO et al., 2009).

A extração de madeira corresponde à movimentação de toretes por meio de arraste, suspensos por teleféricos ou em tratores autocarregáveis até a margem das estradas. Essa etapa exige um planejamento detalhado da operação, de maneira a empregar os equipamentos próprios dentro do sistema mais indicado de trabalho. Atualmente, no Brasil a extração mecanizada tem sido realizada por meio de “skidders” e “forwarders”. Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa realizar uma análise técnico operacional das máquinas utilizadas na extração florestal mecanizada de eucalipto em diferentes regionais de uma empresa florestal em módulos próprios e terceirizados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em áreas de plantios clonais de híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* distribuídos em quatro regionais, duas (Regionais A e B) no Estado do Espírito Santo, sendo Regional A com os municípios de Aracruz, Fundão, Ibraçu, João Neiva e Linhares, e Regional B com os municípios de São Mateus, Conceição da Barra e Pedro Canário, e duas (Regionais C e D) no sul do Estado da Bahia, sendo Regional C com os municípios de Mucuri e Nova Viçosa e Regional D com os municípios de Caravelas, Alcobaça e Teixeira de Freitas.

As áreas onde foram realizadas as coletas de dados situavam-se em relevo plano à suave ondulado (com declividade máxima de até 5%), altitudes entre 10 e 50 m. O clima é tropical Aw classificado segundo Köppen, com precipitação média anual de 1.360 mm, sendo o período chuvoso de outubro a dezembro e o período seco de julho a setembro, tendo ainda de janeiro a junho irregularidades pluviométricas. Os talhões possuíam idade de corte entre cinco e seis anos, altura média de 20m, espaçamento 3 x 2 m, e volume entre 0,16 a 0,33m<sup>3</sup>/árvore.

### 2.2. Sistema de Colheita

O sistema de colheita utilizado pela empresa é o de toras curtas (*cut-to-length*), com operações mecanizadas de derrubada, processamento e extração. A extração foi realizada pelo método de baldeio que consiste no deslocamento da madeira do interior do talhão para a margem sem contato com o solo devido ao compartimento de carga suspenso da máquina. Foi utilizado o trator florestal autocarregável (*forwarder*), carregando no talhão, deslocando carregado e empilhando na estrada.

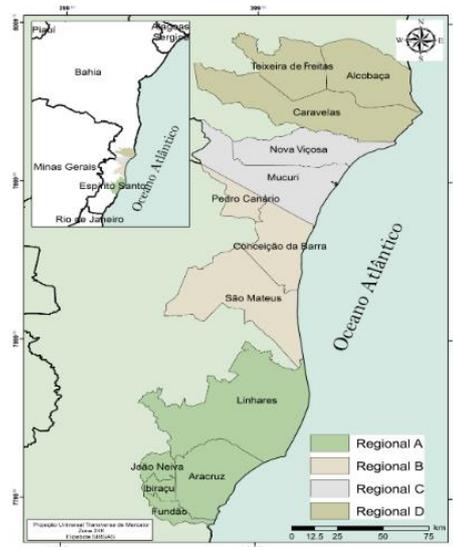


Figura 1. Localização dos municípios de realização da pesquisa. Fonte: Adaptado de Santos (2013).

### 2.3. Caracterização da Máquina Avaliada

O trator florestal autocarregável (*forwarder*) executou as atividades de carregamento das bandeiras, deslocamento no talhão e descarregamento nas margens da estrada. A madeira era empilhada na margem da estrada para posteriormente ser transportada até o local de destino final. A Figura 2 ilustra o modelo utilizado na pesquisa e suas dimensões. A Tabela 1 se refere às características do modelo de *forwarder* analisado na pesquisa.

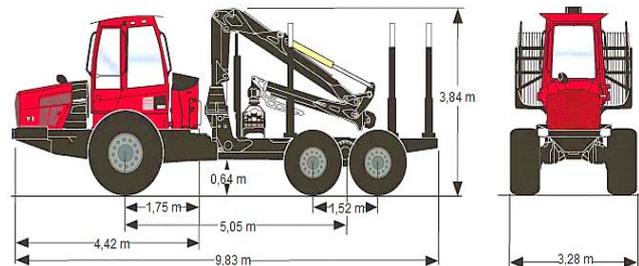


Figura 2. Dimensões do *forwarder* analisado na pesquisa. Fonte: Komatsu (2014).

Tabela 1. Características do modelo de trator florestal autocarregável *forwarder*.

Item	Características
Modelo	Modelo B
Tração	6 x 6
Chassis	Articulado
Peso (kg)	17.100
Motor (RPM)	Seis cilindros injeção direta, 2.200 rpm
Potência motor (HP)	212 à 1.500 – 1.900 rpm
Torque (lb-ft)	742
Pressão hidráulica de trabalho (MPa)	26
Cilindrada (cm <sup>2</sup> )	7,2
Velocidade de condução (km/h)	23
Força de tração (kN)	193
Capacidade de carga (kg)	15.000
Área de carga máxima (m <sup>2</sup> )	4,5
Alcance da Grua (m)	7,8
Rodantes	Seis pneus

Fonte: Komatsu (2014).

#### 2.4. Coleta dos Dados

Os dados foram obtidos por meio de idas à campo para acompanhamento das atividades e com a utilização do banco de dados fornecido pela empresa, contendo valores dos tempos operacionais, divididos por regionais, por tipo de mão de obra e maquinário (módulo próprio ou módulo terceirizado), durante o período de janeiro a dezembro de 2013.

#### 2.5. Análise Técnica

Para a avaliação do desempenho operacional das máquinas foram analisados 12 (doze) módulos de colheita no qual seis módulos eram constituídos por maquinários próprios operados por mão de obra da Empresa, e seis com máquinas e mão de obra terceirizada. Cada módulo continha quatro tratores florestais autocarregáveis "forwarders". No total foram 48 *forwarder*.

O ciclo operacional do *forwarder* foi dividido em deslocamento vazio, carregamento, deslocamento carregado e descarregamento, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização do ciclo operacional das máquinas avaliadas.

Deslocamento Vazio	Deslocamento da máquina no talhão até o local da madeira embandeirada a ser carregada (ausência de toretes de madeira no compartimento de carga durante a movimentação da máquina).
Carregamento	Deposição de toretes de madeira no compartimento de carga do <i>forwarder</i> .
Deslocamento Carregado	Baldeio dos toretes do interior do talhão até a margem da estrada (presença de toretes de madeira no compartimento da máquina durante a movimentação da máquina).
Descarregamento	Retirada dos toretes de madeira do compartimento de carga e empilhamento na margem da estrada.

#### 2.6. Disponibilidade Mecânica

Porcentagem de tempo de trabalho programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo (FONTES; MACHADO, 2014), Equação 1.

#### 2.7. Eficiência Operacional

A eficiência operacional é definida como a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado, em relação ao tempo total programado para o serviço (, sendo calculada pelo produto da disponibilidade mecânica e o grau de utilização (Equação 2), conforme recomendado por Carmo (2013).

#### 2.8. Grau de Utilização

O grau de utilização considera a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado pela máquina, igualmente para serviços próprios e terceirizados (Equação 3) (OLIVEIRA et al., 2009).

#### 2.9. Produtividade das Máquinas

A determinação da produtividade do *forwarder* em metros cúbicos por hora ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ), foi realizada com base no volume médio por árvore fornecido pelo inventário pré-corte, tendo seu valor multiplicado pelo número de árvores colhidas, obtendo-se o volume total colhido. Por meio do banco de dados fornecido pela empresa juntamente com o

acompanhamento de campo, foram obtidas as horas efetivamente trabalhadas por meio da metodologia de tempos contínuos, na qual a medição dos tempos ocorreu sem detenção do cronômetro, de forma contínua durante toda atividade realizada com as máquinas. O tempo trabalhado foi considerado como o número total de horas decrescendo-se as interrupções mecânicas e operacionais (Equação 4).

$$DM = \frac{(H-TPM)}{H} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

$$EO = \frac{DM \times GU}{100} \quad (\text{Equação 2})$$

$$GU = \frac{he}{(he+hp)} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

$$prod = \frac{(na \times va)}{he} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: *DM* = grau de disponibilidade mecânica (%); *TPM* = tempo de permanência em manutenção (h); *H* = horas totais do turno (h); *EO* = eficiência Operacional (%); *DM* = disponibilidade mecânica (%); *GU* = grau de utilização (%); *He* = horas efetivas do turno de trabalho (h); *Hp* = horas paradas operacionais (h); *prod* = produtividade ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ); *na* = número de árvores extraídas (unidades); *va* = volume médio por árvore ( $m^3$ ); *he* = horas efetivas de trabalho (h).

#### 2.10. Análise dos dados

Foram utilizadas 164000 observações para cálculo da *DM*, *EO*, *GU* e produção, presentes no banco de dados fornecido pela empresa. Os resultados referentes às fases operacionais de cada módulo de trabalho e máquinas foram obtidos do banco de dados da empresa e estes analisados considerando quatro tratamentos (Regionais A, B, C e D), avaliados durante os doze meses do ano, entre dois diferentes módulos (próprio e terceiro). Para o comparativo das médias entre as máquinas foi realizado um teste "t" à 1% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 se refere a disponibilidade mecânica (*DM*), eficiência operacional (*EO*) e grau de utilização (*GU*) das máquinas de extração. Para a análise comparativa das regionais de acordo com a extração de madeira, foram calculadas as médias percentuais anuais. A Regional A mostrou-se com o módulo terceirizado mais eficaz que o módulo próprio com uma superioridade de 3,6%. Na *DM* as regionais B, C e D, foram não significativas ao teste estatístico, não havendo assim diferença entre as mesmas.

A eficiência operacional (*EO*) mostrou-se significativa para todas as regionais, tendo em vista uma vantagem considerável para o módulo de trabalho próprio. No grau de utilização (*GU*), a superioridade do módulo próprio manteve-se regular. O baixo rendimento nos indicadores de *EO* e *GU* pode estar relacionado ao fato do constante processo de "turnover" de funcionários o que resulta em maiores períodos de treinamento dos novos operadores por consequência um baixo rendimento operacional.

Com a análise da extração confeccionou-se a Figura 3 de disponibilidade mecânica mensal em módulos próprios e terceirizados. Observou-se que a extração por meio do módulo próprio mostrou-se praticamente estável durante

todo o ano na faixa de 88% de DM, estabilidade esta que não foi notada para o módulo terceirizado até o mês de julho, sendo posteriormente superior ao módulo próprio.

Tabela 3. Rendimentos operacionais da extração com Forwarder.

RG	D.M. (%)			E.O. (%)			G.U. (%)		
	Pr	Te	Tc	Pr	Te	Tc	Pr	Te	Tc
AxA	86,7	90,3	*	77,7	53,6	*	67,3	48,2	*
AxB	86,7	84,2	ns	77,7	35,1	*	67,3	29,2	*
AxC	86,7	86,9	ns	77,7	61,1	*	67,3	53,7	*
AxD	86,7	87,2	ns	77,7	24,0	*	67,3	20,1	*
BxB	89,5	84,2	*	79,7	35,1	*	71,3	29,2	*
BxC	89,5	86,9	*	79,7	61,1	*	71,3	53,2	*
BxD	89,5	87,2	ns	79,7	24,0	*	71,3	20,1	*
CxC	90,8	86,9	*	83,9	61,1	*	76,2	53,2	*
CxD	90,8	87,2	*	83,9	24,0	*	76,2	20,4	*
DxD	89,2	87,2	ns	78,1	24,0	*	69,7	20,1	*

Nota: RG= Regional; D.M.= Disponibilidade Mecânica; E.O.= Eficiência Operacional; G.U.= Grau de utilização; Pr= Próprio; Te= Terceirizado; Tc= Teste comparativo

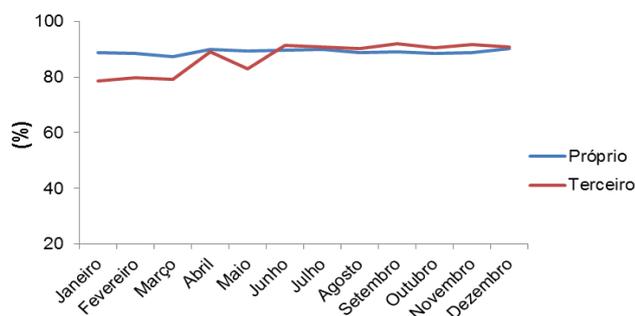


Figura 3. Disponibilidade mecânica para extração durante o ano.

A Figura 4 se refere a eficiência operacional da extração em módulos próprios e terceirizados. De forma diferente ao analisado para disponibilidade mecânica, a EO para extração no módulo terceirizado mostrou-se no decorrer do ano com oscilações e muito inferior ao módulo próprio. Isto se deve pelo fato do constante processo de “turnover” de funcionários o que resulta em maiores períodos de treinamento dos novos operadores por consequência um baixo rendimento operacional.

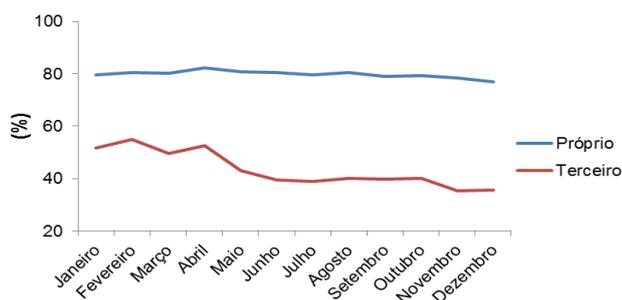


Figura 4. Eficiência operacional da extração durante o ano.

A Figura 5 ilustra a representação gráfica para o grau de utilização (GU). A extração para o módulo próprio foi durante todo o ano superior ao terceirizado. Nota-se ainda certa regularidade da porcentagem média para o módulo próprio. O módulo terceirizado apresentou em janeiro as maiores variações, sendo posteriormente estável até dezembro. Os valores de DM, EO e GU, na realização da extração por meio próprio foram semelhantes aos resultados obtidos por Carmo (2013), sendo DM e EO

inferiores em algumas observações e GU superior. Quando levado à comparação das variáveis terceirizadas, nota-se que em ambas as análises, tal autor encontrou valores superiores, sendo estes de melhor aceitação. Desta forma, a empresa deve tomar conhecimentos dos gargalos que estar ocorrendo na atividade e providenciar correções necessárias no procedimento operacional.

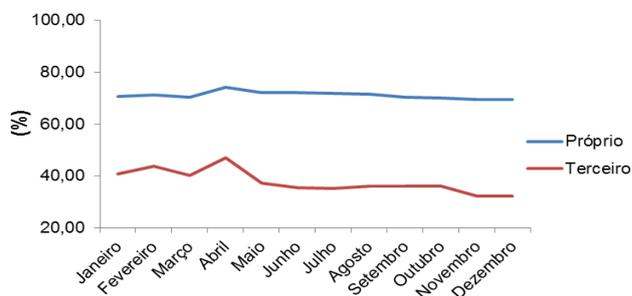


Figura 5. Grau de utilização das máquinas durante os meses do ano.

A Regional B terceirizada no quesito DM, mostrou-se com valor inferior a 85%, com a variável EO para o serviço próprio apenas a Regional A foi inferior a 79%. Já o terceirizado obteve todos os valores de EO inferior, resultados estes repetindo-se com a variável grau de utilização. De acordo com Machado (1989), a recomendação feita é que as linhas ótimas de aceitação para as variáveis DM, EO e GU, sejam sempre iguais ou superiores à 70%. Tal valor foi alcançado para o serviço próprio, exceto para o GU na Regional A.

Com os serviços terceirizados, apenas DM foi superior aos 70% recomendado. Com isso, torna-se necessário uma maior controle dos procedimentos de manutenção e de operação das máquinas. Visto que com baixos indicadores de rendimento a operação pode ser tornar inviável economicamente. A disponibilidade mecânica média do *forwarder* foi de 79,8% para próprios e de 43,4% para terceirizados, estando abaixo do encontrado por Fiedler et al. (2008) que foi de 90%.

Eficiência na execução de manutenções sejam corretivas ou preventivas, profissionais qualificados na operação, transporte eficiente de funcionários e máquinas são os principais fatores que provavelmente fizeram com que o módulo próprio superasse o terceirizado em quase todas as regionais. Aumentar a disponibilidade de uma máquina implica em reduzir o número de falhas ocorridas, aumentar a rapidez na correção e melhorar os procedimentos de trabalho e logística, bem como a interdependência destes fatores (FONTES; MACHADO, 2014).

A Figura 6 se refere ao volume extraído por mês nos módulos próprios e terceirizados. Conforme ilustrado, o módulo próprio se mostrou durante todo o ano com valores em m<sup>3</sup> superiores aos do módulo terceirizado para extração. Os maiores volumes encontrados estavam concentrados nos meses de maio a agosto e os menores nos meses iniciais e finais do ano, estando assim ligados aos períodos mais chuvosos.

A Figura 7 relaciona o somatório do volume colhido durante o ano por meio de mão de obra própria e terceirizada considerando as 48 máquinas analisadas. Mediante a quantidade de madeira colhida

durante o período de um ano, notou-se da mesma forma em que foi constatado nas análises de disponibilidade mecânica, eficiência operacional e grau de utilização, uma distinção entre os módulos terceiros e próprios, de forma que foram extraídos 1.284.990 m<sup>3</sup> a menos por meio de módulos terceiros. Tal vantagem própria em relação à terceirizada pode estar relacionada à qualidade da manutenção e peças utilizadas, bem como na eficiência do transporte entre áreas (operadores e máquinas) e maior controle do sistema como um todo.

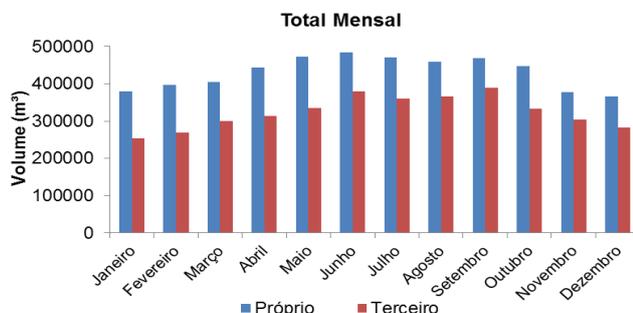


Figura 6. Volume mensal extraído em módulos próprios e terceirizados.

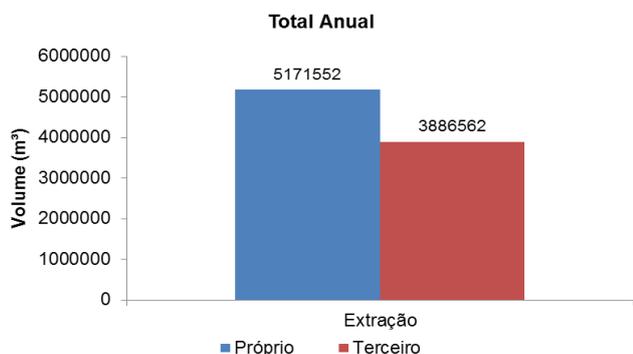


Figura 61. Volume total anual extraído em módulos próprios e terceirizados.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi possível constatar um problema de rendimentos representativo na realidade de demanda da empresa, entre os módulos próprios e terceiros, onde em praticamente todas as análises, os módulos próprios se mostraram superiores aos módulos terceirizados. A Regional A obteve os melhores valores para as variáveis quando comparado com as demais, seja para o módulo próprio ou terceirizado.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao laboratório de colheita, ergonomia e logística florestal (DCFM-CCA-UFES) pela infraestrutura concedida para a execução do trabalho, à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão de bolsas de mestrado e doutorado, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de doutorado sanduiche e pós doutorado. A Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), pelo apoio logístico e de infraestrutura.

#### 6. REFERÊNCIAS

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “*harvesters*” na colheita de madeira. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.62, p.62-74, dez. 2002.

CARMO, F. C. A. **Análise operacional da colheita florestal no sul da Bahia**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2013. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

FIEDLER, N. C. et al. 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.

FONTES, J. M.; MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014. p.265 - 298.

KOMATSU. **Tratores florestais**. Especificações – Ficha técnica Komatsu 890.1. Disponível em: <<http://www.komatsuforest.com.br/default.aspx?id=20293&mode=specs&rootID=20284>>. Acesso em set. 2014.

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

MACHADO, C. C. et al. **Transporte Rodoviário Florestal**. 2.ed. Viçosa, 2009. 217p.

OLIVEIRA, D. et al. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.37, n.84, p.525-533, dez. 2009.

SANTOS, A. R. **ArcGis 10.1: Aplicação para dados espaciais**. Alegre: Banco de Dados, 2013.

SILVA, E. N. et al. Avaliação de custos de dois modelos de *harvester* no corte de eucalipto. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 741-748, jul./set., 2014.