



## Productividad y costo del corte de árboles com feller buncher en plantaciones de *Eucalyptus*

Fidel Cándano ACOSTA<sup>1\*</sup>, Jackeline Vieira dos Santos LAROCA<sup>1</sup>,  
Olga Iris Viñas SANTOS<sup>2</sup>, João Paulo Pereira da SILVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

<sup>2</sup> Consultor autónomo, Cuba.

\* E-mail: fcandano23@gmail.com

Recebido em setembro/2016; Aceito em abril/2017.

**RESUMEN:** El trabajo fue realizado en plantaciones de *Eucalyptus urograndis* en el estado de Mato Grosso, Brasil. El objetivo fue determinar los indicadores técnicos y económicos del corte de árboles. Se realizó un estudio sobre la dinámica de trabajo de la operación con la máquina cortadora-apiladora (*feller-buncher*), tomando información sobre el tiempo del ciclo operacional, el volumen de producción, consumo de combustibles, lubricantes y otras informaciones proporcionadas por el propietario de la máquina. Para el estudio de tiempo fue utilizado el cronometraje directo durante toda la jornada de trabajo y para el cálculo de los costos fue empleada la metodología propuesta por Sessions (1992). El resultado de la productividad efectiva fue de 113,66 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>, el costo operacional de 89,37 USD h<sup>-1</sup> y el costo de producción de 0,79 USD m<sup>-3</sup>.

**Palabras clave:** cosecha de madera, mecanización forestal, operaciones forestales.

### Productivity and cost of trees cut with feller-buncher in *Eucalyptus* plantation

**ABSTRACT:** The work was done in *Eucalyptus urograndis* plantations in the state of Mato Grosso, Brazil. The objective was to determine the technical and economic indicators of trees cut. The study on the working dynamics of the operation with the feller-buncher, taking information about the time the operational cycle, the volume of production, consumption of fuel, lubricants and other information provided by the owner was conducted of the machine. For the study time was used direct timing throughout the workday and for calculating costs was used proposed by Sessions (1992) methodology. The result identified a effective productivity 113,66 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>, the operational cost of 89.37 USD h<sup>-1</sup> and the production cost of 0.79 USD m<sup>-3</sup>.

**Keywords:** timber harvesting, forestry mechanization, forestry operations.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales en Brasil se han incrementado año tras año, en 2006 existían aproximadamente 5,9 millones de ha, ya para 2014 la cifra se incrementó para 7,9 millones de ha destinadas principalmente para la fabricación de papel, tableros y para la producción de energía, según (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO 2015). Este hecho ha generado la necesidad de elevar los niveles de mecanización para poder satisfacer la demanda de las operaciones silviculturales y de cosecha de madera. Ante esta situación, una alta variedad de máquinas han sido introducidas en la producción forestal, lo que implica altos costos de adquisición y costos de operación por la complejidad de las mismas y al mismo tiempo alta productividad de acuerdo con los resultados de (BARRIO et al. 2008, FERNANDES et al. 2009, NASCIMENTO et al. 2011, SIMÕES et al. 2014).

La extensión de las plantaciones forestales en el estado de Mato Grosso se evidencia en las estadísticas, según (IMEA 2013), en 2007 existían 48 526 ha plantadas con *Tectona grandis*

(teca) y 50 442 ha con *Eucalyptus* sp. Ya para 2012, el área se extendió para 64 828 ha de *Teca* y 187 090 ha de *Eucalyptus* sp., representando un aumento de 34 y 271%, respectivamente. Este aumento de las áreas plantadas ha generado un alto volumen de actividades imposible de realizar sin la introducción de máquinas que permitan alta productividad en las diferentes operaciones. Existen varios factores que condicionan la productividad y el costo de producción del corte y apilado de árboles con máquinas, dentro de los cuales los más importantes son: El volumen de madera por unidad de superficie y el volumen medio de los árboles, la topografía del terreno y la dinámica de trabajo de las máquinas durante la operación. Estos factores han sido evaluados por varios investigadores dentro los que se destacan, (SPINELLI et al., 2002, MOREIRA et al., 2004, MALINOVSKI, 2006, BARRIO et al., 2008, FERNANDES et al., 2009, NASCIMENTO et al., 2011, SIMÕES et al., 2014).

El buen desempeño de máquinas complejas en operaciones de cosecha forestal tiene una repercusión directa en los resultados económicos de las empresas, de ahí que muchos investigadores han trabajado para evaluar la dinámica de trabajo

que proporciona mejores parámetros técnicos y económicos, (HAN y RENZIE, 2005). En el estado de Mato Grosso las experiencias sobre el desempeño de este tipo de máquina son escasas y es necesario construir una base de información que permita la planificación de recursos necesarios para poder enfrentar las demandas futuras y contribuir a la rentabilidad de los empresarios del sector forestal. De ahí, la importancia de realizar la investigación que logre la disponibilidad de indicadores técnicos y económicos de la máquina para el corte y apilado de árboles (*feller-buncher*).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización del estudio

El trabajo fue realizado en el estado de Mato Grosso, en áreas de bosques plantados con *Eucalyptus urograndis* (híbrido de *E. grandis* y *E. urophylla*) de seis años de edad, diámetro medio de 18,35 cm y volumen de 0,2671 m<sup>3</sup>. árbol, destinados a la producción de energía. El área se encuentra localizada aproximadamente en la latitud 16°28'15" sur y a una longitud 54°38'08" oeste, a una altitud de 227 metros sobre el nivel medio del mar. Las pendientes del terreno dentro de las áreas plantadas no exceden de 15 %. El suelo tiene una capacidad de carga que permite el movimiento de la máquina sin patinaje excesivo. La época en que fue tomada la información el suelo estaba con baja humedad por la ausencia de lluvias.

### 2.2. Características técnicas de la máquina cortadora apiladora (*feller-buncher*)

La máquina utilizada es denominada como cortadora-apiladora con cabezal en punta de grúa y máquina base de orugas con cabina giratoria.

### 2.3. Características de la máquina

- Marca: Tigercat, Modelo 860C con cabezal Tigercat 5300;
- Potencia nominal del motor: 224 kW(300hp) a 1800 rpm;
- Peso de la máquina: 29 260 kg;
- Velocidad de traslación: 1,9 a 4,2 km.h<sup>-1</sup>;
- Capacidad máxima de elevación de carga: 6080 kg;
- Alcance máximo de la grúa con cabezal de corte: 8,46 m.

### 2.4. Dinámica de trabajo de la máquina

El marco de plantación de los árboles fue de 3 x 2, una distancia de tres metros entre hileras y dos metros entre árboles. La máquina, corta cuatro árboles en la secuencia, acumula los cuatro árboles en el cabezal y deposita los árboles cortados a 90 grados en la dirección del movimiento, lo que corresponde a un ciclo de trabajo. Cada cuatro ciclos de trabajo, 16 árboles son depositados en un paquete que se corresponde con la carga útil del tractor arrastrador (skidder).

En la figura se representa la dinámica del método de árboles enteros. La máquina se ubica entre las hileras (B y C), las grúas con el cabezal son accionadas para comenzar el corte del árbol de la hilera (A), acumula este árbol y continúa hasta cortar el árbol de la hilera (D), completa su carga y la deposita. Durante el ciclo de trabajo, solo se mueve la grúa con el cabezal y la cabina giratoria. Terminado este ciclo la máquina se desplaza unos metros para el frente en la misma dirección y continúa el corte de tres ciclos más hasta completar la carga del tractor



Figura 1. Corte de árboles con cortadora apiladora.  
Figure 1. Tree cutting with feller buncher.

arrastrador. Una vez terminado el rodal, la máquina se posiciona de nuevo entre las hileras B y C para realizar la operación en sentido contrario cortando cuatro hileras de árboles más, con la misma secuencia de trabajo, depositando los paquetes de árboles sobre el área donde fueron cortados los árboles anteriores.

### 2.5. Obtención y procesamiento de la información

Para la obtención de los datos que caracterizan la operación de corte y apilado de árboles fue realizado un pre-muestreo con parámetros estadísticos determinados (Ecuación 1) para el mismo tipo de máquina, pero con diferentes operadores con más



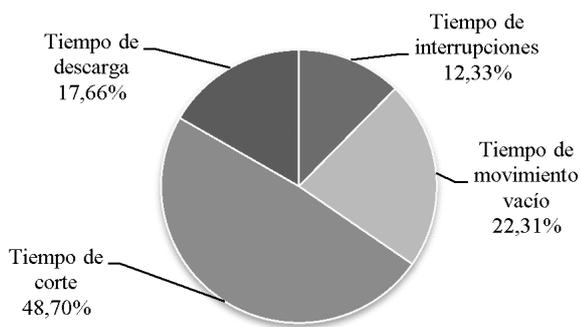


Figura 3. Distribución del tiempo del ciclo operacional.  
Figure 3. Distribution of operational cycle time.

Tanto los valores medios, cuanto los valores extremos están en concordancia con los observados para condiciones similares, Simões et al. (2014). Estos resultados difieren comparado con otros autores como Moreira et al. (2004), lo que se explica por la diferencia en las características del bosque, con un volumen medio de 0,054 m<sup>3</sup> árbol<sup>-1</sup>, o sea, mayor cantidad de árboles en cada ciclo para completar la carga de 5,67 árboles, comparado con 4 árboles en esta investigación, con un volumen medio de 0,2671m<sup>3</sup>/árbol, que justifica el mayor tiempo del ciclo operacional en el trabajo citado. Resultado similar a la cita fue presentado por Oliveira et al. (2009), al trabajar en áreas con árboles de menor volumen medio de 0,1134 m<sup>3</sup>/árbol y de 6,6 árboles para completar la carga.

### 3.2. Resultados de los parámetros técnicos de la operación de corte y apilado de los árboles

Los resultados que se presentan en la tabla 2, muestran que la máquina cortadora-apiladora evaluada en el estudio tiene un desempeño que se corresponde con similares en el mercado. Si bien, máquinas procesadoras como el *harvester* no consiguen valores tan altos de los indicadores técnicos, en general el comportamiento de esta categoría de máquinas *feller-buncher* mantiene valores muy similares.

El resultado de la disponibilidad mecánica se explica en que la máquina utilizada para el levantamiento de la información tiene poco uso, 1500 horas, lo que explica el bajo porcentaje de tiempo para mantenimiento, una considerable parte del tiempo de interrupciones fue para abastecimiento de combustible y operaciones de rutina diaria. No obstante, algunos problemas se presentan con el sistema hidráulico que tiene uso intenso en esta máquina. Braga da Rocha et al. (2009), obtuvieron resultados de 63,3% de disponibilidad mecánica para esta misma categoría de máquina en la cosecha de árboles enteros en plantaciones de *Eucalyptus grandis*, al norte del estado de Goiás, Brasil. Según los autores esta baja disponibilidad mecánica se explica en que la máquina utilizada estaba a 30 días del periodo de mantenimiento preventivo, presentando fallas mecánicas por desgastes existentes.

La eficiencia operacional también se mantiene con un valor satisfactorio, la mayor parte del tiempo que repercute en

Tabla 2. Indicadores técnicos del corte de árboles.

Table 2. Technical indicators cutting trees.

Indicadores técnicos	Valores		
	medios	mínimos	máximos
Disponibilidad mecánica (%)	94,58	89,54	98,72
Eficiencia operacional (%)	87,67	82,35	93,02
Productividad efectiva (m <sup>3</sup> he <sup>-1</sup> )	113,66	84,67	124,85

la disminución de la eficiencia operacional se justifica con el tiempo de 30 minutos que de forma sistemática es exigido en la empresa para evitar exceso de trabajo y posibles accidentes de los operadores de las máquinas. La productividad también fue influenciada por la alta eficiencia operacional, la alta uniformidad dimensional por árbol, un alto volumen de madera por unidad de superficie de 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y condiciones de relieve llano. Cada hora efectiva de trabajo, 425 árboles fueron cortados y apilados, o sea un equivalente a 113,66 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>.

Estos resultados concuerdan con los publicados por Barrio et al. (2008), al obtener una productividad de 106,50 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup> con una máquina cortadora apiladora (*feller-buncher Tigercat720C*) en plantaciones de *Eucalyptus globulus*. Otros resultados que se corresponde con la información obtenida en esta investigación es la publicada por Ghaffariyan et al. (2012), con la máquina *feller-buncher Tigercat 822C* en plantaciones de *Eucalyptus globulus*, con productividad de 115 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup> para un volumen por árbol similar al obtenido en esta investigación.

Resultados superiores fueron presentados por Simões et al. (2014), en plantaciones de *Eucalyptus grandis* con el *feller-buncher Caterpillar 320 CL*, con una disponibilidad mecánica de 96,95 %, eficiencia operacional de 93,59 y una productividad de 500 árboles cortados por hora. Aunque la productividad en volumen de producción no fue tan diferente, de 118 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup>, comparada con 113,66 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup> obtenidas en la investigación presentada, lo que se puede explicar por la diferencia en el volumen de los árboles de 0,2190 m<sup>3</sup> en el trabajo citado contra 0,2671 m<sup>3</sup>.

Moreira et al. (2004), obtuvo resultados muy diferentes de productividad de 36,10 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup> con 542 árboles cortados por hora, en la operación del *feller-buncher* con características similares de la máquina, lo que se explica por el bajo volumen del bosque de 106 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y de 0,054 m<sup>3</sup> árbol, muy inferior a los obtenidos por otros investigadores.

### 3.3. Resultados de los parámetros económicos de la operación de corte y apilado de los árboles

#### 3.3.1. Costo operacional de la máquina cortadora-apiladora (*feller-buncher*)

El resultado del costo operacional de forma general se manifiesta en correspondencia con los valores propios de este tipo de máquina de alto grado de mecanización con 89,37 USD.h<sup>-1</sup>, el 32,21% correspondiente al costo fijo, 59,75% al costo variable y 8,04% al costo de mano de obra.

Dentro del costo fijo, la depreciación de la máquina tiene la mayor repercusión con 17,21% del costo total, valor que se

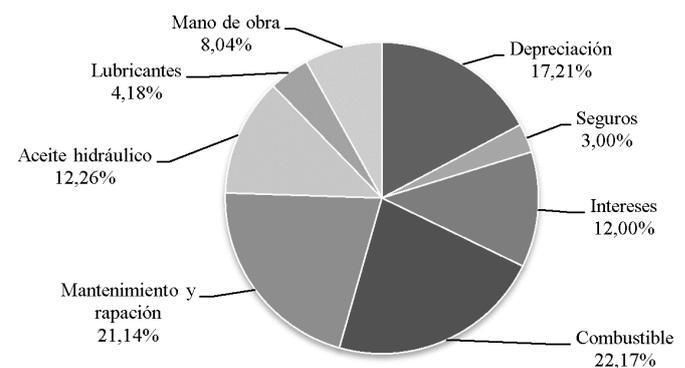


Figura 4. Distribución del costo operacional de la cortadora-apiladora.

Figure 4. Distribution of operational cost of the feller-buncher.

explica por el alto costo de adquisición en el mercado. También la tasa de interés ha aumentado e influye directamente en el costo fijo de la máquina. Los costos variables han tenido el mayor peso en el costo total, con destaque para el consumo de combustible de 22,1% y reparación y mantenimiento de 21,14%, que junto al costo de aceite hidráulico sobrepasan el 50% del costo operacional de la máquina. La mano de obra representa el 8,04% del costo, lo que no se considera un valor alto, explicado por salarios medios a bajos.

Resultados presentados por Moreira et al. (2004), muestran un costo total operacional de 55,27 USD h<sup>-1</sup>, evaluando la operación de corte en plantaciones de *Eucalyptus* sp., de una empresa del sector situada en la región de São Paulo para el *feller-buncher* compuesto por un tractor de estera marca Caterpillar, modelo 320BL, con motor con 132,9 kW (178 hp) de potencia nominal del motor. Ya Ghaffariyan et al. (2012), publica resultados diferentes de 113,00 USD.h<sup>-1</sup> en el corte de árboles en plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la región oeste de Australia en terreno plano con un *feller-buncher* Modelo Tigercat 822C, con potencia nominal de 224 kW (300 hp). Nascimento et al. (2011), presenta resultados más próximos al obtenido en esta investigación, de 72,54 USD h<sup>-1</sup> para el *feller-buncher* Caterpillar 320CL con 103 kW (138,02 hp) en plantaciones de *Eucalyptus* sp., localizados en Itamarandiba, Minas Gerais, Brasil. Simões et al. (2014) obtuvo un costo total de 85,28 USD.h<sup>-1</sup> para el *feller-buncher* Caterpillar 320 CL, equipado con motor Diesel modelo 3066-T, de 103 kW (138,02 hp) de potencia nominal en plantación homogénea de *Eucalyptus grandis* en el primer corte, con 72 meses de edad. Fernandes et al. (2009), publican resultados de costo operacional de 68,62 USD h<sup>-1</sup> para el *feller-buncher* Caterpillar 320CL con 103 kW (138,02 hp) en la operación de corte-apilado en una empresa de mineral en la región de Niquelândia en el estado de Goiás, Brasil. Estos son los valores más próximos a la presente investigación.

Como puede observarse, existen diferencias entre los valores de costo operacional total según los resultados presentados por Moreira et al. (2004), Nascimento et al. (2011), Ghaffariyan et al. (2012) y los obtenidos en este trabajo, aunque existe concordancia con el costo obtenido por Simões et al. (2014). Estas diferencias en el costo operacional se explican por varios factores entre los cuales se encuentran, la potencia del motor de las máquinas lo que conllevan a consumos de combustibles diferente, a las altas y bajas del cambio de moneda que interfiere en el costo de combustibles, lubricantes, piezas de repuestos según la época que se realiza la investigación, lo que encarece el funcionamiento de las máquinas y al nivel de salarios propios de cada región y país. Otra observación importante es que independiente a las divergencias del costo total operacional del *feller-buncher*, existe una tendencia bien marcada demostrada por los autores citados anteriormente, que los costos fijos repercuten en torno de un 25 a 35% y el costo variable 65 a 75%.

### 3.3.2. Costo de producción de la operación de corte y apilado de árboles completos

El resultado del costo medio de producción en el corte y apilado de *Eucalyptus urograndis* con *feller-buncher* fue de 0,79 USD m<sup>-3</sup> con corteza. El valor obtenido se aproxima al resultado publicado por Simões et al. (2014), de 0,72 USD m<sup>-3</sup> en el corte y apilado con *feller-buncher* Caterpillar 320 CL, equipado con motor Diesel modelo 3066-T, con 103 kW (138,02 hp) de potencia nominal en plantación homogénea de

*Eucalyptus grandis* en el primer corte, con 72 meses de edad. El resultado del costo de producción de 1,68 USD m<sup>-3</sup> publicado por Fernandes et al. (2009) para el corte y apilado con el *feller-buncher* Caterpillar 320CL con 103 kW (138,02 hp) en una empresa la región de Niquelândia en el estado de Goiás, Brasil, es muy superior al obtenido en esta investigación. Este resultado se explica porque la productividad del autor citado es inferior de 40,84 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup> comparada con 113,66 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup> obtenida en la presente investigación. Resultados similares a los de Fernandes et al. (2009) y diferentes a los obtenidos en este trabajo fueron presentados por Moreira et al. (2004), con costo de producción de 1,69 USD m<sup>-3</sup>, lo que se explica por el hecho del bajo volumen medio de los árboles de 0,054 m<sup>3</sup> comparado con 0,267 m<sup>3</sup>, lo que conlleva a tener que cortar mayor cantidad de árboles para completar la carga, disminuir la productividad y aumentar el costo de producción.

## 4. CONCLUSIONES

El tiempo efectivo del ciclo operacional del *feller-buncher* tiene una dependencia directa de las características del bosque, destacándose el volumen de los árboles, lo que determina el número de árboles por ciclo para completar la carga de la máquina, favoreciendo árboles de mayor volumen, así la máquina completa en menos tiempo la carga y tiene menos movimientos vacíos entre árboles.

La productividad de la operación de corte y apilado es considerada alta, influenciada por el volumen individual de los árboles que determinó el tiempo del ciclo operacional, el alto volumen de madera por unidad de superficie y el relieve del terreno ligeramente ondulado que favorecen el buen desempeño de la máquina.

El costo de producción obtenido en la investigación fue bajo si comparado con valores presentados por varios autores. Aunque el costo operacional de la máquina está dentro de los valores medios de 89,37 USD h<sup>-1</sup>, lo que se explica por la alta productividad de la operación.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRIO, A.; LÓPEZ, A. M.; NIETO, V. M. Influencia del diámetro medio del rodal y las distancias medias de extracción en los costos de un sistema de cosecha en bosques de *Eucalyptus globulus* en la zona central de Chile. **Revista Colombia Forestal**, Bogotá, v. 11, n. 1, p.83-92, 2008.
- BOLDING, M.; KELLOGG, L.D.; DAVIS, C.T. Productivity and costs of an integrated mechanical forest fuel reduction operation in southwest Oregon. **Forest Products Journal**, Madson, v. 59, n. 3, p.35-46, 2009.
- ROCHA, E. B.; FIEDLER, N. C.; ALVES, R. T.; LOPES, E.; GUIMARÃES, P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.
- FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; MINETTE, L. M.; RINALDI, P. C.; BERNARDES, A. M. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 225-232, 2009.
- GHAFFARIYAN, M. R.; ACUNA, M.; KELLOGG, L. Productivity of roadside processing system in Western Australia. **Silva Balcanica**, Sofia, v. 13, n. 1, p. 49-60, 2012.

- HAN, H. S.; RENZIE, C. Effect of ground slope, stump diameter, and species on stump height for feller-buncher and chainsaw felling. **International Journal of Forest Engineering**, Abingdon, v. 16, n. 2, p. 81-88, 2005.
- HIESL, P.; BENJAMIN, J. G. Applicability of international harvesting equipment productivity studies in Maine, USA: A Literature Review. **Forests**, Basel, v. 4, n. 4, p. 898-921, 2013.
- LONG, C.; WANG, J.; BAUMGRAS, J. Production and cost analysis of a *feller-buncher* in central Appalachian hardwood forest. **Proceedings... Council on Forest Engineering Proceedings. 25th Annual Meeting Forest Engineering Challenges**, 2002. Auburn, Alabama.
- IMEA\_INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Diagnóstico de florestas plantadas do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: IMEA, 2013. 106 p.
- MALINOVSKI, R. A. 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. 169-182, 2006.
- MOREIRA, F. M.; DE SOUZA, A. P.; MACHADO, C. M.; MINETTI, L. J.; SILVA, K. R. Avaliação operacional e econômica do “feller-buncher” em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 199-205, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000200006>
- NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; DE FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller buncher. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602011000100002>
- OLIVEIRA, E.; SEIXAS, F.; BATISTA, J. F. Produtividade de *feller-buncher* em povoamento de eucalipto em relevo acidentado. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 905-912, 2009.
- SESSIONS, J. **Cost control in forest harvesting and road construction**. Rome: FAO – Forestry Paper N. 99, 1992. 106 p.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Sistema Nacional de Informações Florestais**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>> Acesso em: jul. /2016.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. Produtividade e custos do *feller-buncher* e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 621-630, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820142403010>
- SPINELLI, R.; HARTSOUGH, B. R.; OWENDE, P.; WARD, S. M. Productivity and cost of mechanized whole-tree harvesting of fast-growing eucalypt stands. **International Journal of Forest Engineering**, Abingdon, v. 13, n. 2, p. 02-13, 2002.