

**HELDER JOSÉ DOS SANTOS FRANCÊS**

**ANÁLISE DA TÉCNICA DE CABOS AÉREOS NA COLHEITA DE *PINUS* sp  
NO MUNICÍPIO DE ADRIANÓPOLIS - PR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima

CURITIBA  
2011

**HELDER JOSÉ DOS SANTOS FRANCÊS**

**ANÁLISE DA TÉCNICA DE CABOS AÉREOS NA COLHEITA DE *PINUS* sp  
NO MUNICÍPIO DE ADRIANÓPOLIS - PR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima

CURITIBA  
2011

Rua dos Funcionários n. 1540 - CEP 80.035-050 – Fone/fax (041) 3350-5787

A Deus...

Aos meus pais, a minha mulher e minha filha.

Aos amigos de todas as horas.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus antes, e depois de todas as minhas conquistas.

Aos meus pais Helder João Barata Francês e Arminda dos Santos Francês que sempre me apoiaram em minhas decisões.

À minha esposa Renata Schuenck Francês por ser minha maior incentivadora, me impulsionando e à minha filha Maria Clara S. Francês pela compreensão de minha ausência, tempo que não medirei esforços para compensar de agora em diante.

À Arauco Forest Brasil S.A. pela oportunidade de desenvolver a pesquisa e pelo apoio financeiro.

Ao Técnico Florestal Jackson Campos Junior pelo apoio na coleta de dados, ao Engenheiro Florestal Edemilson Alexandre Marcene por auxílio em algumas matérias e compilação dos dados, ao Engenheiro Florestal Elias Borges pelo apoio e cálculos estatísticos e ao Engenheiro Florestal Leandro Berte pela parceria em algumas matérias.

Ao Sr. Juan Vidal e todos os integrantes da equipe chilena da empresa Antumapu Ltda pela transferência de tecnologia, treinamento operacional e pela produção alcançada no período.

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

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO.....	12
2.1 Objetivos específicos .....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
3.1 Histórico Vale da Ribeira .....	13
3.2 A colheita florestal.....	13
3.2.1 A evolução da colheita florestal.....	14
3.2.2 A colheita florestal em regiões montanhosas.....	14
3.2.3 Sistemas de colheita florestal.....	15
3.3 Extração florestal .....	15
3.3.1 Extração florestal por cabo aéreo.....	16
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1 Descrição da área de estudo.....	18
4.2 Coleta de Dados .....	21
4.2.1 Características dos povoamentos florestais .....	21
4.2.2 Sistema de colheita.....	21
4.2.3 Comparativo entre a técnica de extração S-XXI “Madereo Variable” e modelo tradicional de colheita com cabo aéreo .....	21
4.3 Descrição de equipamentos.....	24
4.3.1 Cabo Aéreo K602.....	24
4.3.2 Carro de tração.....	25
4.3.3 Carregador Florestal.....	27
4.4 Análise de dados.....	27
4.5 Avaliação técnica .....	28

<b>5 RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 Coleta de dados.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 Avaliação técnica .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.1 Avaliação de produtividade.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.2 Principais tempos perdidos .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.3 Disponibilidade Mecânica .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.4 Eficiência Operacional.....</b>	<b>32</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 – Esquema de extração de madeira por cabo aéreo .....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 2 – Localização do Vale da Ribeira .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 3 – Localização da Fazenda Anta Gorda – Estado do Paraná .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 4 – Localização da Fazenda Anta Gorda – Adrianópolis/PR .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 5 – Classificação climática – Segundo Köppen.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 6 – Divisão da área de extração em setores.....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 7 – Área de extração sem setorização.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 8 – Sequencia de remoção – modelo tradicional.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 9 – Extração em diferentes setores S-XXI .....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 10 – Modelo de cabo aéreo K602 .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 11 – Carro de tração – modelo Koller Foresttchnick SKA 2,5 .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 12 – Carregador florestal – modelo implanor CF 220.....</b>	<b>27</b>

## **LISTA DE QUADROS**

<b>QUADRO 1 – Levantamento de tempos perdidos .....</b>	<b>31</b>
---	-----------

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1 – Árvore por hora, volume por árvore e produtividade média .....</b>	<b>31</b>
--	-----------

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>GRÁFICO 1 – Levantamento de tempos perdidos .....</b>	<b>32</b>
--	-----------



## RESUMO

FRANCÊS, Helder José dos Santos, Universidade Federal do Paraná, Março de 2011. **Análise da técnica de cabos aéreos na colheita de *Pinus sp* no Município de Adrianópolis – PR.**

O trabalho, realizado na Fazenda Anta Gorda, pertencente a empresa Arauco Forest Brasil S.A., localizada no município de Adrianópolis, estado do Paraná, teve como objetivo avaliar a técnica da utilização de cabos aéreos na colheita florestal em regiões montanhosas utilizando o método de extração S-XXI “Madereo Variable”. O modelo de torre avaliado foi a Koller K602. Na avaliação comparou-se a técnica de extração S-XXI “Madereo Variable” com o modelo tradicional de colheita com cabo aéreo, bem como, foram estimadas a produtividade, a disponibilidade mecânica e eficiência operacional e levantados os principais tempos perdidos no período de avaliação. Na comparação entre a técnica de extração S-XXI e o modelo tradicional de colheita com cabo aéreo concluiu-se que a diferença básica está na divisão da área de extração em setores que permite regular o número de ciclos/dia, favorecendo para uma maior produtividade. A produtividade alcançada pelo modelo K602 foi de 22,03 m<sup>3</sup>/hora e, os principais tempos perdidos foram ocasionados pela mudança de linha (47%), seguido de problema nos suportes (16%) e problemas de ancoragem (8%). O grau de disponibilidade mecânica foi de 95,8% e a eficiência operacional foi de 80,3%.

## ABSTRACT

FRANCÊS, Helder José dos Santos, Federal University of Paraná, March of 2011.  
**Analysis of Pinus spp.harvesting technical by cable yarder in Adrianópolis region, state of Paraná.**

This analysis was made with data from Anta Gorda production site of Arauco Forest Brazil S.A., located on sloped terrain in the Adrianópolis District, state of Paraná. For this reason the harvesting and procedures in forest plantations has been made by cable yarder machines. It was evaluated specially the difference between two methods, the cable yarder K602 "Madereo Variable" and the standard cable yarder. The variables considered were productivity, mechanical availability and operational efficiency with the purpose to discover the reasons of wasting time. "Madereo Variable" method has the mainly difference the share of the extraction area that allows to control the daily working rhythm and productivity level. The average reached production was 22.03 m<sup>3</sup>/h and the reasons for efficiency lost were changes of line (47%), problems with the support of the cable system (16%) and lashing (8%). Mechanical availability reached 95.8% and operational efficiency was 80.3%.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a aprovação da legislação de incentivos fiscais ao reflorestamento em 1966, houve uma procura por terras desocupadas e relativamente baratas para implantação de projetos florestais. Áreas montanhosas, com vegetação bastante degradada e com sua fertilidade natural já exaurida foi alvo de grande procura em virtude do baixo preço de aquisição (KRETSCHKEK, ET AL, 2006)

Mesmo após a extinção dos incentivos fiscais o setor florestal continuou a se desenvolver e a investir no país. Segundo Freitas (2005), a partir da década de 90, o setor sofreu varias mudanças, como a implementação de modernas máquinas e equipamentos visando se adaptar ao mundo globalizado e à abertura do mercado nacional.

A exploração de florestas plantadas, para produção de madeira e derivados, tornou-se uma atividade de grande importância tanto social quanto econômica no Brasil, atingindo extensas áreas planas e acidentadas, cujas sistemáticas de exploração variam com o grau de facilidade ou de dificuldade, em função de fatores físicos, bióticos e antrópicos (LIRA FILHO, 1994 apud PENNA, 2009).

Segundo Machado (1989), a colheita e o transporte florestal são as etapas mais importantes do ponto de vista econômico, pois sua participação no custo final pode representar mais de 50% do custo da madeira. Segundo Fontes (1996) apud Freitas (2005), a necessidade de redução dos custos de produção e a busca pelo aumento de produtividade são as principais causas para a crescente mecanização da atividade.

A mecanização de áreas acidentadas exige o uso de equipamentos dimensionados para executarem tarefas nessas condições e que apresentem custos compatíveis e proporcionem boas condições de trabalho ao operador (MINETTE, 1988).

Segundo Oliveira (2009), para viabilizar a colheita florestal em áreas de declividade acentuada é necessário a busca de sistemas que permitam o aumento da produtividade, a redução dos custos e a conservação do meio ambiente.

Uma das alternativas para colheita em áreas montanhosas onde

predominam relevos com declividade acentuada é o uso de cabos aéreos. Conway (1976) descreve a colheita em terrenos inclinados, nas regiões Norte e Noroeste dos Estados Unidos, viabilizada pelo uso de cabos aéreos.

O sistema de colheita com cabos aéreos ainda é uma tecnologia pouco utilizada no Brasil, mesmo em áreas onde seu uso seria amplamente recomendado. É correto afirmar que se trata de uma tecnologia relativamente nova, pouco difundida e também pouco estudada. Entretanto, existe uma tendência de mudança, com o crescente aumento da demanda por produtos florestais e sua conseqüente valorização, que vem levando muitas empresas a ampliar suas bases florestais através da aquisição de áreas com declividade acentuada o que justifica a realização de trabalhos referentes a sistemas de colheita florestal, aplicáveis a essas áreas.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a técnica da utilização de cabos aéreos na colheita florestal em regiões montanhosas utilizando o método de extração S-XXI “Madereo Variable”.

### **2.1 Objetivos específicos**

- a) Comparar o método de extração S-XXI “Madereo Variable” com o modelo tradicional de colheita com cabo aéreo;
- b) Avaliar a produtividade do modelo de torre Koller K602;
- c) Levantar os principais tempos perdidos;
- d) Determinar a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional;

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Histórico do Vale da Ribeira**

Com a aprovação da legislação de incentivos fiscais ao florestamento e reflorestamento em 1966, houve uma procura por terras desocupadas e relativamente baratas para implantação de projetos florestais.

Áreas montanhosas, com vegetação bastante degradada, com sua fertilidade natural já exaurida foi alvo de grande procura em virtude do baixo preço de aquisição. No Paraná, as regiões do Médio e Alto Vale da Ribeira apresentavam características que se enquadravam perfeitamente no contexto (KRETSCHKEK e al, 2006).

#### **3.2 A Colheita Florestal**

Colheita florestal foi definida por Conway (1976) como “o trabalho executado desde o preparo das árvores para o abate até o transporte para o local de uso final. Dependendo da situação, a operação de colheita envolve também o planejamento da operação, a medição, o recebimento no pátio da indústria e a comercialização da madeira”.

Segundo Machado (2008) a colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal, visando preparar e transportar a madeira até o seu local de utilização, mediante o emprego de técnicas e padrões estabelecidos, tendo por finalidade transformá-la em produto final.

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 que devem estar perfeitamente integradas e organizadas entre si, de modo que permita o fluxo constante de madeira, evitando-se pontos de estrangulamento e levando os equipamentos à sua máxima utilização (SALMERON, 1981).

### **3.2.1 A evolução da colheita florestal**

Os primeiros sistemas de colheita no Brasil eram os manuais, usados em sua maioria na exploração de florestas nativas, sem preocupação com a racionalização e produtividade das atividades. Atualmente essa forma de produção ainda é utilizada, embora em pequena escala, geralmente na obtenção de madeira para uso doméstico (MOREIRA, 2000).

De acordo com Sales (1981) e Valverde (1995) apud Penna (2009), o processo de modernização das operações teve início na década de 70, quando começou a produção de maquinário leve e de porte médio, guas para fins florestais e de lá para cá a indústria tem fornecido vários tipos de máquinas e equipamentos ao setor florestal.

Na década de 80, as principais inovações pertinentes à atividade de colheita florestal foram: os Feller Bunchers de disco, Skidders, Harvesters, Dellimbers, Slachers. A partir daí, o processo de mecanização avançou de forma cada vez mais crescente, tendo consolidado nos anos 90, com a abertura das importações (REMADE, 2010).

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

Segundo Lira Filho (2001) apud Oliveira (2009) 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.

Dentre os métodos de extração utilizados em áreas acidentadas temos, o sistema de guincho, extração com animais, o tombamento manual, a extração por meio de calhas, teleféricos e helicópteros. Esses dois últimos apresentam alto custo (menos acessíveis), sendo, entretanto mais eficientes no que se refere a proteção do solo e da água. Já os outros métodos estão associados a maiores danos aos recursos hídricos e edáfico, apresentando em contrapartida, menores custos (REMADE, 2005).

A extração de madeira em áreas acidentadas deve ser realizada através de um bom planejamento uma vez que esses locais se mostram muito susceptíveis aos danos ambientais.

Desta forma, deve-se conhecer e estudar de forma precisa as condições topográficas do terreno, as características do solo, as distâncias desse transporte primário, dentre outras. Enfim muitas são as variáveis que podem contribuir para que esse processo venha a ser realizado com maior rendimento e menores danos ambientais (REMADE, 2005).

### **3.2.3 Sistemas de colheita florestal**

O sistema de colheita de madeira compreende um conjunto de elementos e atividades que envolvem a cadeia de produção e todas as atividades parciais desde a derrubada da árvore até a madeira posta no pátio da indústria transformadora (MACHADO, 2006).

Segundo Machado (2008), de uma maneira geral, pode-se dizer que existem cinco sistemas básicos de retirada de madeira: sistema de toras curtas (cut-to-length), sistema de toras longas ou fuste (treelength), sistema de árvores inteiras (full-tree), sistema de árvores completas (whole-tree) e sistema de cavaqueamento (chipping).

### **3.3 Extração florestal**

A operação de extração pode ser entendida como o deslocamento da madeira desde o local de corte até a estrada, carreador ou pátio intermediário. Esta primeira movimentação da madeira com destino aos pontos de carregamento é conhecida como transporte primário.

Este transporte pode ser realizado através do arraste ou baldeio. No primeiro caso a tora por completa, ou pelo menos uma parte dela, é apoiada sobre o solo. Já no segundo a madeira é transportada apoiada sobre uma plataforma (REMADE, 2005).



### 3.3.1 Extração florestal por cabo aéreo

De acordo com Souza (1985) apud Oliveira (2009), os sistemas de extração por cabos podem ser classificados em:

- a) Sistemas de cabos de arraste (onde as toras podem estar parcialmente levantadas ou totalmente apoiadas no solo).
- b) Sistemas de cabos aéreos (as toras podem estar parcialmente levantadas ou totalmente suspensas do solo).

Segundo Conway (1976), o processo de transporte de toras até uma máquina estacionária (denominada *Yarder*) ou o pátio, associado a um sistema de cabos pesados é chamado *Yarding*.

O *Yarder* é comum aos sistemas de cabo, 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 apud Oliveira, 2009).

Todos os sistemas de cabo *yarding* podem transportar madeira para cima até um pátio sendo que alguns sistemas podem trazer também a madeira para baixo para o desembarque (SLOAN, 2001).

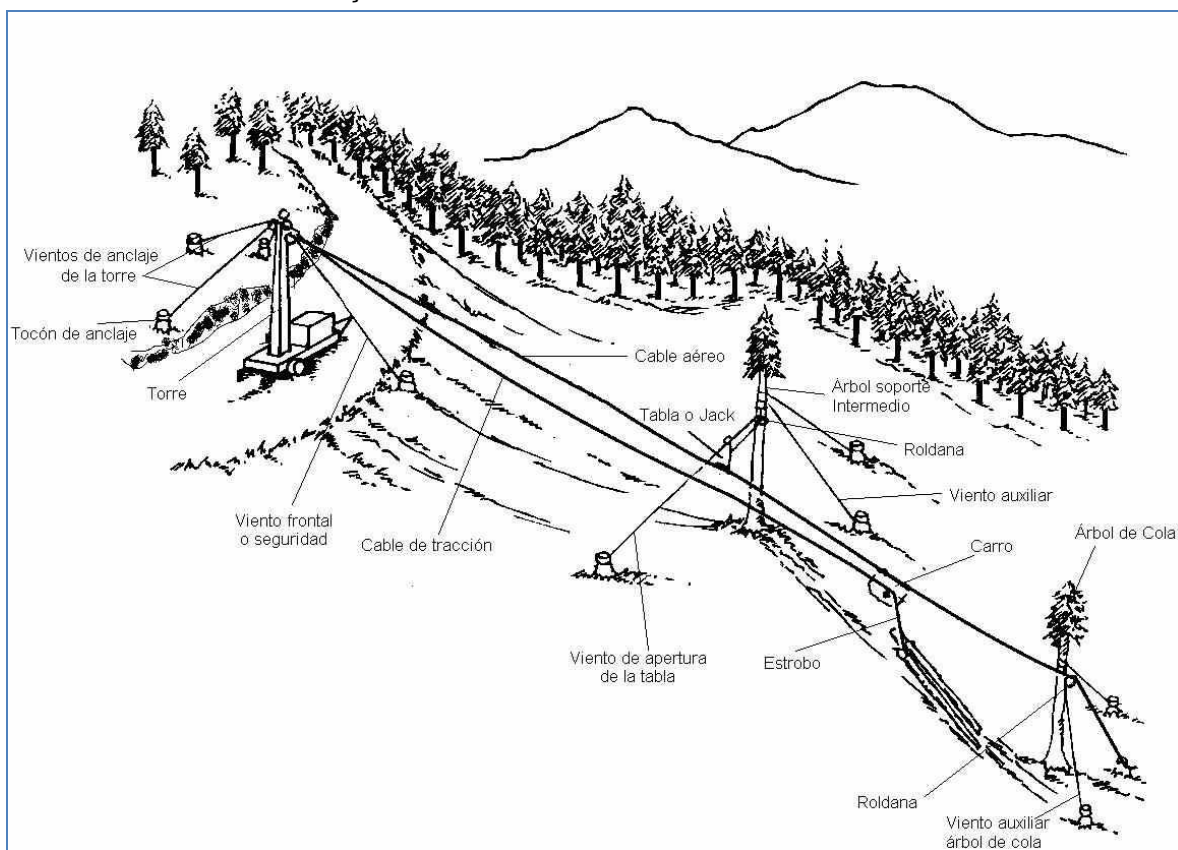
Remade (2002) descreve o ciclo de extração de madeira por cabo aéreo conforme abaixo:

- a) Descida do carro porta-tora: por gravidade partindo da praça de descarga em direção à base do morro tendo sua velocidade controlada pelo cabo de tração;
- b) Parada do carro porta-toras: ao chegar no ponto de carga, por rádio, o operador da torre recebe a ordem para travar o carro porta-toras ao cabo principal;
- c) Amarração das árvores: com o carro travado, é liberado o cabo de tração e os trabalhadores efetuam a amarração das árvores no cabo;
- d) Subida até a praça de descarga: após comunicação por rádio, o operador recolhe o cabo de tração, reunindo as árvores e as fixando no carro porta-

toras; nesse mesmo momento, através de um mecanismo hidráulico no carro-porta toras, ele se destrava do cabo principal e, em seguida, é puxado até a praça de descarga. Na praça de descarga, o carro portatoras é travado no cabo principal e as árvores são baixadas e estocadas no pátio.

A Figura 1 exemplifica bem a extração de madeira com a utilização de cabos aéreos.

FIGURA 1 : ESQUEMA DE EXTRAÇÃO DE MADEIRA POR CABO AÉREO



FONTE: MANUAL INTERNO FORESTAL CELCO S.A., 2006

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, avaliou-se a operação de extração de madeira no sistema de árvores inteiras sendo considerados os dados técnicos da extração de madeira do modelo de Torre Koller K602.

### 4.1 Descrição da área de estudo

O município de Adrianópolis compõe a região do Vale da Ribeira no estado do Paraná (figura 1). A região recebe esse nome em função da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape e do Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá.

Outros Municípios que compõe o Vale da Ribeira são 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 – LOCALIZAÇÃO DO VALE DA RIBEIRA



FONTE: UFPR, 2010 - [HTTP://WWW.VALEDORIBEIRA.UFPR.BR/VALE.HTM](http://www.valedoribeira.ufpr.br/vale.htm) 03/08/2010

Este trabalho realizou-se em uma das áreas de operação de colheita florestal

pertencentes à empresa Arauco Forest Brasil S.A. especificamente na fazenda Anta Gorda, localizada no Município de Adrianópolis.

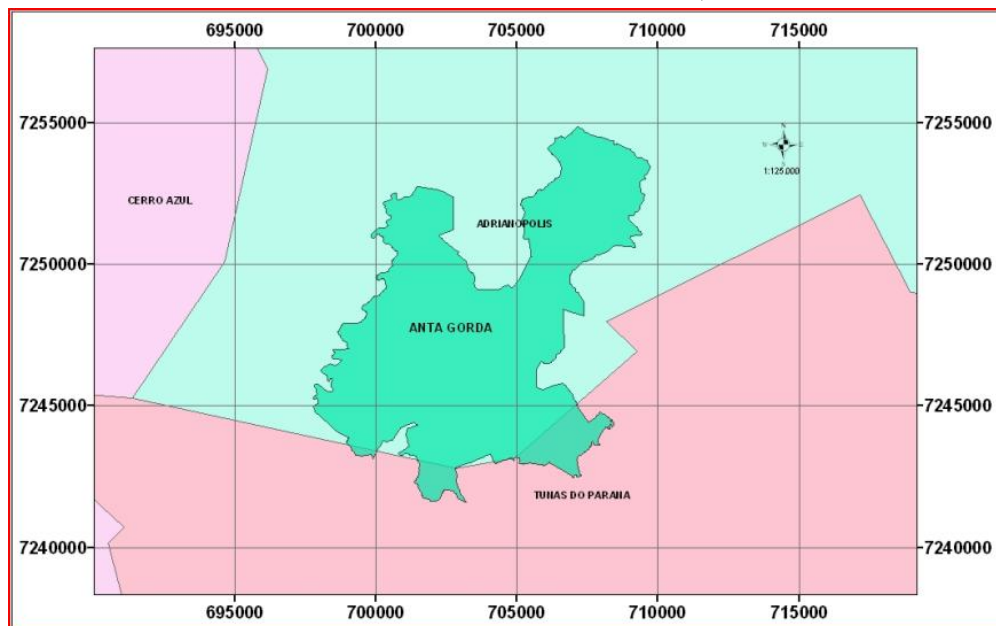
FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO FAZENDA ANTA GORDA NO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: UFPR, 2010 - [HTTP://WWW.VALETORIBEIRA.UFPR.BR/VALE.HTM](http://www.valedoribeira.ufpr.br/vale.htm) 03/08/2010

A Fazenda Anta Gorda (Figura 4) está localizada a uma latitude de coordenadas N: 7240500 m e E: 700500 m do sistema UTM (SAD 69) e altitude média de 810 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 sendo comum nessas áreas a presença de dolinas, sumidouros e cavernas, típicas de terrenos cársticos.

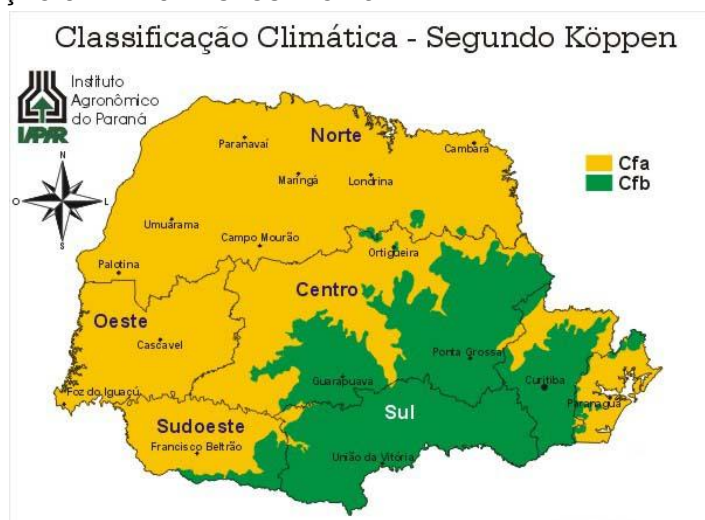
FIGURA 4 – FAZENDA ANTA GORDA NO MUNICÍPIO DE ADRIANÓPOLIS, PR.



FONTE: IAPAR, 2010.

O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 2010)

FIGURA 5: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA – SEGUNDO KÖPPEN



FONTE: [HTTP://WWW.IAPAR.BR/MODULES/CONTEUDO/CONTEUDO.PHP?CONTEUDO=597](http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597) (03/08/2010)

## 4.2 Coleta de Dados

Os dados foram coletados nos meses de julho e agosto de 2010.

### 4.2.1 Características dos povoamentos florestais

O trabalho foi realizado em povoamentos florestais onde há predominância de plantios de *Pinus elliottii* com idade aproximada de 22,5 anos com espaçamento 2,5 m x 2,5 m (6,25 m<sup>2</sup>/planta), correspondendo a 1.600 plantas por hectare. As referidas áreas não sofreram qualquer tipo de manejo (desrama ou desbaste), remanescendo, em média, 985 árvores por hectare com volume total 631 m<sup>3</sup>/ha.

A colheita deste povoamento tem por finalidade o suprimento fabril (DAP ≤ 18 cm) e venda de madeira para mercado (DAP > 18 cm).

A declividade média em aproximadamente 75% das áreas da empresa é superior a 22° o que impossibilita a realização de sistema convencional de colheita, justificando-se o uso de cabos aéreos.

### 4.2.2 Sistema de colheita

A colheita com cabo aéreo que foi avaliada nesse estudo utiliza o sistema de árvores inteiras (*full-tree*), com operação semi-mecanizada de derrubada e mecanizada de extração. Na operação de derrubada são utilizadas motosserras e a remoção foi realizada através da utilização de cabos aéreos com Torre Koller K602.

### 4.2.3 Comparativo entre a técnica de extração S-XXI “Madereo Variable” e modelo tradicional de colheita com cabo aéreo

O ciclo de extração de madeira realizado na técnica S-XXI “Madereo Variable” segue a mesma sistemática de operação do modelo tradicional de colheita com cabo aéreo descrito pela REMADE (2002) e resumido a seguir: a operação tem início pela descida do carro porta-toras, por gravidade, que parte do pátio de descarga

em direção à base do morro até chegar ao ponto de carga; nesse ponto, o operador da torre recebe a ordem, via rádio, para travar o carro porta-toras ao cabo principal; com o carro travado, é liberado o cabo de tração para seja efetuada a amarração das árvores no cabo; após comunicação por rádio, o operador recolhe o cabo de tração, reunindo as árvores e as fixando no carro porta-toras; nesse mesmo momento, através de um mecanismo hidráulico no carro-porta toras, ele se destrava do cabo principal e, em seguida, é puxado até a praça de descarga. Na praça de descarga, o carro porta-toras é travado no cabo principal e as árvores são baixadas e estocadas no pátio com o auxílio do carregador florestal.

Na S-XXI a área de extração de madeira é dividida em setores (figura 6), onde cada setor tem comprimento variando de 70 a 120 metros. Já no modelo tradicional não existe divisão por setores na área de extração (figura 7).

FIGURA 6: DIVISÃO DA ÁREA DE EXTRAÇÃO EM SETORES



FONTE: ZENTENO, 2010.

FIGURA 7: ÁREA DE EXTRAÇÃO SEM SETORIZAÇÃO

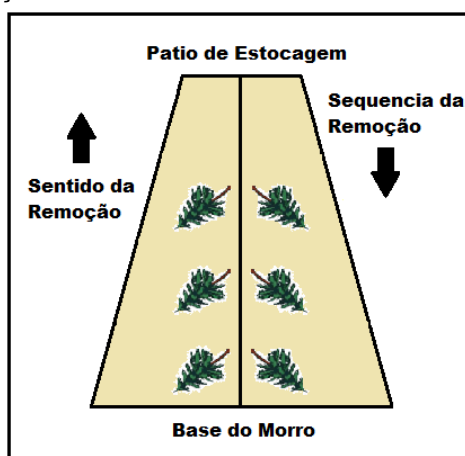


FONTE: ZENTENO, 2010

A remoção é feita morro acima até o pátio de descarga em ambos os modelos, porém no modelo tradicional a seqüência de remoção é sempre realizada do topo do morro para a base (figura 8) enquanto que na S-XXI a remoção pode ser feita em qualquer setor não havendo uma seqüência pré-definida. Na figura 9 pode-se observar um esquema onde a extração se realizou em 2 setores (setor 1 e 3).

Vale ressaltar que a definição de que setor ou quais setores serão trabalhados durante um período depende do planejamento diário da produção visando o cumprimento de metas pré-estabelecidas.

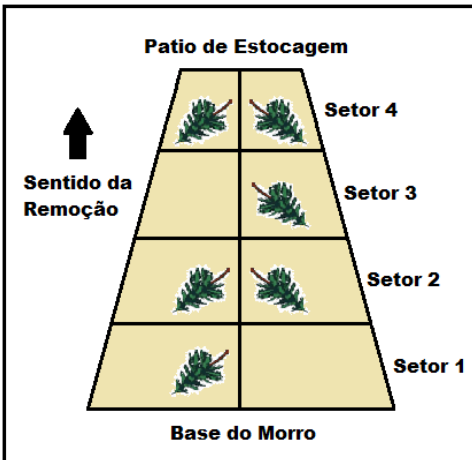
FIGURA 8: SEQUÊNCIA DE REMOÇÃO - MODELO TRADICIONAL



FONTE: ZENTENO, 2010



FIGURA 9: EXTRAÇÃO EM DIFERENTES SETORES – S-XXI



FONTE: ZENTENO, 2010

### 4.3 Descrição de equipamentos

Neste estudo entende-se como módulo de colheita com cabo aéreo o conjunto formado pelo cabo aéreo, cabos, carro de tração e carregador florestal.

#### 4.3.1 Cabo aéreo K602

O cabo aéreo avaliado neste trabalho foi o modelo K602 (Figura 8), ano de fabricação 2009, da marca Koller. O equipamento está montado sobre a carroceria de um caminhão 6x4 da marca Mercedes Benz, modelo 2219, ano de fabricação 1979. O cabo aéreo K602 é auto propelido e possui um motor diesel 06 cilindros de 138kW/185HP e transmissão automática acoplada ao motor.

O modelo de cabo aéreo K602 (Figura 10) tem como características uma torre de 10 m de comprimento, com cabine de comando para operador, quatro cabos de ancoragem de 45 m cada e 22 mm de espessura, um cabo mestre de 600 m de comprimento e 22 mm de espessura e um cabo de tração de 700 m de comprimento e 14 mm de espessura. A equipe de trabalho é composta por nove pessoas, sendo um encarregado, um operador de torre, um operador de carregador, dois motosserristas sendo um responsável pela derrubada e um pelo processamento da madeira no pátio,

um ajudante de pátio responsável pelo desengate e branqueamento da madeira processada, dois engatadores e um chefe de linha.

FIGURA 10: MODELO DE CABO AÉREO K602



FONTE: FOTO – FRANCÊS, 2011

#### 4.3.2 Carro de tração

O carro de tração utilizado é o Modelo Koller Foresttechnik SKA 2,5 (figura 11), o deslocamento é realizado pela ação da força da gravidade e o travamento ocorre pela mudança no sentido do deslocamento. Opera somente morro acima, o mecanismo de deslocamento possui 4 roldanas. O peso próprio é de 260 kg e possui capacidade de carga é de 2.500 kg. Comporta cabo mestre com diâmetro entre Ø18mm - Ø28mm e cabo de tração de Ø10mm a Ø14mm.

FIGURA 11: CARRO DE TRAÇÃO MODELO KOLLER FORESTTECHNIK SKA 2,5



FONTE: [HTTP://WWW.DIRECTINDUSTRY.COM/PROD/KOLLER-FORSTTECHNIK/CARRIAGES-FOR-SKYLINE-LOGGING-57546-373089.HTML](http://www.directindustry.com/prod/koller-forsttechnik/carrriages-for-skyline-logging-57546-373089.html) ACESSO OUT 2010

### 4.3.3 Carregador florestal

O carregador florestal utilizado é o modelo Implanor CF 2.20 (figura 12), ano de fabricação 2009, possui motor MWM, 04 cilindros, potência de 135 CV a 2.600 rpm.

Possui transmissão hidrostática com bomba sundstrand/eaton. Atinge uma velocidade máxima de 15 km/h, e trabalha a uma declividade máxima de 32°, a capacidade de carga nominal da garra de 1.500 kg e capacidade máxima de levantamento de 2.200 kg. O tanque de combustível tem capacidade de 170 litros, o tanque do sistema hidráulico tem 260 litros e o de arrefecimento de 10,5 litros.

FIGURA 12: CARREGADOR FLORESTAL MODELO IMPLANOR CF 2.20



FONTE: [HTTP://WWW.IMPLANOR.COM.BR/PRODUTOS2.PHP?COD=1](http://www.implanor.com.br/Produtos2.php?cod=1) (31/07/2010)

## 4.4 Análise dos dados

Primeiramente, foi feito um estudo-piloto da atividade a ser analisada, com o objetivo de definir o número de observações do ciclo operacional, a fim de atingir o número de observações necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 10%, por meio da seguinte expressão:

$$n \geq \frac{t^2 \cdot CV^2}{E^2}$$

onde:

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 (%).

#### 4.5 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 remoção, declividade do terreno, produtividade, disponibilidade mecânica e eficiência operacional e tempos perdidos.

- Distância de remoção: a distância de remoção foi considerada da base do feixe de árvores formado na operação de corte até base do pátio de estocagem de madeira onde o feixe foi depositado.

- Declividade do terreno: é a inclinação dos ramais de extração da madeira, expresso em graus e determinada com o uso de um clinômetro.

- Produtividade: para a determinação da produtividade da máquina ( $m^3/He$ ) considerou-se o volume médio individual (VMI) obtido através dos dados do inventário pré-colheita multiplicado pelo número total 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 denominados tempos perdidos.

A produtividade foi calculada seguindo-se a expressão:

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

onde:

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

Na = número de árvores extraídas;

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

He = horas efetivas de trabalho.

- Tempo perdido: é o tempo em que a máquina analisada esteve parada, mesmo estando o operador presente. Tanto pode ser por manutenção, espera, descanso, acidentes mecânicos ou outros.

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

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

onde:

DM = grau de disponibilidade mecânica (%);

TPM = tempo de permanência em manutenção (h); e

H = horas totais (h).

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

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

onde:

EO = eficiência operacional (%);

He = tempo de trabalho efetivo (h); e

HP = horas paradas operacionais (h).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Coleta de Dados

Segundo a amostragem piloto, para a obtenção de uma precisão de 10% de erro e probabilidade de 95% são requeridos 15 dias de amostragem. Durante o estudo foram amostrados 1233 ciclos em 22 dias de trabalho.

### 5.2 Avaliação Técnica

#### 5.2.1 Avaliação da produtividade

A quantificação da produtividade teve início pela avaliação do local de extração, onde foram coletados dados de declividade média do terreno (em graus), e a distância máxima de extração (metros) obtendo-se os valores 27,5° e 300 metros respectivamente.

Com base no volume médio individual do povoamento, número de árvores extraídas e horas efetivas trabalhadas, calculou-se a produtividade por hora efetiva do modelo de cabo aéreo K602 demonstrado no quadro 1:

TABELA 1: ÁRVORES POR HORA, VOLUME POR ÁRVORE E PRODUTIVIDADE MÉDIA

Cabo aéreo	Árvores / hora	Volume por árvore (m3)	Produtividade (m3/hora)
K602	34,42	0,64	22,03

FONTE: FRANCÊS, 2011

Fazendo comparação com outros trabalhos, pode-se citar o estudo realizado Oliveira (2009) que obteve para o cabo aéreo K601, com uma distancia média de 355 metros de extração com 24° de declividade e volume médio por árvores de 0,41, a

produtividade média de 16,61 m<sup>3</sup>/hora valor este inferior ao obtido pode neste trabalho. Isto pode ser explicado em parte pela maior distância de extração, pela menor declividade, o que deixa mais lenta a descida do carro porta-toras, que desce pela força da gravidade e pelo menor volume médio por árvore. Outro ponto que pode corroborar para a maior produtividade é a utilização da técnica S-XXI que permite regular o número de ciclos/dia o que favorece a uma maior produtividade.

### 5.2.2 Principais tempos perdidos

No quadro abaixo, são apresentados os tempos perdidos observados durante o período de avaliação. O tempo total avaliado foi de 11.880 minutos sendo computados 1.615 minutos de tempos perdidos.

QUADRO 1 – LEVANTAMENTOS DOS TEMPOS PERDIDOS

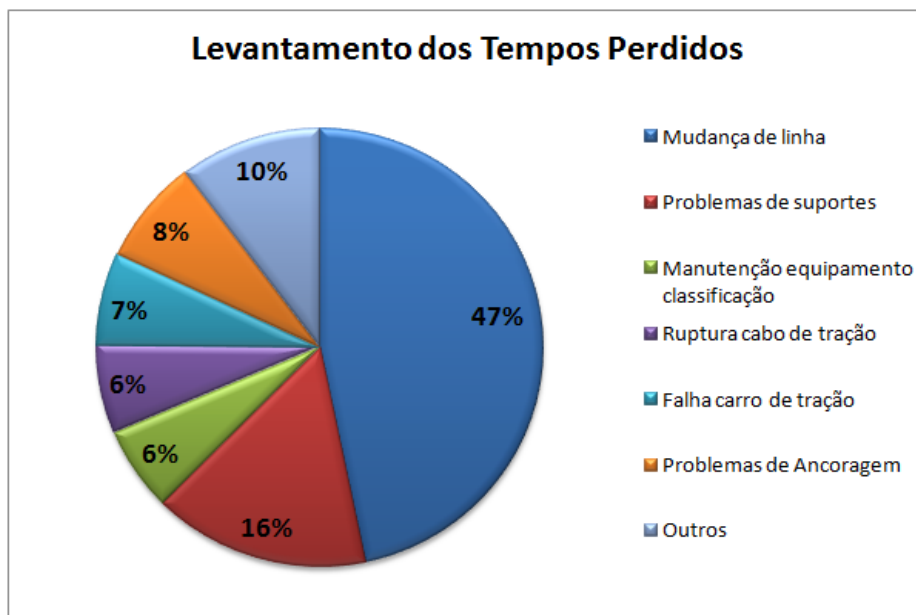
Levantamento dos Tempos Perdidos	
Item	Minutos
Mudança de linha	755
Problemas de suportes	253
Manutenção equipamento classificação	100
Ruptura cabo de tração	105
Falha carro de tração	110
Problemas de Ancoragem	125
Outros	167
<b>Total</b>	<b>1.615</b>

FONTE: FRANCÊS, 2011

No gráfico 1, pode-se observar que o maior percentual de tempo perdido ficou com a mudança de linha com 47%, seguido de problema com suportes 16%, 8% dos problemas foram relacionados com a ancoragem e 7% por falha no carro de tração, os demais tempos perdidos somam 22%.



GRÁFICO 1: LEVANTAMENTO DOS TEMPOS PERDIDOS



FONTE: FRANCÊS, 2011

### 5.2.3 Disponibilidade mecânica

O grau de disponibilidade mecânica (DM) é a porcentagem de tempo em que a máquina está apta a desenvolver trabalho produtivo durante o mês. Segundo Canto (2003) a disponibilidade mecânica refere-se à aptidão da máquina para se encontrar em perfeitas condições de uso, a fim de desempenhar sua função produtiva.

O grau de disponibilidade mecânica para o módulo composto pela torre K602, carro de tração e o carregador florestal foi de 95,8%. O regime de trabalho adotado pela empresa é de 22 dias mensais com um turno de trabalho/dia (e jornada) de 8 horas. Entre os fatores que podem explicar o percentual elevado de disponibilidade mecânica obtido nesse estudo pode-se destacar o estoque estratégico de peças de reposição, o bom suporte de manutenção e o fato de todos os equipamentos avaliados serem relativamente novos (adquiridos em 2009).

#### **5.2.4 Eficiência Operacional**

Segundo Canto (2003) a eficiência operacional depende do nível de treinamento recebido pelo operador, da experiência na função, da melhor adaptação da máquina ao operador e, principalmente, da quantidade de perda ou impedimento de trabalho através de paradas.

A eficiência operacional obtida foi de 80,3% o que demonstra que a equipe avaliada possui significativa experiência e adaptação ao sistema de trabalho.

## 6 CONCLUSÃO

A divisão da área de extração em setores é a diferença básica entre o método de extração SXX-I e o modelo tradicional de colheita com cabo aéreo.

A setorização da área de extração permite regular o número de ciclos/dia o que favorece a uma maior produtividade.

A produtividade do modelo de torre K602 foi de 22,03 m<sup>3</sup>/hora para uma distância máxima de extração de 300 metros com declividade média de 27,5°.

A mudança de linha apresentou o maior percentual de tempo perdido com 47%, seguido de problema com suportes (16%), e problemas relacionados a ancoragem (8%).

O grau de disponibilidade mecânica para o módulo composto pela torre K602, carro de tração e o carregador florestal foi de 95,8% e a eficiência operacional obtida foi de 80,3%.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Realizar estudo semelhante, em distâncias de extração superior a 300 metros visando determinar o potencial produtivo do modelo de torre K602 em diferentes cenários.

Desenvolver estudo específico para a operação de mudança de linha com objetivo de redução do tempo gasto nessa atividade.

Elaborar um sistema de acompanhamento e análise mensal de tempos perdidos visando corrigir falhas e aumentar a produtividade.

Aumentar o número de itens para classificação dos tempos perdidos com objetivo de melhor identificação e tratativa das falhas do processo.

## REFERÊNCIAS

ANTONÂNGELO, A.; BACHA, C. J. I. As fases da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 52, n. 1, p. 207-238, 1998.

CANTO, J. L. **Avaliação de desempenho operacional de harvester e forwarder na colheita de pinus taeda**. 2003. 54f. relatório de estágio (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

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

DIRECTINDUSTRY. Disponível em: <<http://www.directindustry.com/prod/koller-forsttechnik/carriages-for-skyline-logging-57546-373089.html>>. Acesso em: 10 out. 2010

FREITAS, K. E. **Análise Técnica e Econômica da Colheita Florestal Mecanizada**. UFV. MONOGRAFIA 27 PAGINAS 2005.

FORESTAL CELCO S.A. - **Manual de Torre de Madereo** – 85 PAGINAS, CHILE, 2006.

IAPAR, 2010 - Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597> Acesso em : 03 ago. 2010.

IMPLANOR. **Carregador florestal implanor modelo CF 2.20** Disponível em: <http://www.implanor.com.br/produtos2.php?cod=1>. Acesso em: 03 jul. 2010.

KRETSCHKEK, O. E.; OLIVEIRA, A. A. P.; PERRETO, G. A.; CORREA, C. **Sistema de colheita de madeira com utilização de cabos aéreos como alternativa para regiões inclinadas**. IN: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 14, 2006, Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, UFPR, 2006. p. 123-131.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 448 p.

MACHADO, C. C.; **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 2006.

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.

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

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.

MOREIRA F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

OLIVERA, R. J. de. **Avaliação Técnica e Econômica de Cabos Aéreos na Colheita de Pinus no Município de Cerro Azul-PR.** Dissertação (MESTRADO EM CIENCIA FLORESTAL). UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA, MG, 2009. 67 PAGINAS.

PENNA, E. .S. **Avaliação Ergonomica e Ambiental de Cabos Aéreos na Colheita de Pinus em Cerro Azul, PR.** Dissertação (MESTRADO EM CIENCIA FLORESTAL). UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA, MG, 2009.130 PAGINAS.

PROGRAMA VALE DO RIBEIRA–PVR. **O vale do Ribeira.** Disponível em: <<http://www.valedoribeira.ufpr.br>>. Acesso em: 03 ago. 2010.

REMADE: **A Mecanização da Colheita Florestal no Brasil.** Disponível em <[http://www.remade.com.br/br/artigos\\_tecnicos.php?sub=33&categoria=Colheita&subcategoria=Colheita%20florestal](http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php?sub=33&categoria=Colheita&subcategoria=Colheita%20florestal)> Acesso em: 10 out. 2010.

REMADE: **Métodos de Extração de Madeira em Áreas Acidentadas** (novembro, 2005) Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/artigos\\_tecnicos.php?sub=33&categoria=Colheita&subcategoria=Colheita%20florestal](http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php?sub=33&categoria=Colheita&subcategoria=Colheita%20florestal)>. Acesso em: 10 out. 2010.

REMADE: SISTEMA DE CABOS AÉREOS FACILITA COLHEITA FLORESTAL (abril, 2002) Disponível em <[http://www.remade.com.br/br/artigos\\_tecnicos.php?sub=33&categoria=Colheita&subcategoria=Colheita%20florestal](http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php?sub=33&categoria=Colheita&subcategoria=Colheita%20florestal)>. Acesso em: 15 out. 2010.

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

SLOAN, H. 2001. **Appalachian hardwood logging systems:** managing change for effective BMP implementation. In: Proceedings of the 24th Annual COFE meeting. Corvallis, OR: Council on Forest Engineering.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Disponível em: <http://www.valedoribeira.ufpr.br/vale.htm>. Acesso em: 03 ago. 2010.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal.** Piracicaba: IPEF, 1980. (Circular Técnico,88).

ZENTENO, J. A. V. MADEREO VARIABLE S-XXI - UMA OPÇÃO DIFERENTE, ARAUCO CHILE, 2010. **Programa de Formação de Trabalhadores Florestais em Colheita com Cabo Aéreo.** 63 PAGINAS CHILÉ, 2010.