

ROLDÃO JOSÉ DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE CABOS AÉREOS NA COLHEITA  
DE PINUS NO MUNICÍPIO DE CERRO AZUL-PR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

ROLDÃO JOSÉ DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE CABOS AÉREOS NA COLHEITA  
DE PINUS NO MUNICÍPIO DE CERRO AZUL-PR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de julho de 2009.

---

Prof. Carlos Cardoso Machado  
(Coorientador)

---

Prof. Laércio Antônio Gonçalves  
Jacovine  
(Coorientador)

---

Prof. Amaury Paulo de Souza

---

Prof. Cleverson de Mello Sant'Anna

---

Prof. Márcio Lopes da Silva  
(Orientador)

*A Deus...*

*Aos meus pais e familiares.*

*Aos meus amigos.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao meu orientador Professor Márcio Lopes da Silva, pelo apoio, pela orientação e pela dedicação para que este trabalho desse certo.

Aos meus coorientadores Professores Carlos Cardoso Machado e Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, pelo profissionalismo.

Aos meus pais Evaldo Luiz de Oliveira e Luzia Gonzaga Rufino Oliveira, por me apoiarem sempre.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal Ritinha, Chiquinho e Alfredo, pela colaboração.

Aos meus amigos Eduardo Silva Penna, Elizabeth Neire da Silva e Diêgo Miranda Braga, pela grande ajuda e pelos conselhos, o que muito enriqueceu este trabalho.

À Florestal Vale do Ribeira, em especial aos senhores Afonso e Geremias Perreto, pela oportunidade de desenvolver a pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

ROLDÃO JOSÉ DE OLIVEIRA, filho de Evaldo Luiz de Oliveira e Luzia Gonzaga Rufino Oliveira, nasceu na cidade de Coronel Fabriciano, Minas Gerais, no dia 16 de outubro de 1983.

Em 2001, concluiu o 2º grau no Colégio João Calvino, em Coronel Fabriciano, Minas Gerais.

Em 2002, iniciou o Curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em março de 2007.

Em agosto de 2007, ingressou no programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Ciência Florestal, da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2009.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE QUADROS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	3
2.1 Objetivos específicos .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3.1 A importância do setor florestal brasileiro .....	4
3.2 A colheita florestal .....	5
3.3 A mecanização na colheita florestal .....	6
3.4 A colheita florestal em regiões montanhosas .....	7
3.5 Sistemas de colheita florestal .....	8
3.6 Extração florestal .....	8
3.7 Extração florestal com cabos .....	11
3.8 Cabos aéreos .....	12
3.9 Estudos de tempos e movimentos .....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
4.1 Descrição da área de estudo .....	15
4.2 Sistema de colheita .....	17

4.3 Descrição das máquinas de extração .....	17
4.4 Características do povoamento .....	24
4.5 Coleta de dados .....	24
4.6 Avaliação técnica .....	25
4.7 Avaliação econômica .....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5.1 Características da população de estudo .....	33
5.2 Avaliação técnica .....	33
5.3 Avaliação econômica .....	41
6. CONCLUSÕES .....	47
6.1 Avaliação técnica .....	47
6.2 Avaliação econômica .....	47
7. RECOMENDAÇÕES.....	49
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

## LISTA DE FIGURAS

1. Extração de madeira com a utilização de cabo aéreo.....	13
2. Localização do Vale do Ribeira.. .....	16
3. Localização da área de estudo dentro do Estado do Paraná.....	16
4. Fazenda Tarumã, no município de Cerro Azul, PR.....	17
5. Cabo aéreo da marca Koller, modelo K300 .... ..	18
6. Dimensões do cabo aéreo K300..... ..	19
7. Cabo aéreo K501 .... ..	20
8. Dimensões do cabo aéreo K501..... ..	21
9. Cabo aéreo K601..... ..	22
10. Dimensões do cabo aéreo K601..... ..	23
11. Produtividade (m <sup>3</sup> /hora) de cada modelo de cabo aéreo analisado .....	35
12. Grau de disponibilidade mecânica (%). .....	36
13. Eficiência operacional dos cabos aéreos. ....	38
14. Atividades do ciclo operacional do K300..... ..	39
15. Atividades do ciclo operacional do K501..... ..	40
16. Atividades do ciclo operacional do K601..... ..	41
17. Porcentagem de cada custo operacional..... ..	42
18. Análise de sensibilidade do cabo aéreo K300 . .....	44
19. Análise de sensibilidade do cabo aéreo K501 .....	45
20. Análise de sensibilidade do cabo aéreo K601 .....	46

## LISTA DE QUADROS

1. Declividade média e distância máxima de extração .....	34
2. Número de árvores, volume por árvore e produtividade média.....	34
3. Grau de disponibilidade mecânica .....	36
4. Eficiência operacional por equipamento.....	37
5. Atividades que compõem o ciclo operacional dos cabos aéreos .....	39
6. Custo por hora efetiva de trabalho.....	41
7. Custos de produção.....	43

## RESUMO

OLIVEIRA, Roldão José de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2009. **Avaliação técnica e econômica de cabos aéreos na colheita de Pinus no Município de Cerro Azul-PR.** Orientador: Márcio Lopes da Silva. Coorientadores: Carlos Cardoso Machado e Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Este trabalho, realizado na Fazenda Tarumã, da empresa Florestal Vale do Ribeira, localizada no Município de Cerro Azul, Estado do Paraná, teve como objetivo avaliar técnica e economicamente a utilização de cabos aéreos na colheita florestal em regiões montanhosas. Foram avaliados três equipamentos, os cabos aéreos da marca austríaca Koller, modelos K300, K501 e K601. Na avaliação técnica, fez-se o estudo de tempos e movimentos, com o intuito de identificar os elementos do ciclo operacional, bem como o tempo de cada um. Também, foram estimados a produtividade, a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional. Na avaliação econômica foram calculados os custos operacionais e os custos de produção, sendo posteriormente realizada a análise de sensibilidade das variáveis mais relevantes que compuseram o custo total de extração. No estudo de tempos e movimentos, a atividade que mais demandou tempo nos três cabos aéreos foi a de amarrar *chockers*, com uma porcentagem em relação ao tempo total de 45,20% para o cabo aéreo K300, 40,11% para o

K501 e 41,88% para o K601. A maior produtividade foi observada no cabo aéreo K501 com 18,54 m<sup>3</sup>/h, seguido do cabo aéreo K601 com 16,61 m<sup>3</sup>/h e, por último, do cabo aéreo K300 com 14,84 m<sup>3</sup>/h. A disponibilidade mecânica foi de 95,17% para os três cabos aéreos, pois todos apresentaram a mesma média de tempo de permanência em manutenção. A maior eficiência operacional foi verificada no cabo aéreo K601, com uma porcentagem de 76,62%; depois, em segundo lugar, no cabo aéreo K501 com 74,62% e, por último, no cabo aéreo K300, com eficiência operacional de 63,25%. O menor custo operacional foi do cabo aéreo K300 com R\$99,02/he, seguido do cabo aéreo K501 com R\$123,27/he e por último, do K601 com R\$160,95/he. Porém, quando se considera o custo por metro cúbico extraído, o K501 apresentou o menor custo (R\$6,65/m<sup>3</sup>), seguido do K300, com um custo de R\$6,67/m<sup>3</sup>; e o maior custo de extração R\$9,68/m<sup>3</sup> foi verificado no K601. Na análise de sensibilidade, constatou-se que nos três cabos aéreos a distribuição das variáveis analisadas foi igual. Diante disso, concluiu-se que na avaliação técnica a maior produtividade foi do cabo aéreo K501, com uma média de 18,54m<sup>3</sup>/h de madeira extraída; a disponibilidade mecânica foi de 95,17% nos três cabos aéreos; a maior eficiência operacional foi do cabo aéreo K601, com 76,62%; e no estudo de tempos e movimentos a atividade que mais demandou tempo nos três cabos aéreos foi a atividade de amarrar *chockers*. Na avaliação econômica, o menor custo operacional total foi de R\$99,02 por hora efetiva, observado no cabo aéreo K300; o menor custo de extração foi observado no cabo aéreo K501, apresentando R\$6,65/m<sup>3</sup>; e, por fim, na análise de sensibilidade a variável que mais influenciou o custo de extração, nos três cabos aéreos, foi a produtividade média de extração.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Roldão José de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2009. **Technical and economic evaluation of the use of aerial cables in the harvest of Pinus in the city of Cerro Azul-PR.** Adviser: Márcio Lopes da Silva. Co-Advisers: Carlos Cardoso Machado and Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

The present work, performed in the Tarumã farm, which belongs to the Florestal Vale do Ribeira company, located in the city of Cerro Azul, in the state of Paraná, aimed to carry out a technical and economical evaluation of the use of aerial cables in the forest harvest in mountain regions. Three equipments were evaluated: the aerial cables of the Austrian brand Koller, models K300, K501 and K601. In the technical evaluation, a study on the times and movements was carried out, with the objective of identifying the elements of the operational cycle, as well as the time of each. The productivity, mechanical availability and the operational efficiency were estimated. In the economic evaluation, the operational and production costs were calculated. Later, it was performed the analysis of sensitivity of the most relevant variables which made the total cost of the extraction. In the study of times and movements, the activity that demanded more time in the three aerial cables was to tie the *chockers*, with a percentage in relation to the total time of 45,20% for the aerial cable K300, 40,11% for the K501 and 41,88%

for the K601. The highest productivity was observed in the aerial cable K501, with 18,54 m<sup>3</sup>/h, followed by the aerial cable K601 with 16,61 m<sup>3</sup>/h and, finally, the aerial cable K300, with 14,84 m<sup>3</sup>/h. The mechanical availability was 95,17% in the three aerial cables, since all of them presented the same average of time of permanence in maintenance. The highest operational efficiency was verified in the aerial cable K601, with a percentage of 76,62%; in second place, the aerial cable K501, with 74,62%; and, finally, the aerial cable K300, with an operational efficiency of 63,25%. The lowest operational cost was that of the aerial cable K300, with R\$99,02/ha, followed by the aerial cable K501, with R\$123,27/ha; and, finally, of the aerial cable K601, with R\$160,95/ha. However, when the cost per cubic meter was achieved, the K501 presented the lowest cost (R\$6,65/m<sup>3</sup>), followed by K300, with a cost of R\$6,67/m<sup>3</sup>; and the highest cost of extraction was verified in the K601, R\$9,68/m<sup>3</sup>. In the analysis of sensitivity, it was verified that in the three aerial cables the distribution of the variables analyzed were alike. Therefore, it was concluded that in the technical evaluation, the highest productivity was that of the aerial cable K501, with an average of 18,54 m<sup>3</sup>/h of extracted wood; the mechanical availability was 95,17% in the three aerial cables; the highest operational efficiency was that of the aerial cable K601, with 76,62%; and, in the study of times and movements, the activity that demanded more time in the three aerial cables was to tie chockers. In the economic evaluation, the lowest total operational cost was R\$99,02 per effective hour, observed in the aerial cable K300, while the lowest extraction cost was observed in the aerial cable K501, whose value was R\$6,65/m<sup>3</sup>; and, finally, in the analysis of sensitivity, the most influential variable for the extraction cost was the average extraction productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

É fato que existe uma tendência mundial de aumento do consumo de madeira. No Brasil, a taxa de crescimento anual esperada deverá ser de 3%, permanecendo essa intenção, aumenta-se a necessidade e importância de se ter um sistema de suprimento de madeira eficiente, que requeira alternativas de formas de colheita que levem à sustentabilidade técnica, econômica e ambiental (MACHADO et al., 2008).

Segundo Machado (2008), a colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal que visa preparar e levar a madeira até o local de transporte, fazendo-se o uso de técnicas e padrões estabelecidos, com a finalidade de transformá-la em produto final. É uma atividade complexa, dada a ocorrência de vários fenômenos climáticos, biológicos e o grande número de variáveis que afetam a produtividade e, conseqüentemente, os custos operacionais e de produção. Dessa forma, é necessário o planejamento detalhado das operações para que se possam abordar os fatores que interferem nessa atividade, e buscar antecipar os problemas que normalmente a afetam, minimizando, assim, os custos envolvidos nas operações de colheita florestal (VALVERDE, 1995).

No setor florestal, a colheita de madeira é a fase mais importante economicamente, dada a sua alta participação no custo final do produto e os riscos de perda envolvidos nessa atividade (JACOVINE et al., 1997).

A extração da madeira é um dos pontos críticos da colheita, uma vez que o custo de unidade de madeira de uma etapa chega a ser 25 vezes maior que o transporte principal em alguns países. A mecanização de áreas acidentadas exige o uso de equipamentos dimensionados para executarem suas tarefas nessas condições que apresentem custos compatíveis e proporcionem boas condições de trabalho ao operador (MINETTE, 1988).

De acordo com Seixas (2007), ao escolher o tipo de máquina a ser utilizada na extração de madeira devem-se considerar não somente os aspectos técnicos e econômicos, mas também o grau de impacto sobre o meio ambiente, notadamente o solo em termos de compactação, a poluição por óleos combustíveis e lubrificantes e o assoreamento de cursos d'água.

Para viabilizar a colheita florestal nas áreas de declividade acentuada torna-se necessária a busca de sistemas que permitam o aumento da produtividade, a redução dos custos e a conservação do meio ambiente.

Nas regiões Norte e Noroeste dos EUA, os sistemas de cabos possibilitaram a colheita de madeira em terrenos inclinados. A construção de estradas para a extração de toras é desnecessária, e quando o correto sistema de cabos é empregado, as toras podem ser inteiramente suspensas acima do terreno, resultando em menores danos ao solo (CONWAY, 1976).

No Brasil, o sistema de cabos aéreos ainda não é muito difundido, o que torna a tecnologia pouco acessível. Contudo, com o crescente aumento da demanda por madeira e a conseqüente elevação do valor de mercado desse produto, algumas áreas antigamente pouco utilizadas pelas empresas do setor florestal, terrenos esses caracterizados por elevada declividade e com pouca malha viária, passaram a ser exploradas economicamente através da implantação de novos plantios florestais.

Nessas regiões onde não é possível a colheita com o uso de tratores florestais, a implementação de cabos aéreos se justifica, tanto por razões econômicas quanto ambientais.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar técnica e economicamente a utilização de cabos aéreos na colheita florestal em regiões montanhosas.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Avaliar a produtividade de três modelos de cabos aéreos: K300, K501 e K601.
- Determinar a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional dos cabos aéreos.
- Avaliar o tempo médio de extração e das etapas que a compõem.
- Atualizar os custos operacionais e de extração dos cabos aéreos.
- Verificar o efeito de variáveis que afetam o custo de produção com o uso dos cabos aéreos.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 A importância do setor florestal brasileiro**

A concessão dos benefícios fiscais, associada aos investimentos privados, propiciou ao setor florestal crescimento significativo na área reflorestada, em que a área plantada passou de 400 mil ha no final dos anos de 1960 para 6 milhões de ha em 1994. Nesse período, atingiu-se significativo nível de produtividade dos plantios, principalmente do eucalipto, proporcionando a formação de mão de obra especializada e o desenvolvimento de novas tecnologias (MACHADO et al., 2008).

O programa de incentivos fiscais, embora passível de críticas, proporcionou nesse período grandes benefícios sociais, com a criação de 700 mil empregos diretos e dois milhões de indiretos. Além disso, a indústria madeireira e seus parceiros têm oferecido vários produtos à sociedade, colocando no mercado materiais imprescindíveis à população, como celulose, papel, madeira em tora e serrada, chapas, compensados, aglomerados e carvão. O setor florestal tem dado, ainda, importante contribuição à economia nacional, com participação de 5% na formação do produto interno bruto (PIB), gerando impostos na ordem de R\$ 2 bilhões e investimentos anuais de R\$ 264 milhões (MACHADO et al., 2008).

Trata-se de um setor que se encontra em pleno crescimento e expansão, pois a demanda de produtos de base florestal tem aumentado

consideravelmente nos últimos anos. Em 2001, foram plantados 148.547 ha, com espécies comerciais de eucaliptos e pinus, aumentando, assim, a necessidade de ampliação das técnicas de colheita (SBS, 2006).

O Brasil ocupa, hoje, o sétimo lugar entre os países com os maiores plantios florestais. As florestas plantadas estão distribuídas em praticamente todo o território nacional e em mais de 500 municípios, a maioria constituída por florestas de eucalipto (60%) e pinus (36%); as outras espécies representam apenas 4% do total (MACHADO et al., 2008).

### **3.2 A colheita florestal**

A colheita florestal pode ser interpretada como um sistema integrado por subsistemas de aproveitamento de madeira. Entende-se por sistema um conjunto de operações que podem ser realizadas num só local, ou em locais distintos, e devem estar perfeitamente integradas e organizadas entre si. Isso de modo que o sistema permita o fluxo constante de madeira, evite pontos de estrangulamento e leve os equipamentos à sua máxima utilização (SALMERON, 1981).

Segundo Machado (2008), a colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal que visa preparar e levar a madeira até o local de transporte, fazendo-se o uso de técnicas e padrões estabelecidos, com a finalidade de transformá-la em produto final.

De acordo com Tanaka (1986), a colheita florestal apresenta-se como o item de maior custo das atividades. Pode representar, aproximadamente, 80% do custo do metro cúbico de formação da floresta em condições de corte.

O planejamento é a função de maior importância para a colheita florestal, com ele, podem-se colocar todos os sistemas e métodos possíveis juntos, identificando e resolvendo seus conflitos, reconhecendo as restrições e ordenando os recursos disponíveis de forma antecipada (MACHADO, 1994).

No Brasil, a pesquisa operacional e o sistema de informação geográfica são as duas ferramentas que mais têm auxiliado no planejamento da colheita florestal (MACHADO; LOPES, 2002).

Nobre e Assis (2001) relataram que as restrições e limites sofridos pela atividade florestal contribuem naturalmente para que haja aumento da necessidade de planejamento.

De acordo com Freitas (2004), a escolha racional de equipamentos e de um sistema operacional de colheita são indispensáveis para a redução dos custos.

### **3.3 A mecanização na colheita florestal**

A colheita de florestas plantadas é uma atividade relativamente recente no Brasil. As máquinas são, em sua maioria, adaptadas de outras ou importadas de países com condições climáticas e edáficas diferentes das brasileiras. Com isso, várias pessoas se sentem inseguras para operá-las, necessitando de um período maior de adaptação e estudos para se adequarem às novas condições de trabalho. Quando se coloca em operação determinado trator florestal em um sistema de colheita, há um período de adaptação, em que a produtividade, nesse primeiro momento, é baixa, elevando-se os custos (LIMA; LEITE, 2002).

A introdução de equipamentos que substituíssem o machado e a motosserra possibilitou o aumento da produtividade das operações de colheita e diminuiu a participação do homem nas atividades manual e semimecanizada, que demandam elevado desgaste físico, por serem em geral muito pesadas, e detêm elevado índice de acidentes. Pequena alteração na produtividade de sistemas mecanizados será, provavelmente, mais rentável do que grande modificação na produtividade de sistemas de trabalhos manuais em razão, provavelmente, das elevadas diferenças de rendimentos que os primeiros proporcionam (SANTOS, 1995).

Os tratores florestais usados nas diversas etapas da colheita mecanizada são de grande porte, muito pesados, com elevada potência no motor e velocidade de deslocamento. Permitem grande mobilidade e proporcionam aumento na sua capacidade operacional, uma vez que realizam maior quantidade de trabalho em menos tempo. Entretanto, o excesso de tráfego na área de corte pode provocar danos às cepas, comprometendo as

futuras brotações e contribuindo para o processo de compactação mecânica do solo (LIMA; LEITE, 2002).

Por razões de custo, esses tratores tendem a ser mantidos durante todo o ano em operações. Um ponto importante a ser observado é a disponibilidade mecânica deles, em virtude do sistema de colheita adotado por algumas empresas, que exigem o desenvolvimento de operações em três turnos de trabalho, totalizando 24 horas por dia. O setor de apoio deve ser composto de boa oficina mecânica, com ferramentas especiais, peças de reposição e mecânicos treinados para eventuais problemas que possam ocorrer durante a realização de algumas das etapas de colheita (LIMA; LEITE, 2002).

De acordo com Santos (1995), a mecanização florestal intensiva é irreversível, e a velocidade de concretização dessa tendência será determinada por diversos fatores, como: política econômica e industrial, custo e disponibilidade de mão de obra e custo dos equipamentos florestais.

### **3.4 A colheita florestal em regiões montanhosas**

A extração de madeira em região montanhosa sempre foi um grande desafio para os madeireiros, dificultando a obtenção da matéria-prima para as indústrias florestais. A dificuldade imposta pela movimentação de homens, animais e máquinas, em terreno íngreme, impulsionou o desenvolvimento tecnológico do setor, trazendo soluções de alta produtividade, com melhor utilização dos recursos naturais. A introdução de sistemas de extração mecanizados, e o aprimoramento das técnicas do manejo florestal criaram condições para um perfeito entrosamento entre as múltiplas possibilidades de uso dos ecossistemas florestais (LIRA FILHO, 2001).

No caso específico de operações de retirada de madeira em regiões montanhosas, a oferta de equipamentos é bastante variada. Os sistemas de cabo aéreo, guinchos de tração, balões e helicópteros podem ser aplicados em extração desde áreas levemente onduladas, de declividade suave, até locais com inclinação extrema, alcançando 100% (STUDIER; BINKLEY, 1974).

Esses equipamentos podem alcançar grandes distâncias de remoção, chegando a atingir 1.500 m. Os *yarders* e guinchos de tração permitem a

extração na forma de desbastes, valorizando o aproveitamento do recurso florestal. A utilização desses equipamentos também reduz drasticamente o tamanho da malha viária (MENDONÇA FILHO, 1986).

As calhas são artefatos, construídos de madeira, plástico ou outro material sintético, em forma semicilíndrica. São estrategicamente dispostos na mata, formando verdadeiras ruas de escoamento. Adaptam-se a diferentes declividades e terrenos e têm impacto ambiental bastante reduzido (FAO, 1996).

### **3.5 Sistemas de colheita florestal**

Machado (1989) definiu o sistema de colheita florestal como um conjunto de operações ou processos individuais interdependentes, que tem como resultado a madeira cortada e transportada até o pátio da indústria ou o consumidor final.

No Brasil, segundo Malinovski (1998 citado por LIMA; SANT´ANNA, 2001), os sistemas de toras curtas e de árvores inteiras se mostram predominantes na colheita de eucalipto e pinus, respectivamente.

Essa classificação, baseada na forma ou estado em que a madeira é extraída do local de corte, é a mais usual (MACHADO; SOUZA, 1985).

Segundo Machado (2008), há cinco sistemas de colheita florestal: sistema de toras curtas (*cut-to-length*), sistema de toras longas (*tree-length*), sistema de árvores inteiras (*full-tree*), sistema de árvores completas (*whole-tree*) e sistema de cavaqueamento (*chipping*).

### **3.6 Extração florestal**

A operação de extração refere-se à movimentação da madeira desde o local de corte até a estrada, o carreador ou o pátio intermediário. Existem vários sinônimos dessa operação, muitas vezes dependendo do modo como ela é realizada ou do tipo de equipamento utilizado, e os mais comuns são baldeio, arraste, encoste e transporte primário. A madeira no baldeio é transportada apoiada sobre uma plataforma, como um *trailer* ou um *Forwarder*;

a operação de arraste implica uma parte, ou o todo, da carga estar apoiada sobre o solo, podendo ser feita por guinchos ou por *Skidder*, entre outros; existe também a retirada da madeira suspensa por meio de *cabos aéreos*, mas esse sistema é pouco empregado no Brasil (SEIXAS, 2008).

### **3.6.1. Fatores influentes**

Vários fatores podem afetar o rendimento das operações de extração de madeira; entre eles, os principais são descritos a seguir.

#### **3.6.1.1 Densidade da floresta**

Está relacionada com o número de árvores colhidas por área e o volume das pilhas de madeira que influencia diretamente na operação de carregamento. Em florestas com baixa densidade, o tempo de viagem do equipamento aumenta, a produção fica abaixo da média e os custos de produção tornam-se mais elevados (SEIXAS, 2008).

#### **3.6.1.2 Declividade do terreno**

A inclinação do terreno influencia na seleção do equipamento a ser utilizado, influenciando diretamente o rendimento da máquina escolhida. Deve ser respeitada, em cada equipamento, a sua capacidade máxima de trabalho, de acordo com a declividade do terreno. Em alguns terrenos, os danos resultantes da erosão e as dificuldades de regeneração muitas vezes impedem a utilização de determinados equipamentos que poderiam trabalhar naquela inclinação (SEIXAS, 2008).

Segundo Conway (1976), um limite máximo aceitável para o trabalho com tratores de esteiras estaria entre 50 e 60%; acima desse, mesmo com a construção de estradas ou trilhas, é desaconselhável, em virtude do alto custo de construção, da remoção de solo produtivo e da ocorrência de erosão.

### **3.6.1.3 Tipo de solo**

O tipo de solo está relacionado com a capacidade de sustentação e tração do equipamento. Essas características vão depender também do teor de umidade do solo, pois ocorre um processo de compactação acentuada em teores mais elevados e, mesmo, por vezes, a total incapacidade de movimentação do veículo em determinado tipo de solo e conteúdo de umidade (SEIXAS, 2008).

Mcnabb e Froehlich (1983) afirmaram que a maior parte da compactação total em trilha de arraste já ocorria nas primeiras passadas de uma máquina.

Pelo menos 60% do aumento esperado para a densidade em uma trilha com uso elevado ocorria após as primeiras três a cinco passadas (HATCHEL et al., 1970).

Froelich e McNabb (1984) e Seixas e Souza (1998), apontaram a necessidade de se restringir o tráfego de veículos à menor área possível dentro da floresta, mesmo com aquela área atingindo níveis mais altos de compactação, mas diminuindo a extensão do solo compactado.

### **3.6.1.4 Volume por árvore**

Quanto menor o volume individual por árvore, maior o custo de produção. O uso de peças maiores significa necessidades de menor número para completar uma carga, o que diminui os custos de produção. Contudo, o incremento no tamanho das árvores acima de determinado ponto, dependendo da capacidade da máquina empregada, pode eliminar certas vantagens. Peças muito grandes podem ter a sua movimentação dificultada, exigindo maior potência dos equipamentos (SEIXAS, 2008).

### **3.6.1.5 Distância de transporte**

O planejamento inicial feito na floresta, em termos da dimensão dos talhões e densidade e qualidade da rede viária, já determina a distância de transporte e condiciona a seleção dos equipamentos mais adequados para cada situação. Contudo, o inverso também deve ser considerado, ou seja, a

escolha do sistema de transporte mais adequado a uma empresa pode vir a condicionar a rede viária necessária (SEIXAS, 2008).

### **3.7 Extração florestal com cabos**

Segundo Souza (1985), os sistemas de extração por cabos podem ser classificados em:

- Sistema de cabos de arraste (as toras podem estar parcialmente levantadas ou totalmente apoiadas no solo).
- Sistema de cabos aéreos (neste sistema, as toras podem estar parcialmente levantadas ou totalmente suspensas do solo).

#### **3.7.1 Trator agrícola com guincho arrastador**

O equipamento conhecido como guincho arrastador consiste em um guincho de arraste acoplado a um trator agrícola de rodas. Esse guincho possui um tambor com diferentes metragens de cabo de aço. O operador de campo desce, então, com os cabos até as árvores onde é feito o engate. Após esse processo, dá-se início à operação de arraste para as margens das estradas (OLIVEIRA et al., 2007).

Como vantagens da utilização desse método, podem-se destacar a grande agilidade no processo de extração e a baixa demanda de mão de obra; como desvantagens, têm-se a grande emissão de partículas sólidas na extração e o aumento dos riscos de erosão devido à formação de sulcos no solo e da compactação em virtude do peso das árvores. A pouca mão de obra empregada pode apresentar, também, como um aspecto negativo à medida que não contribui, de forma eficiente, para a geração de empregos (OLIVEIRA et al., 2007).

### 3.8 Cabos aéreos

Segundo Studier e Binkley (1974), um sistema de cabo aéreo consiste no caminho formado por cabos esticados entre dois mastros e usados como suporte e no tracionador das toras a serem extraídas.

Todos os sistemas de cabo apresentam, em comum, o *yarder*, que é a fonte de potência do sistema e funciona, geralmente, movido a diesel, com motores variando de 90 a 700 hp. Possui de um a quatro tambores que armazenam os cabos de aço e são responsáveis pela transferência de força (SEIXAS, 2008).

De acordo com Conway (1976), o processo de movimentação de toras até a máquina ou o pátio, enquanto a máquina se encontra estacionada, é chamado de *Yarding*. Este termo é geralmente aplicado a sistemas de cabos que, na teoria, são capazes de realizar um levantamento vertical. Isso significa que as toras podem ser, ao menos, suspensas parcialmente durante parte do ciclo de transporte.

A descrição do ciclo de extração de madeira com a utilização de cabos aéreos consiste na descida do carro porta-toras em direção à base do morro, através da gravidade, sendo a sua velocidade controlada pelo cabo de tração (REMADE, 2002).

Através da comunicação via rádio, o operador trava o carro porta-toras ao cabo de apoio no ponto de carga; ao mesmo tempo, o cabo de tração se desprende, e os trabalhadores no ponto de carga efetuam a amarração dos cabos às toras; novamente após uma comunicação por rádio, o operador recolhe o cabo de tração, reunindo as toras e as fixando no carro porta-toras; nesse mesmo momento, através de um mecanismo hidráulico no carro-porta toras, ele se destrava do cabo de apoio e, em seguida, é puxado até a praça de descarga. Na praça de descarga, o carro porta-toras é travado e as toras são baixadas e estocadas na margem da estrada. A Figura 1 exemplifica bem a extração de madeira com a utilização de cabos aéreos (REMADE, 2002).

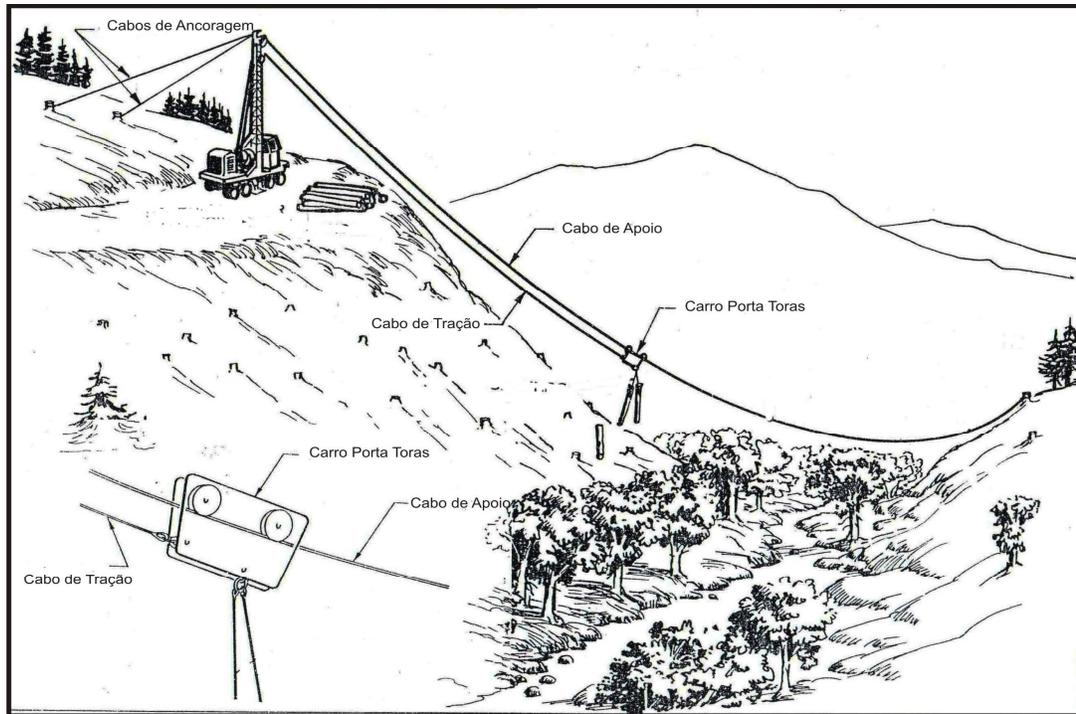


Figura 1-Extração de madeira com a utilização de cabo aéreo.

Fonte: STUDIER; BINKLEY, 1974.

### 3.9 Estudos de tempos e movimentos

A principal razão para a utilização de estudos de tempos foi a busca da precisão para definir o valor dos salários. Posteriormente, percebeu-se que o estudo de tempos e movimentos era um processo que tinha o valor intrínseco de permitir o aprimoramento do trabalho operacional, por meio da racionalização dos movimentos, criando-se, assim, a base do estudo de tempos e movimentos e estimulando a procura de um método ideal para a execução de um trabalho que eliminasse movimentos que não agregam valor ao processo baseado nos tempos e movimentos dos operadores (TAYLOR, 1970).

O estudo de tempo é um processo de amostragem, em que quanto maior o número de observações obtidas, tanto mais representativos seriam os resultados. Para o método de estudo contínuo, deve ser feito um estudo-piloto em que são cronometradas cinco leituras para ciclos com mais de dois minutos de duração. Com essas observações preliminares, determinam-se a amplitude

e a média e joga em uma tabela, aonde se chega a um número de leituras necessárias para o estudo (BARNES, 1977).

Trata-se, também, de um instrumento indispensável na comparação de diferentes métodos ou equipamentos e permite que equações sejam ajustadas para estimar o rendimento das máquinas nas condições de trabalho. O cronômetro é o instrumento de medição mais usado no estudo de tempo, e os dois tipos de cronômetros mais comuns são: de minuto decimal e o de hora decimal (FILHO, 2001).

O estudo de tempos e movimento em operações florestais é o método mais importante de pesquisa utilizado, pois através dele se registra o tempo consumido para cada elemento do ciclo de trabalho, ou do ciclo total de operação, para tirar a produtividade (LOFFLER, 1982).

No estudo de tempos e movimentos na exploração florestal, procura-se encontrar a melhor técnica de executar uma operação, enquanto determina o seu tempo-padrão dentro de um clima econômico, social e ecológico (MACHADO, 1984).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Neste estudo, avaliou-se a operação de extração de madeira no sistema de árvores inteiras, em que serão considerados dados técnicos e econômicos da extração de madeira utilizando os equipamentos K300, K501 e K601.

### **4.1 Descrição da área de estudo**

O Vale do Ribeira está localizado no sul do Estado de São Paulo e ao norte do Estado do Paraná (Figura 2). Recebe esse nome em função da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape e do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá.

A região do Vale do Ribeira no Estado do Paraná é composta pelos Municípios de Adrianópolis, Bocaiuva do Sul, Cerro Azul, Doutor Ulysses, Itaperuçu, Rio Branco do Sul e Tunas do Paraná, sendo a maior concentração dos habitantes na área rural, com exceção de Itaperuçu e Rio Branco do Sul, que se aglomeram na área urbana (Figura 2). A densidade populacional média da região é relativamente baixa, com 139,89 habitantes/km<sup>2</sup> (UFPR, 2008).



Figura 2-Localização do Vale do Ribeira.

Este trabalho realizou-se em áreas de operação de colheita florestal pertencentes à Florestal Vale do Ribeira, uma das empresas da divisão florestal do grupo Berneck, cujos povoamentos florestais se encontram localizados no Estado do Paraná, na região metropolitana de Curitiba, especificamente na fazenda Tarumã, localizada no Município de Cerro Azul (Figura 3). Os dados foram coletados no período de setembro a outubro de 2008.

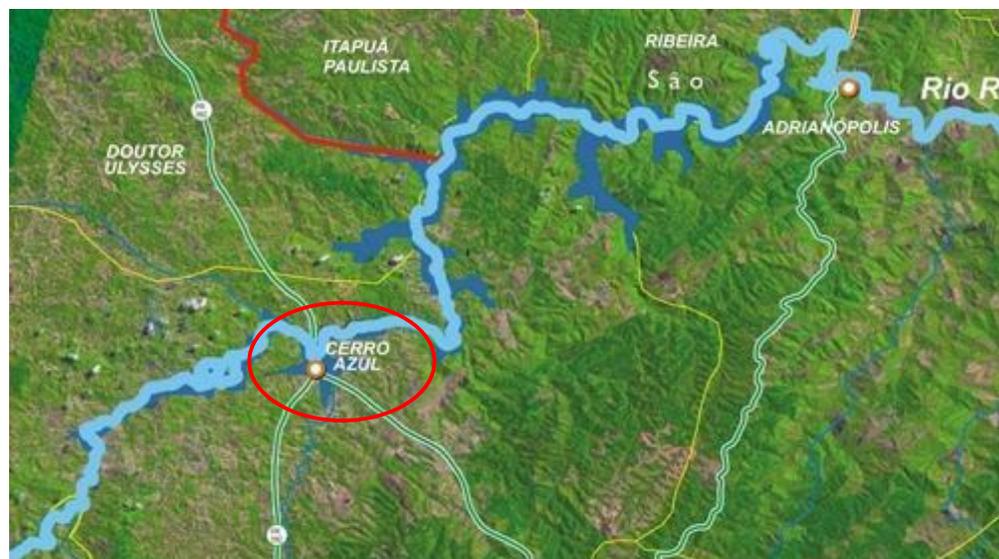


Figura 3-Localização da área de estudo dentro do Estado do Paraná.

A fazenda Tarumã (Figura 4) está localizada a uma latitude de coordenadas N: 7234000 m e E: 675000 m do sistema UTM (SAD 69) e altitude média de 800 m acima do nível do mar. A região apresenta, em grande parte do seu território, relevo ondulado e montanhoso com grandes desníveis altimétricos. Os terrenos da região estão assentados predominantemente sobre rochas calcárias, com alto poder de dissolução. A temperatura média da região gira em torno de 18 °C.

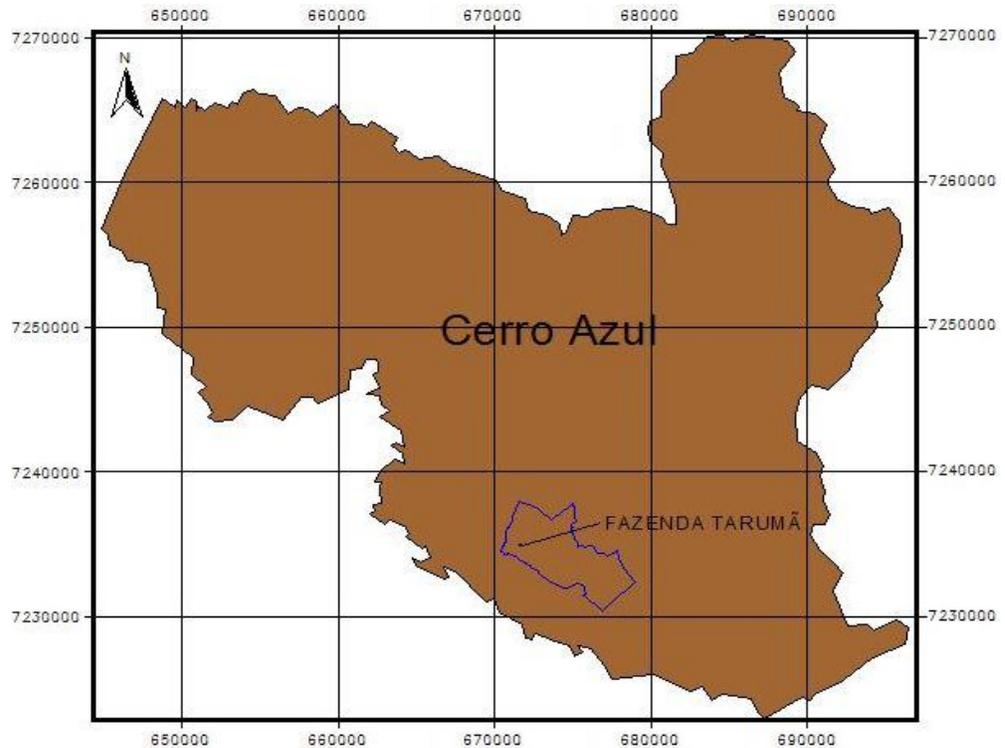


Figura 4-Fazenda Tarumã, no Município de Cerro Azul, PR.

#### 4.2 Sistema de colheita

O sistema de colheita em que foram avaliados os equipamentos utilizados foi o sistema de árvores inteiras, que possui a sua operação semimecanizada de corte e mecanizada de extração. Na operação de corte foram empregadas motosserras. A extração foi realizada através da utilização de cabos aéreos, sendo avaliados os cabos aéreos K300, K501 e K601.

### 4.3 Descrição das máquinas de extração

Neste estudo, o termo cabo aéreo se refere ao conjunto formado pela máquina estacionária (fonte de potência), torre e cabos.

#### 4.3.1 Cabo aéreo K300

Uma das máquinas utilizadas neste estudo é o cabo aéreo da marca Koller, modelo K300, ano de fabricação 2003. O conjunto (Figura 5) consiste do cabo aéreo K300 acoplado à tomada de potência de um trator 4x4 da marca New Holland, modelo 7630, ano de fabricação 2003 e potência de 104 hp.



Figura 5-Cabo aéreo da marca Koller, modelo K300.

O K300 possui uma torre de 7 m, três cabos de ancoragem de 30 m cada e 15 mm de espessura, um cabo de apoio de 420 m de comprimento e 16 mm de espessura e um cabo de tração de 400 m de comprimento e 9,5 mm de espessura (Figura 6).

A equipe de trabalho é composta por quatro pessoas, um operador de torre e três engatadores, e um engatador também opera o rádio de comunicação.

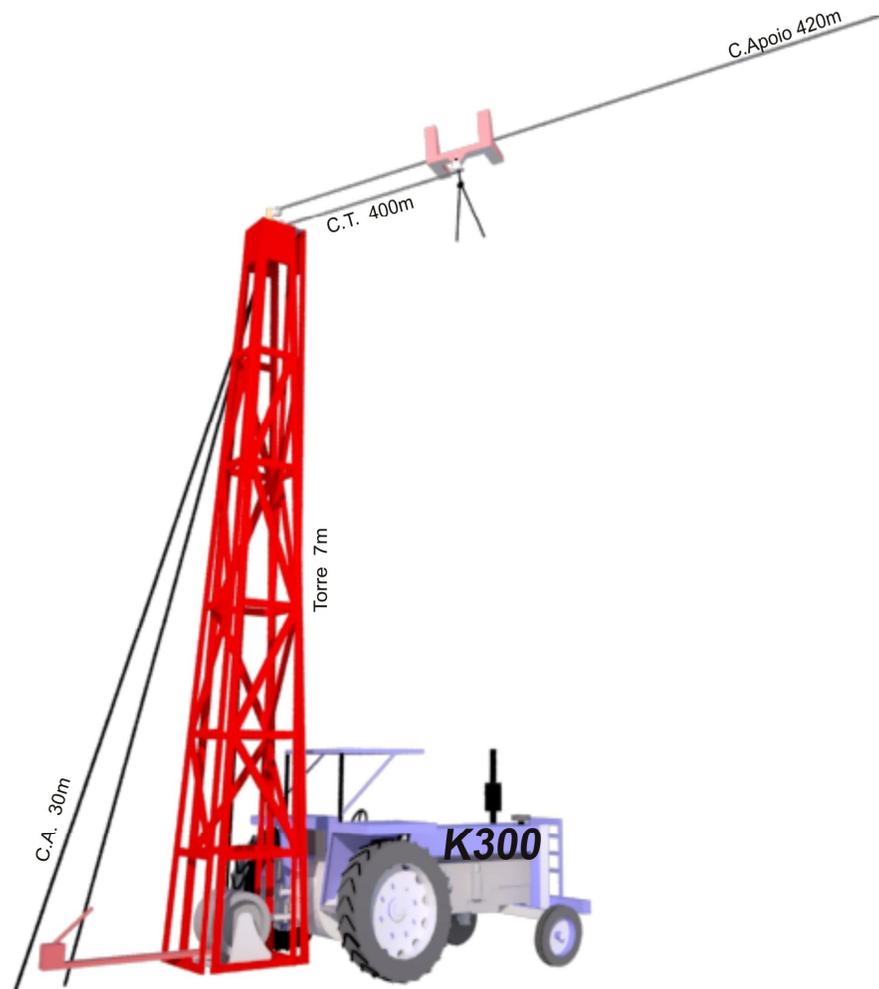


Figura 6-Dimensões do cabo aéreo K300.

### 4.3.2 Cabo aéreo K501

Outro modelo de cabo aéreo avaliado neste estudo foi o modelo K501, da marca Koller, ano de fabricação 2001. O cabo aéreo K501(Figura 7) é autopropelido e possui um motor Cummins de 75 hp de potência.



Figura 7-Cabo aéreo K501.

O cabo aéreo K501(Figura 8) possui uma torre de 10 m de comprimento, quatro cabos de ancoragem de 45 m de comprimento cada e 20 mm de espessura, um cabo de apoio de 500 m de comprimento e 20 mm de

espessura e um cabo de tração de 600 m de comprimento e 12 mm de espessura.

A equipe de trabalho do K501 é composta por cinco pessoas, sendo um operador de torre, um operador de rádio e três engatadores.

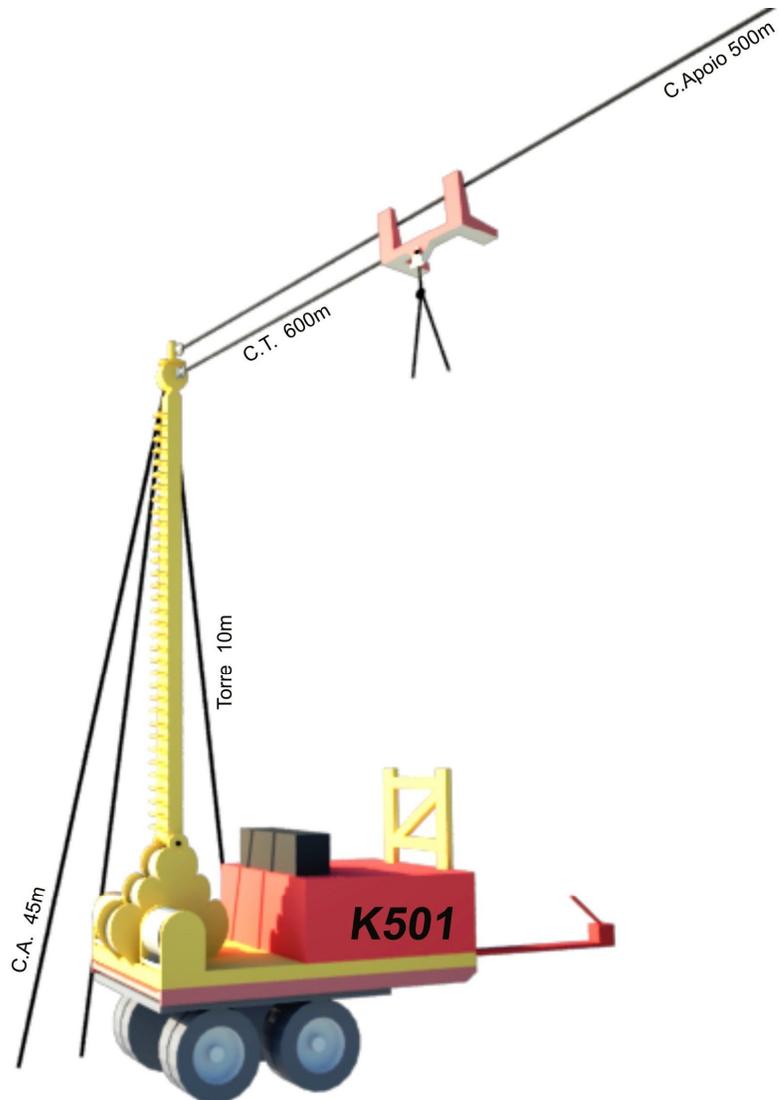


Figura 8-Dimensões do cabo aéreo K501.

### 4.3.3 Cabo aéreo K601

O terceiro e último equipamento avaliado neste estudo foi o cabo aéreo modelo K601 (Figura 9), ano de fabricação 2005, da marca Koller. O cabo aéreo K601 tem a sua montagem na carroceria de um caminhão 6x4, da marca Mercedes Benz, modelo 2318, ano de fabricação 1993. O cabo aéreo K601 é autopropelido e possui um motor Cummins de 140 hp de potência.



Figura 9-Cabo aéreo K601.

O modelo de cabo aéreo K601 (Figura 10) tem como características uma torre de 10 m de comprimento, quatro cabos de ancoragem de 45 m cada e 20

mm de espessura, um cabo de apoio de 600 m de comprimento e 20 mm de espessura e um cabo de tração de 700 m de comprimento e 12 mm de espessura.

A equipe de trabalho do K601 é composta por seis pessoas, sendo um operador de torre e motorista de caminhão, um operador de rádio, três engatadores e um desengatador.

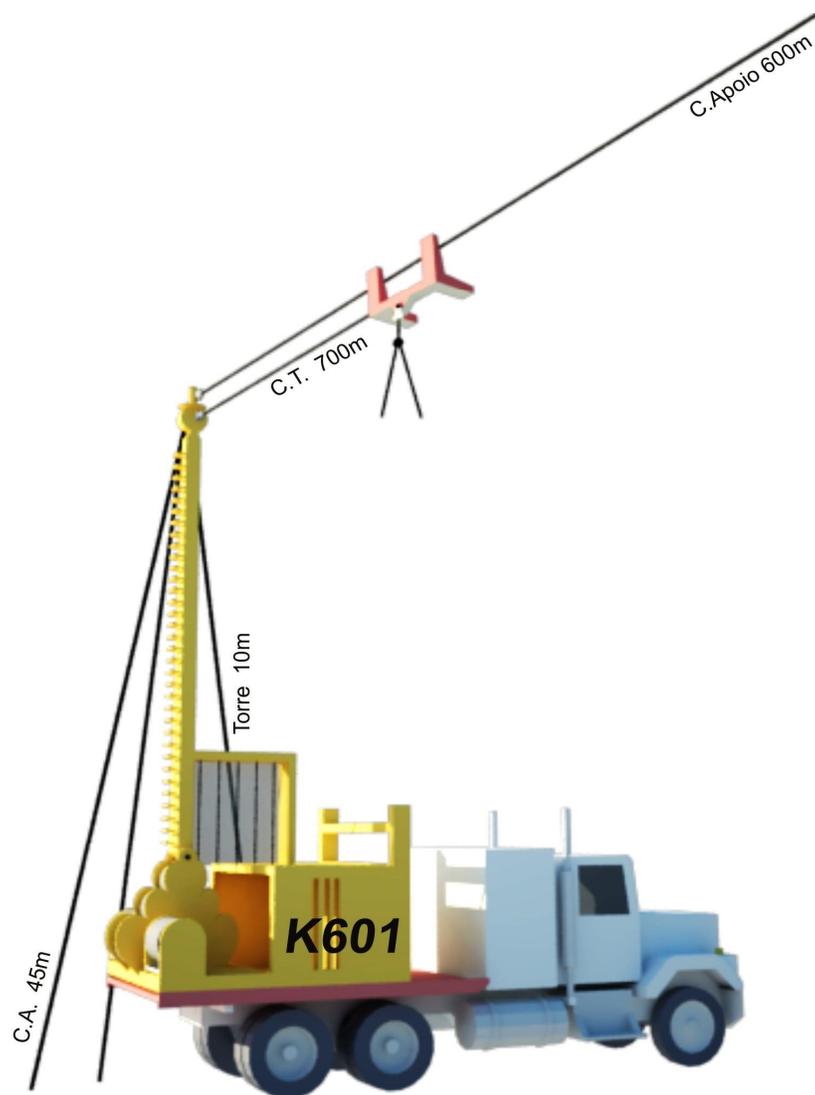


Figura 10-Dimensões do cabo aéreo K601

#### 4.4 Características do povoamento

Embora atualmente a divisão florestal do grupo Berneck só plante *Pinus taeda*, parte de suas florestas adultas é constituída também de *Pinus elliottii*, isto é verificado principalmente na região do Vale do Ribeira.

A fazenda Tarumã localizada nesta região apresenta plantios mistos de *Pinus taeda* e de *Pinus elliottii*, e a população apresenta idade média de 22 anos. De acordo com o inventário pré-corte, a área de estudo possui, em média, 1.250 árvores/ha, com área basal média de 49,42 m<sup>2</sup>, apresentando volume médio com casca de 522 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente, e volume médio por árvore igual a 0,42 m<sup>3</sup>.

#### 4.5 Coleta de dados

Primeiramente, foi feito um estudo-piloto das atividades de colheita analisadas, buscando-se definir o número de observações do ciclo operacional de cada máquina, a fim de atingir o número de observações necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, por meio da seguinte expressão:

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

em que:

n = número mínimo de ciclos necessários;

t = valor de t, para o nível de probabilidade desejado e (n-1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação (%); e

E = erro admissível (%).

#### 4.6 Avaliação técnica

Nesta etapa foram coletadas informações em campo, relacionadas ao desempenho da máquina. A operação de extração foi avaliada em função dos seguintes itens: distância de extração, declividade do terreno, produtividade, disponibilidade mecânica e eficiência operacional.

- Distância de extração: a distância de extração foi considerada da base do feixe de árvores formado na operação de corte até a margem da estrada onde o feixe foi depositado.
- A declividade do terreno é a inclinação dos ramais de extração da madeira, expresso em graus e determinada com o uso de um clinômetro.
- Produtividade: a determinação da produtividade da máquina ( $m^3/he$ ) foi considerada através do volume médio por árvore fornecido pela tabela de inventário pré-corte e tem seu valor multiplicado pelo número de árvores extraídas, obtendo-se o volume total extraído. A partir do acompanhamento da máquina foram obtidas as horas efetivamente trabalhadas. Esse tempo foi considerado como número total de horas, decrescendo-se as interrupções mecânicas e operacionais.

A produtividade foi calculada seguindo-se a expressão:

$$\text{Prod} = \frac{(\text{Na} \times \text{Va})}{\text{He}} \quad (2)$$

em que:

Prod = produtividade ( $m^3/he$ );

Na = número de árvores extraídas;

Va = volume médio por árvore ( $m^3$ ); e

He = horas efetivas de trabalho.

- Disponibilidade mecânica: é considerada como a porcentagem de tempo de trabalho programado, em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo, expressa na seguinte fórmula:

$$DM = \frac{(H - TPM)}{H} \times 100 \quad (3)$$

em que:

DM = grau de disponibilidade mecânica (%);

Temp Per Man = tempo de permanência em manutenção (h); e

H = horas totais (h).

- Eficiência operacional: é a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado, expressa pela equação:

$$EO = \frac{He}{(He+HP)} \times 100 \quad (4)$$

em que:

EO = eficiência operacional (%);

He = tempo de trabalho efetivo (h); e

HP = horas paradas operacionais (h).

#### 4.6.1 Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos foi realizado com avaliações diárias, em que, para cada atividade realizada, foi anotado o tempo gasto. As atividades estudadas foram: descer carro porta-toras, amarrar/passar cabo, acoplar suporte ao carro porta-toras, subir carro porta-toras e soltar árvores, conforme descrito a seguir:

**Descer carro porta-toras:** deslocamento do carro porta-toras da torre até o local de amarrar as árvores.

**Amarrar/passar cabo:** retirada de *chockers* vazios do cabo, prender *chockers* nas árvores e passar cabo nos *chockers* presos.

**Acoplar suporte ao carro-porta toras:** arraste de árvores até o carro porta-toras, encaixe do jumelo do cabo no carro porta-toras destravando o freio.

**Subir carro porta-toras:** deslocamento do carro porta-toras do ponto de carga até a praça de descarga.

**Soltar árvores:** soltar árvores no pátio de estocagem na margem da estrada.

## 4.7 Avaliação econômica

### 4.7.1 Custos operacionais

Foram avaliados os custos operacionais dos equipamentos de cabos aéreos. Essa análise foi realizada através do método contábil, o qual utiliza valores estimados e reais. Os custos fixos (depreciação e juros) foram estimados pela metodologia proposta pela FAO, segundo Machado e Malinovski (1988). Para os custos variáveis (combustível, lubrificantes, mão de obra, serviços de manutenção, peças de reposição) e de administração foram utilizados dados fornecidos pela empresa, visando aproximar-se o máximo do valor real.

Na determinação do custo de produção foi considerado o rendimento por hora trabalhada e corrigido de acordo com o índice de eficiência operacional das operações de extração. Os dados de custos finais levaram em consideração as interrupções envolvidas diariamente em cada operação.

Foram determinados os seguintes custos, para a composição do custo total:

#### 4.7.1.1 Custos fixos

São aqueles que não variam com as horas de operação. Eles não são afetados nem pelo total de atividades da máquina ou equipamento nem pela produção e ocorrem quer o equipamento trabalhe, quer não. Os custos fixos são compostos de custos de depreciação, juros e seguros.

**a) Depreciação (Dp):** corresponde à perda do valor do equipamento ou máquina devido ao passar do tempo de uso. Para cálculo da depreciação, foi utilizado o método de depreciação linear.

$$Dp = \frac{(Va - Vr)}{Vu} \quad (5)$$

em que:

Dp = depreciação (R\$/hora efetiva);

Va = valor de aquisição do equipamento acrescido de impostos, fretes e comissões de venda (R\$);

Vr = valor de revenda do equipamento (R\$); e

Vu = vida útil (h).

**b) Juros (J):** os juros foram calculados aplicando-se ao investimento uma taxa de juros correspondente ao custo de oportunidade, que seria aplicado ao capital. Neste estudo foi utilizada uma taxa anual de juros de 12% a.a.

$$J = \frac{(Va \times i \times f)}{Vu} \quad (6)$$

em que:

J = juros (R\$/hora efetiva);

i = taxa de juros anuais (%);

f = fator de correção para juros compostos (0,6); e

Vu = vida útil (h).

#### **4.7.1.2 Custos variáveis (CV)**

São os custos que variam, proporcionalmente, com a quantidade produzida ou com o uso do equipamento ou máquina. Fazem parte desses custos variáveis os de combustível, lubrificantes, óleo hidráulico, remuneração de pessoal e manutenção e reparos.

**a) Custo de combustível (CC):** é o custo referente ao consumo de óleo diesel e foi calculado pela fórmula:

$$CC = P_u \times c \quad (7)$$

em que:

CC = custo de combustível (R\$/he);

$P_u$  = preço de um litro de óleo diesel (R\$/L); e

c = consumo de óleo diesel por hora efetiva (L/he).

**b) Custo de lubrificantes e graxas (CLG):** este custo foi calculado pelas informações obtidas no campo e pelos manuais de especificação dos equipamentos e máquinas avaliados, pela seguinte fórmula:

$$CLG = 0,30 \times CC \quad (8)$$

em que:

CLG = custo de lubrificantes e graxas (R\$/he); e

CC = custo com combustível (R\$/he).

**c) Custo de óleo hidráulico (COH):** este custo está relacionado com o consumo de óleo do sistema hidráulico do equipamento ou máquina. É dado por:

$$COH = 0,50 \times CC \quad (9)$$

em que:

COH = custo de óleo hidráulico (R\$/he); e

CC = custo com combustível (R\$/he).

**d) Custo de manutenção e reparos (CMR):** refere-se ao custo de mão-de-obra de oficina, peças de reposição e outros materiais, e foi calculado em 70% do valor da depreciação do cabo aéreo.

$$\text{CMR} = 0,70 \times \text{Dp} \quad (10)$$

em que:

CMR = custo de manutenção e reparos (R\$/he); e

Dp = depreciação linear em horas efetivas (R\$/he).

#### **e) Custos com pessoal operacional e manutenção (COM)**

Estes custos foram obtidos diretamente na empresa de onde se coletaram os dados, em valores mensais e divididos pela quantidade de horas trabalhadas. Tais custos compreendem os referentes a salários diretos mais benefícios sociais, como o 13º salário, férias, indenizações, seguros, transporte e vestuário, entre outros.

#### **4.7.1.3 Custos de administração**

Estes custos também foram obtidos diretamente da empresa de onde os dados desta pesquisa foram coletados. São os custos relacionados com trabalho de escritório (contabilidade e finanças), supervisão de campo e lucro da empresa prestadora de serviço. Neste estudo, os custos de administração foram considerados como 10% dos custos totais em valores mensais e divididos pela quantidade de horas trabalhadas por mês.

#### 4.7.1.4 Custo operacional total (CT)

Este custo foi obtido pela soma dos custos fixos, variáveis e os custos de administração, em horas efetivas:

$$CT = CF + CV + CA \quad (11)$$

em que:

CT = custo operacional total (R\$/he);

CF = custo fixo (R\$/he);

CV = custo variável (R\$/he); e

CA = custo de Administração (R\$/he).

#### 4.7.1.5 Custo de produção

O custo de extração das máquinas foi obtido pela divisão dos custos operacionais (R\$/he) pela produção horária de cada um dos equipamentos, conforme as respectivas operações e expresso em (R\$/m<sup>3</sup>).

$$CPr = \frac{CT}{PO} \quad (12)$$

em que:

CPr = estimativa do custo de extração de madeira (R\$/m<sup>3</sup>);

CT = custo operacional total por hora efetiva (R\$/he); e

PO = estimativa da produtividade por hora efetiva (m<sup>3</sup>/he).

#### 4.7.1.6 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste em um estudo que tem por objetivo determinar o grau de variação dos indicadores de viabilidade diante de alterações nas variáveis mais relevantes de um projeto.

Para determinar os valores mínimos, médios e máximos das variáveis mais relevantes dos três cabos aéreos foi considerada uma variação de -20% a +20% em relação ao valor-base dessas variáveis.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Características da população de estudo**

A população deste estudo consistiu de plantios mistos de *Pinus taeda* e de *Pinus elliottii* com 22 anos de idade. Segundo dados do inventário pré-corte, a densidade média foi de 1.250 árvores por hectare, com altura média de 23 m e volume médio com casca de 522 m<sup>3</sup>/ha, obtendo-se, assim, um volume médio de 0,4176 m<sup>3</sup> por árvore.

### **5.2 Avaliação técnica**

#### **5.2.1 Avaliação da produtividade**

Antecedendo à quantificação da produtividade, foi realizada a avaliação dos locais de extração em que cada modelo de cabo aéreo estava operando, e dados como declividade média e distância máxima de extração foram coletados, a fim de deixar claras as condições de trabalho de cada equipamento (Quadro 1).

Quadro 1-Declividade média e distância máxima de extração

<b>Cabo aéreo</b>	<b>Distância máxima (m)</b>	<b>Declividade média (graus)</b>
K300	105	36
K501	185	27
K601	355	24

De posse de dados como volume médio por árvore, número de árvores extraídas e horas efetivas trabalhadas, foi possível avaliar a produtividade por hora efetiva dos três modelos de cabo aéreo utilizados neste estudo, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2-Número de árvores, volume por árvore e produtividade média

<b>Cabo aéreo</b>	<b>Árvores/hora</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/árvore)</b>	<b>Produtividade (m<sup>3</sup>/hora)</b>
K300	35,54	0,4176	14,84
K501	44,39	0,4176	18,54
K601	39,78	0,4176	16,61

Pode-se notar que a maior produção (m<sup>3</sup>/hora) foi observada no cabo aéreo K501, com 18,54 m<sup>3</sup>/hora, seguido do cabo aéreo K601, que apresentou 16,61 m<sup>3</sup>/hora; e, por último, o cabo aéreo K300, com 14,84 m<sup>3</sup>/hora (Figura 11).

O que chama mais a atenção é a diferença de produtividade entre os cabos aéreos K501 e K601. O esperado era maior produção hora do cabo aéreo K601, por se tratar de equipamento novo e mais potente, mas isso não foi observado. Essa diferença pode ser, em parte, explicada pela distância máxima de extração, que foi maior no K601, e uma declividade menor, o que deixa mais lenta a descida do carro porta-toras, já que ele desce pela força da gravidade.

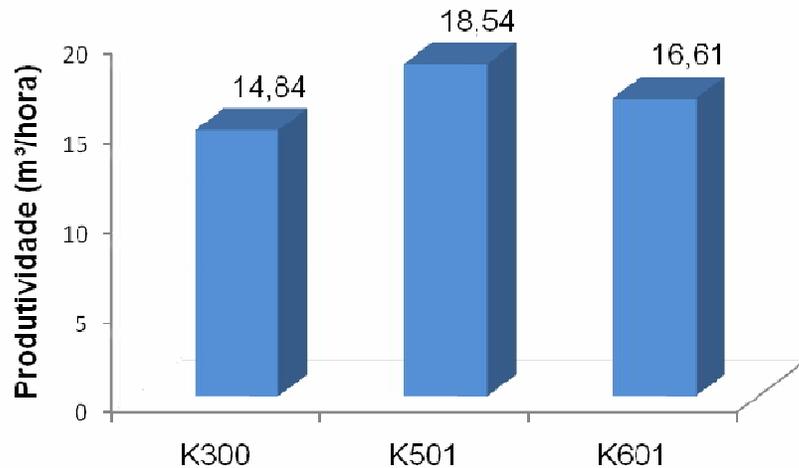


Figura 11-Produtividade (m³/hora) de cada modelo de cabo aéreo analisado.

Fazendo comparação com outros trabalhos, pode-se citar o estudo realizado por Forrester (1993 citado por SEIXAS, 2008), no qual um cabo aéreo modelo Skylead C40, trabalhando em floresta com 0,50 m³ por árvore e a uma distância de extração de 108 m, obteve produtividade média de 17 m³/h.

Em comparação com outras máquinas utilizadas na extração florestal, pode-se citar o trabalho realizado por Birro (2002), no qual, avaliando um Track Skidder Caterpillar modelo 527, sob condições de declividade variando de 28° a 32° e distância média de extração de 130 m, obteve produtividade média de 18 m³/h.

Tais dados evidenciam que, sob condições piores de declividade e distância de extração, os três cabos aéreos avaliados obtiveram dados compatíveis com aqueles obtidos em outras máquinas.

### 5.2.2 Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica é o tempo em que cada máquina se encontra apta a desempenhar o seu trabalho. O grau de disponibilidade mecânica (DM) é a porcentagem de tempo em que a máquina está apta a desenvolver trabalho produtivo durante o mês.

Com um regime de trabalho de 22 dias mensais, com um turno de trabalho/dia e uma jornada diária de oito horas, a Florestal Vale do Ribeira

apresentou os seguintes graus de disponibilidade mecânica para os cabos aéreos K300, K501 e K601(Quadro 3).

Quadro 3-Grau de disponibilidade mecânica

Cabo aéreo	Temp Per Man (horas/mês)	DM (%)
K300	8,5	95,17
K501	8,5	95,17
K601	8,5	95,17

Segundo dados fornecidos pela empresa, todas as três máquinas apresentaram, em média, 8,5 horas de tempo mensal médio de permanência em manutenção (Temp Per Man) por mês. Sendo o tempo médio de permanência em manutenção o mesmo, o grau de disponibilidade mecânica também foi o mesmo, chegando-se ao valor de 95,17% para os três equipamentos (Figura 12).

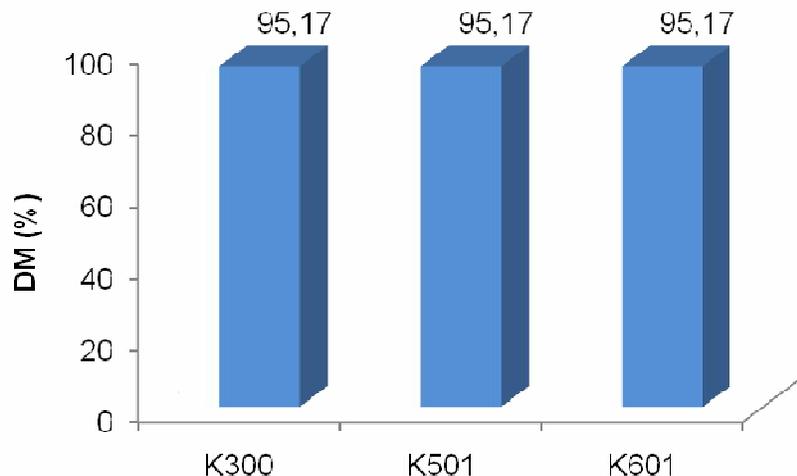


Figura 12-Grau de disponibilidade mecânica (%).

Esse mesmo grau de disponibilidade mecânica é evidenciado devido à homogeneidade das equipes de trabalho e ao desgaste comum nos três cabos

aéreos de peças de fácil manutenção, como cabos de tração, *chockers* e carro porta-toras.

### 5.2.3 Eficiência operacional

O conceito de eficiência operacional é a porcentagem de tempo efetivamente trabalhado. Dados como horas de paradas operacionais e horas efetivamente trabalhadas foram coletados, e os dados, processados, chegando-se aos seguintes valores de eficiência operacional (Quadro 4).

Quadro 4-Eficiência operacional por equipamento

<b>Cabos aéreos</b>	<b>Horas efetivas/mês</b>	<b>Horas paradas/mês</b>	<b>EO (%)</b>
K300	111,32	64,68	63,25
K501	131,34	44,66	74,62
K601	134,86	41,14	76,62

O cabo aéreo de maior eficiência operacional (EO) foi o cabo aéreo K601 com 76,62%, seguido pelo K501 com 74,62% e pelo K300 com 63,25% (Figura 13).

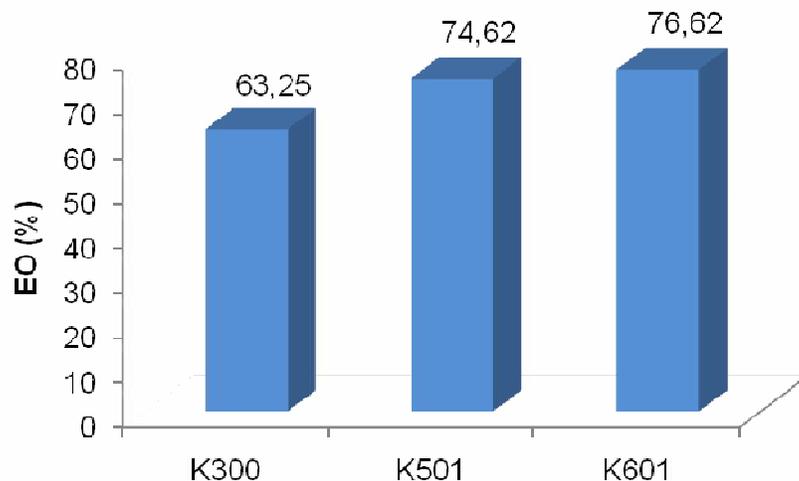


Figura 13-Eficiência operacional dos cabos aéreos.

Essa diferença pode ser atribuída a vários fatores, como o nível de treinamento recebido pelos operadores, experiência na função, adaptação das máquinas aos operadores e, principalmente, da quantidade de perda de trabalho através de paradas.

Segundo Machado (1989), a eficiência operacional de máquinas florestais não deve ser inferior a 70% devido ao comprometimento dos custos de produção. Os cabos aéreos K501 e K601 obtiveram valores de eficiência operacional acima de 70%, e apenas o cabo aéreo K300 obteve valor abaixo deste, que pode ser explicado pela maior mudança de local de extração em relação aos outros cabos aéreos, devido à menor distância de extração.

#### 5.2.4 Estudos de tempos e movimentos

Durante este estudo foram amostrados 53 ciclos para o cabo aéreo K300, 85 ciclos para o K501 e 79 ciclos para o K601. Ressalta-se que o mínimo exigido, segundo a amostragem-piloto, foi de 42 ciclos para o K300, 66 ciclos para o K501 e 21 ciclos para o K601.

Com o estudo de tempos e movimentos, foi possível determinar a porcentagem de tempo gasto por atividade parcial que compõe o ciclo operacional dos cabos aéreos (Quadro 5).

Quadro 5-Atividades que compõem o ciclo operacional dos cabos aéreos

Atividades parciais	K300		K501		K601	
	Tempo (s)	(%)	Tempo (s)	(%)	Tempo (s)	(%)
Descer carro-porta toras	28,03	10,67	36,03	15,04	58,54	16,74
Amarrar <i>chockers</i>	118,73	45,2	96,09	40,11	146,48	41,88
Acoplar suporte/ carro porta-toras	36,2	13,78	30,35	12,67	36,2	10,35
Subir carro-porta toras	37,56	14,3	43,95	18,35	72,6	20,76
Soltar árvores	42,11	16,05	33,12	13,83	35,88	10,27
Total	262,66	100	239,56	100	349,72	100

Pode-se observar que, no cabo aéreo K300, as duas atividades que demandaram a maior porcentagem do tempo foi amarrar *chockers*, com 45,20%; e logo em seguida, soltar árvores, com 16,03% do tempo do ciclo operacional da máquina. Os outros componentes do ciclo operacional, como descer carro porta-toras, acoplar suporte ao carro porta-toras e subir carro porta-toras, apresentaram 10,67%, 13,78% e 14,3% do tempo total (Figura 14).

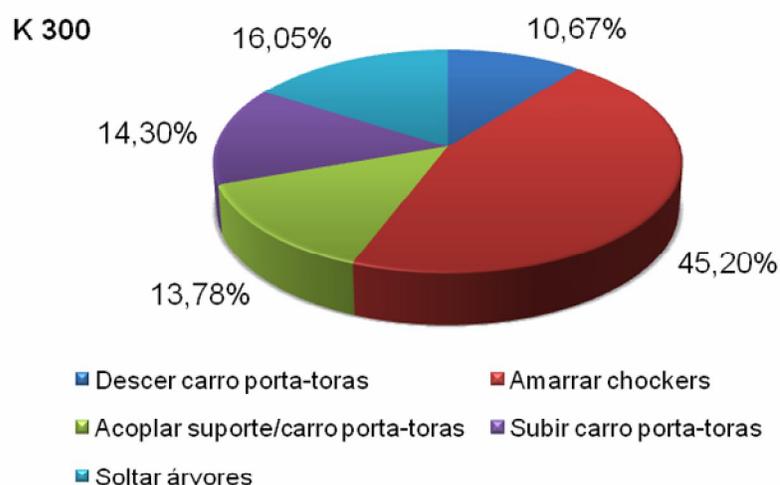


Figura 14-Atividades do ciclo operacional do K300.

No cabo aéreo K501, a atividade que demandou a maior porcentagem de tempo foi a atividade de amarrar *chockers* com 40,11% e, em seguida, a

atividade de subir carro porta-toras com 18,35%. As outras atividades, descer carro porta-toras, acoplar suporte ao carro porta-toras e soltar árvores, apresentaram, respectivamente, 15,04%, 12,67% e 13,83% do tempo total do ciclo operacional (Figura 15).



Figura 15-Atividades do ciclo operacional do K501.

O cabo aéreo K601, assim como o K501, apresentou as atividades amarrar *chockers* e subir carro porta-toras, como as atividades que possuíram a maior porcentagem do tempo total do ciclo operacional, apresentando uma porcentagem de 41,88% para a atividade amarrar *chockers* e 20,76% para subir carro porta-toras (Figura 16). As atividades restantes, descer carro-porta toras com 15,04% e acoplar suporte ao carro porta toras apresentou 12,67% e soltar árvores, 13,83% do tempo total do ciclo operacional.

Nos três equipamentos, a atividade parcial amarrar *chockers* foi a que mais demandou tempo, apresentando em média 40%; em seguida, a atividade subir carro porta-toras foi a que apresentou a segunda maior média para os cabos aéreos K501 e K601. Essa mesma característica não foi observada no cabo aéreo K300, cuja explicação é a distância de extração, que foi menor neste, fazendo que esta atividade não apresentasse a mesma dinâmica de tempo como nos outros equipamentos.



Figura 16-Atividades do ciclo operacional do K601.

### 5.3 Avaliação econômica

A partir do somatório dos custos fixos, variáveis e de administração, pôde-se chegar aos valores dos custos operacionais dos cabos aéreos. Os custos totais por hora efetiva de trabalho estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6-Custo por hora efetiva de trabalho

Custos operacionais	K300 (R\$/he)	K501 (R\$/he)	K601 (R\$/he)
<b>Custos Fixos</b>			
Depreciação	16,95	27,58	39,04
Juros	1,36	2,20	3,12
<b>Custos Variáveis</b>			
Combustível	8,31	8,87	12,46
Lubrificantes e graxas	2,49	2,66	3,74
Óleo hidráulico	4,15	4,43	6,23
Manutenção e reparos	11,86	19,30	27,33
Salário e encargos	45,07	47,03	54,40
<b>Administração</b>	9,01	11,20	14,63
<b>Custo total</b>	<b>99,02</b>	<b>123,27</b>	<b>160,95</b>

Nota-se que em todos os três cabos aéreos os custos mais altos foram os custos de salários e encargos, depreciação e custo de manutenção e reparos, como demonstrado na Figura 17.

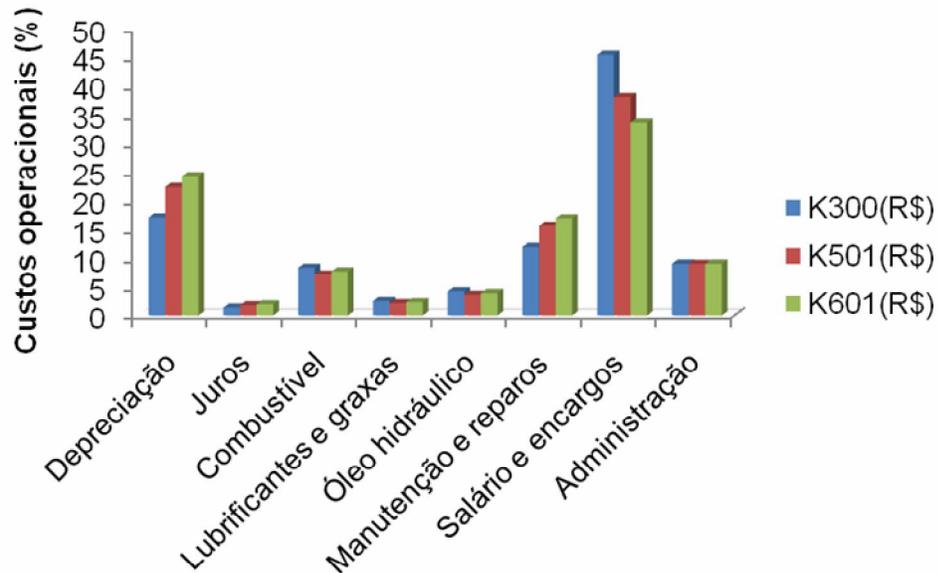


Figura 17- Porcentagem de cada custo operacional.

Na Figura 17, que mostra a porcentagem de cada item do custo operacional em relação ao custo total, percebe-se que no item custos fixos o custo de depreciação representou 17,11% para o cabo aéreo K300, 22,37% para o K501 e 24,25% para o K601. Já nos custos variáveis os itens mais significativos foram o custo de salários e encargos e os de manutenção e reparos. No cabo aéreo K300, o custo de salários representou 45,51%, o que significou no K501 38,15% e no K601 33,79%. O custo de manutenção e reparos 11,97% para o cabo aéreo K300, 15,65% para o K501 e 16,98% para o K601.

Os custos de produção foram obtidos através da divisão dos custos operacionais pela produtividade média de cada cabo aéreo (Quadro 7).

Quadro 7-Custos de produção

<b>Cabos aéreos</b>	<b>Custos de produção (R\$/m<sup>3</sup>)</b>
K300	6,67
K501	6,65
K601	9,68

Com custo operacional de R\$123,27/he e produtividade média de 18,54m<sup>3</sup>/h, o custo de produção do cabo aéreo K501 foi de R\$6,65/m<sup>3</sup> extraído, o menor custo de produção entre as três máquinas avaliadas. O cabo aéreo K300 teve custo de produção de R\$6,67/m<sup>3</sup>, seguido do K601, com custo de produção de R\$9,68/m<sup>3</sup> de madeira extraída.

### **5.3.1 Análise de sensibilidade**

A análise de sensibilidade teve como objetivo determinar o grau de variação dos resultados dos custos de extração dos três cabos aéreos, diante de alterações nas variáveis mais relevantes que compuseram o custo total de extração.

Neste estudo, as variáveis que mais influenciaram o custo de extração foram o custo de depreciação, custo de salário e encargos e a produtividade média de extração. Nos três cabos aéreos, esses custos foram variados em ± 20%.

Variando em ± 20% essas variáveis, chega-se aos seguintes resultados para o cabo aéreo K300, como apresentado na Figura 18.

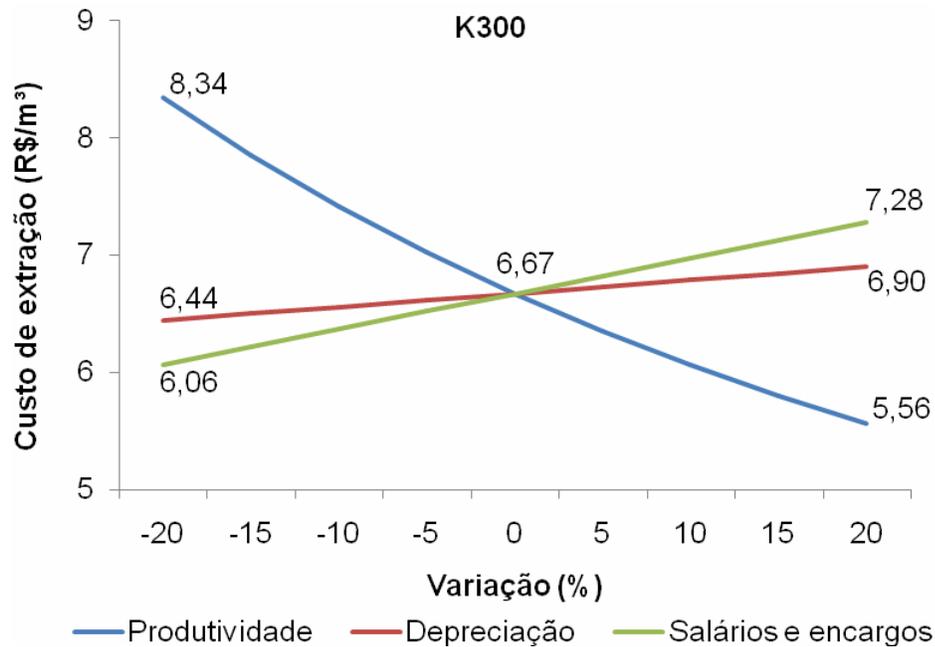


Figura 18-Análise de sensibilidade do cabo aéreo K300

Nota-se que, quando a produtividade aumenta, o custo de extração decresce. Dessa forma, tomando como base um custo de extração de R\$6,67/m<sup>3</sup>, quando aumenta em 20% a produtividade, o custo de extração atinge valor mínimo de R\$5,56/m<sup>3</sup>; já quando é diminuída em 20% o custo de extração atinge valor máximo de R\$8,34/m<sup>3</sup>.

Já quando se aumenta o custo de salários e encargos, e depreciação, o custo de extração aumenta. Variando em ± 20% o custo de salário e encargos, o custo de extração variou de um valor mínimo de R\$6,06/m<sup>3</sup> para um valor máximo de R\$7,28/m<sup>3</sup>. Da mesma forma, variando em ± 20% o custo de depreciação, obteve um valor mínimo de custo de extração de R\$6,44/m<sup>3</sup>, e um valor máximo de R\$6,90/m<sup>3</sup>.

O cabo aéreo K501 também apresentou essa mesma tendência, como pode ser visto na Figura 19.

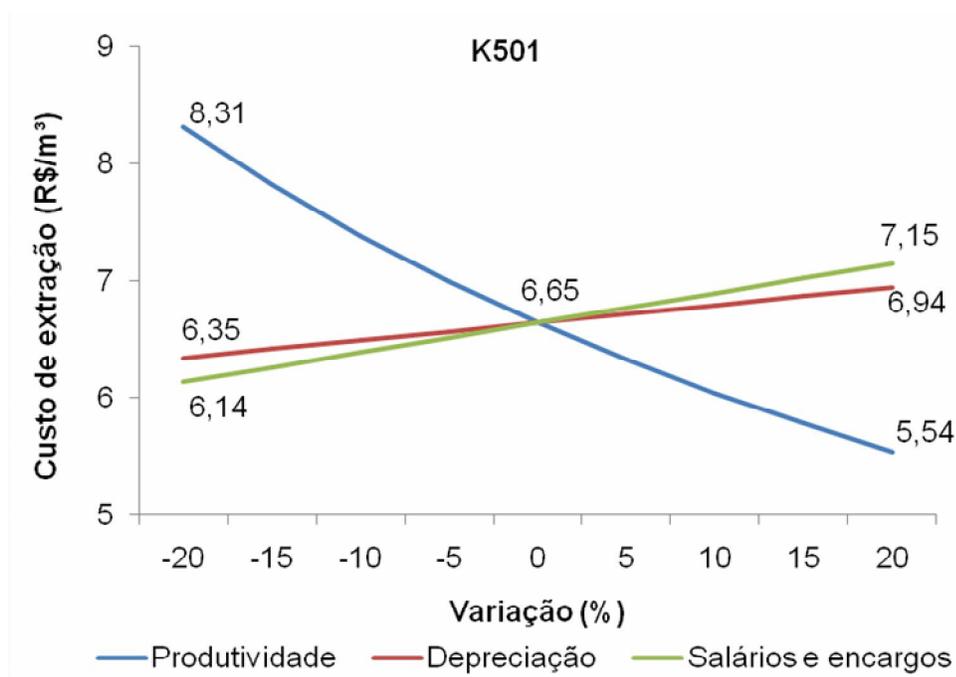


Figura 19-Análise de sensibilidade do cabo aéreo K501

Tendo como base um custo de extração de R\$6,65/m<sup>3</sup>, foi atingido um custo de extração mínimo de R\$5,54/m<sup>3</sup>, quando houve aumento de 20% na produtividade, bem como um valor máximo de custo de extração de R\$8,31/m<sup>3</sup>, quando a redução da produtividade foi de 20%.

Quando aumentou em 20% o custo de salário e encargos, o custo de extração apresentou valor máximo de R\$7,15/m<sup>3</sup>. Da mesma forma, quando diminuiu em 20%, o custo de extração atingiu valor mínimo de R\$6,14/m<sup>3</sup>; variando em ± 20% o custo de depreciação, o custo de extração alcançou um valor máximo de R\$6,94/m<sup>3</sup>, quando houve aumento da depreciação de 20%, e valor mínimo de R\$6,35/m<sup>3</sup> devido a uma diminuição de 20% no custo de depreciação.

E, por último, foi realizada a análise de sensibilidade do cabo aéreo K601, como demonstrado na Figura 20.

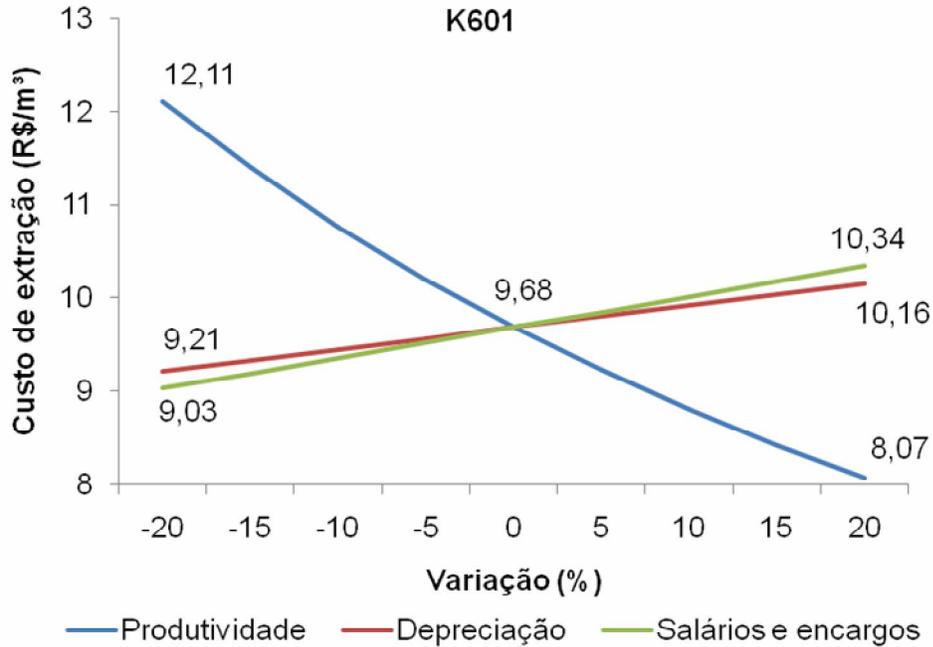


Figura 20-Análise de sensibilidade do cabo aéreo K601

Assim como os cabos aéreos K300 e K501, o K601 apresentou o mesmo padrão de distribuição dos dados das variáveis testadas.

Tendo como base um custo de extração de R\$9,68/m³ e com variação da produtividade em  $\pm 20\%$ , o custo de extração atingiu valor mínimo de R\$8,07/m³ com o aumento da produtividade, bem como um valor máximo de R\$12,11/m³ com o decréscimo da produtividade. Com o aumento de 20% do custo de salário e encargos, houve aumento do custo de extração, atingindo um valor máximo de R\$10,34/m³; com o decréscimo de 20%, houve um custo de extração mínimo de R\$9,03/m³. O mesmo foi observado com custo de depreciação aumentando em 20% esse custo, ele atingiu um valor máximo de custo de extração de R\$10,16/m³, enquanto com a diminuição de 20% foi observado valor mínimo de R\$9,21/m³.

Pode-se notar que nos três cabos aéreos a distribuição das variáveis analisadas foi igual.

## 6. CONCLUSÕES

De acordo com a análise e discussão dos resultados, pode-se concluir que:

### 6.1 Avaliação técnica

- ✓ A maior produtividade foi do cabo aéreo K501, com média de 18,54m<sup>3</sup>/h de madeira extraída.
- ✓ A disponibilidade mecânica foi de 95,17% para os três cabos aéreos, pois apresentaram, em média, 8,5 horas de permanência em manutenção.
- ✓ A maior eficiência operacional foi do cabo aéreo K601, com 76,62%.
- ✓ No estudo de tempos e movimentos, a atividade que mais demandou tempo nos três cabos aéreos foi a atividade amarrar *chockers*.

### 6.2 Avaliação econômica

- ✓ O menor custo operacional foi de R\$99,02 por hora efetiva, observado no cabo aéreo K300.
- ✓ O menor custo de produção foi observado no cabo aéreo K501, apresentando R\$6,65/m<sup>3</sup>.

- ✓ Na análise de sensibilidade, a variável que mais influenciou o custo de extração, nos três cabos aéreos, foi a produtividade média de extração.

## 7. RECOMENDAÇÕES

- ✓ Realizar este estudo em diferentes cenários, para efeito de comparação.
- ✓ Promover um estudo visando identificar a distância ideal de extração de cada máquina, com intuito de aumentar a produtividade e a eficiência operacional.
- ✓ Proceder a uma pesquisa visando desenvolver *chockers* operados via rádio e mais leves, bem como diminuir o tempo de extração e facilitar o seu manuseio.
- ✓ Elaborar um sistema de diminuição de falhas, para aumentar a produtividade.

## 8. REFERÊNCIAS

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

BIRRO, M. H. B. **Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Track-Skidder” em região montanhosa**. 2002. 29f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

CONWAY, S. **Logging practices: principles of timber harvesting system**. [s.l.]: Miller Freeman Publications, 1976. 416 p.

DUARTE, R. C. G. **Sistemas de corte florestal mecanizado**. 1994. 21f. Monografia (Exigência para conclusão do Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

SILVA, E. N. **Avaliação técnica e econômica do corte de pinus com Harvester**. 2008. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

FILHO, E. H. R. Rendimento de colheita semimecanizada e extração de madeira em 1º desbaste de *Eucalyptus grandis* EX Maiden na Klabin Riocell em Guaíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro-BA. **Anais...** Porto Seguro, BA: SIF/UFV, 2001. p. 193-206.

FORRESTER, P. D. **Observations of two Skylead C40 Cable Yarders.** Vancouver: FERIC, Technical Note TN-201, 1993. 8 p.

FREITAS, L. C. **Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em plantios equiâneos de eucalipto.** 2004.113f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

FROELICH, H. A.; MCNABB, D.H. Minimizing soilcompaction in Pacific Northwest forests. In: STONE, E.L., (Ed). **Forest soils and treatment impacts.** Knoxville: University of Tennessee, 1984. p.159-192.

HATCHELL, G. E.; RALSTON, C. W.; FOIL, R. R. Soil disturbance in logging. **Journal of Forestry**, n. 68, p. 772-775, 1970.

JACOVINE, L. A. G. et al. Reflexos da má qualidade na colheita florestal semi-mecanizada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade de Investigações Florestais, 1997. p. 296-308.

LEITE, A. M. P.; LIMA, J. S. S. Mecanização. In: MACHADO, C. C. et al. Colheita florestal. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 600 p.

LIMA, A. S.; SANT'ANNA, C. M. Estimativa do custo operacional da colheita de *Eucalyptus* em sistema de árvore inteira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: SIF, 2001. p. 309-321.

LOFFLER, H. Developments and trends in forest harvesting tasks for research. **Modeling Communications**, Steller – Bosch, v. 98 (Parte 1), p. 32-47, 1982.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1985. Pt.5, 15 p.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1989. Pt.6, 34 p.

MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1994. 138 p.

MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1984. 138 p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 65 p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: MACHADO, C. C (Coord.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p.169-213.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. (Coord.). **Colheita florestal**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p.15-41.

MALINOVSKI, R. A; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de madeira de Pinus no Sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF, 1998.

MCNABB, D. H.; FROEHLICH, H. A. Conceptual model for predicting forest losses from soil compaction. In: **1983 SAF NATIONAL CONVENTION**, 1983. **Proceedings ...** [ s. l.: s. m. ], 1983. p.261-265.

MENDONÇA FILHO, WILSON, F. de et al. 1986 – Estudo de sistemas operacionais de exploração em área montanhosa. In: ENCONTRO

BRASILEIRO DE ENGENHEIROS FLORESTAIS, 4., 1986. **Anais...** [ s. l. ]: SBEF / APEFERJ,137–142p.

MINETTE, L. J. **Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (forwarders), na extração de madeira de eucalipto.** 1988. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

NOBRE, S. R.; ASSIS, M. L. R. Data warehouse e GIS sobre estimativa de produção no planejamento da colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro; BA: SIF/UFV, 2001. p.137-151.

OLIVEIRA, R. J.; SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; OLIVEIRA, R. J. Desempenho operacional do guincho TMO na extração florestal In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 8., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: SIF-UFV, 2007. p.175-187.

PROGRAMA VALE DO RIBEIRA–PVR. **O vale do Ribeira.** Disponível em: <<http://www.valedoribeira.ufpr.br>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

REVISTA DA MADEIRA–REMADE. **Cabos aéreos.** Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>. Acesso em: 15 maio. 2009.

SALMERON, A. Exploração florestal. In: **Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal: formação, manejo e exploração de florestas com rápido crescimento.** Brasília: 1981. p. 83-123.

SANTOS, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira.** 1995. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

SEIXAS, F. Extração florestal. In: MACHADO, C. C. (Coord.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 89-136.

SEIXAS, F. Extração. In: MACHADO, C. C. (Coord.). **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 97-142.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JR., E. D.; SOUZA, R. C. Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira. **IPEF**, 1998.

SOUZA, A. P. **Exploração e transporte florestal**. Viçosa, MG: UFV, 1985. 104 p. (notas de aulas).

STUDIER DONALD, D.; BINKLEY VIRGIL, W. **Cable Logging Systems–DTM/Pacific Northeast Station, Forest Service/USDA**, Oregon, USA, 1974. 210 p.

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

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1970.

VALVERDE, S. R. **Análise técnica e econômica do subsistema de colheita de arvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. 1995. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.