

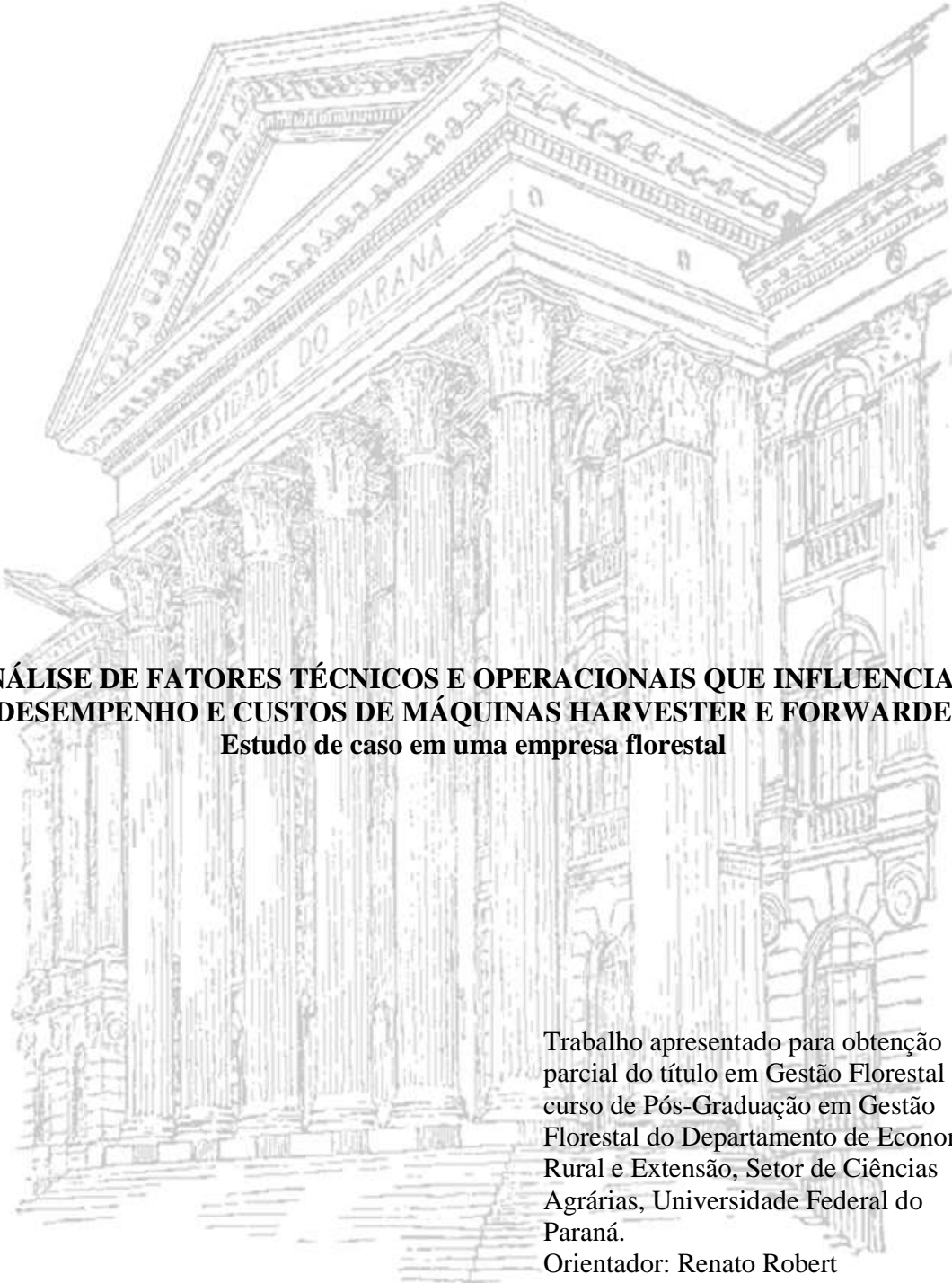
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**DIEGO FREITAS REGIS DOS SANTOS**

**ANÁLISE DE FATORES TÉCNICOS E OPERACIONAIS QUE INFLUENCIAM O  
DESEMPENHO E CUSTOS DE MÁQUINAS HARVESTER E FORWARDER:  
Estudo de caso em uma empresa florestal**

**CURITIBA  
2013**

**DIEGO FREITAS REGIS DOS SANTOS**



**ANÁLISE DE FATORES TÉCNICOS E OPERACIONAIS QUE INFLUENCIAM  
O DESEMPENHO E CUSTOS DE MÁQUINAS HARVESTER E FORWARDER:  
Estudo de caso em uma empresa florestal**

Trabalho apresentado para obtenção parcial do título em Gestão Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.  
Orientador: Renato Robert

**CURITIBA  
2013**

# **ANÁLISE DE FATORES TÉCNICOS E OPERACIONAIS QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO E CUSTOS DE MÁQUINAS HARVESTER E FORWARDER: Estudo de caso em uma empresa florestal**

## **RESUMO**

*Este trabalho apresentou a análise técnica e operacional de uma estrutura de colheita mecanizada em uma empresa que atua no setor florestal. A metodologia proposta aborda a coleta de dados (planilhas de custos e despesas, tomadas de tempo e produção dos operadores de equipamentos florestais), análise, consolidação e validação dos dados, avaliação do microplanejamento utilizado e sua eficácia, cálculos dos custos envolvidos no processo de colheita e determinação dos fatores mais impactantes nos custos operacionais e desempenho da estrutura de colheita florestal. O objetivo deste estudo foi avaliar as variáveis que mais impactavam no desempenho e custos das máquinas harvester e forwarder. O resultado da avaliação revelou que as variáveis de maior influência no desempenho e nos custos operacionais das máquinas de colheita madeira foram primeiramente a experiência e capacitação dos operadores, seguido do volume individual das árvores e por fim os fatores decorrentes da manutenção mecânica.*

*Palavras-chave: colheita florestal, manutenção, experiência de operadores, planejamento operacional, custos.*

## **ABSTRACT**

*This study was about the technical and operational analysis in a mechanized harvesting structure in a company engaged in forestry. The proposed methodology discusses the collection of datas (spreadsheets of costs and expenses, time of operation and production of operators of forestry equipment), analysis, consolidation and validation, evaluation of microplanning used and their effectiveness, calculation of cost involved in harvest and determination of the factors most impacting in operational costs and performance of the structure of forest harvesting. The aim of this study was to evaluate the variables that most impacted the performance and costs of harvester and forwarder machinery. The evaluation result showed that the variables most influence on performance and operational costs of timber harvesting machines were first the experience and training of operators, followed by the volume of individual trees and finally the factors resulting from mechanical maintenance .*

*Keywords: harvesting forestry, maintenance, experience of operators, operational Planning, costs.*

## **1. Introdução**

A busca por eficiência e produtividade tem feito com que as empresas busquem cada vez mais melhorar seus sistemas produtivos, tanto como forma de melhor se adequar aos mercados modernos como também para se manterem competitivas em custos em toda cadeia produtiva. Como mencionado por Malinovski (1998), a produtividade de determinada operação é função de variáveis externas (características da floresta) e de variáveis relacionadas aos equipamentos florestais (principalmente as operacionais e as características das máquinas florestais: máquina-base e cabeçote), ou seja, a busca por produtividade e desempenho pode ser alcançada, porém desde que os fatores pertinentes sejam bem avaliados e as operações estejam adequadas a eles.

Para a obtenção de processos produtivos eficazes e redução constante de custos e de desperdícios, os materiais devem estar à disposição do sistema produtivo na quantidade e no tempo necessário, evitando ao máximo a interrupção da produção (MARTINS; LAUGENI, 2005).

A modernização dos sistemas de colheita ocorrido nas últimas décadas permitiu às empresas além da redução de custos, até então admitido como a maior vantagem da mecanização, uma vantagem competitiva frente aos concorrentes, pois há atualmente uma diminuição da mão de obra disponível e um aumento nos custos sociais, fatores que comprometem a rentabilidade das atividades (MENDONÇA FILHO, 1987). Assim, antes de qualquer projeto de investimento, é necessária uma análise aprofundada das variáveis de decisão por meio de técnicas avançadas, utilizando estatística, matemática financeira e informática, com vistas a obter uma solução eficiente para uma decisão compensadora (MOTTA; CALÔBA, 2006).

Torna-se necessário, desta forma, um planejamento detalhado das operações para que se possam abordar os fatores que interferem nessa atividade, buscando antecipar os problemas que normalmente a afeta, minimizando, assim, os custos envolvidos nas operações de colheita florestal (VALVERDE, 1995). Áreas acidentadas e condições topográficas desfavoráveis exigem um nível de planejamento ainda mais detalhado, bem como o desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para a colheita de suas florestas, visando minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão de obra não qualificada e aumentar a produtividade para assegurar o abastecimento da indústria (LEITE; LIMA, 2002).

A empresa alvo deste estudo está em processo de implantação da estrutura de colheita florestal mecanizada na região de atuação, e, apesar de possuir um vasto histórico e conhecimento na área de estudo, vem sofrendo com problemas referentes à baixa produtividade dos operadores, problemas operacionais que ocasionam menor aproveitamento do tempo produtivo, problemas de qualidade no produto final e diminuição na disponibilidade total dos equipamentos de colheita. Com base neste contexto, este estudo propôs realizar uma análise operacional e de desempenho da colheita florestal mecanizada visando demonstrar os fatores mais impactantes nos custos da operação, e com isso, fornecer elementos para a tomada de decisão a fim de reduzir as incertezas inerentes ao processo, principalmente de fornecimento, aumentando os níveis de qualidade dos serviços prestados e facilitando (ou melhorando) o controle interno.

Na próxima seção serão apresentados o referencial teórico, contendo os principais assuntos abordados no artigo: a colheita florestal mecanizada, o planejamento operacional florestal, experiência e capacitação dos operadores, custos operacionais e manutenção de equipamentos. Nas seções posteriores serão apresentadas a descrição da empresa e o problema de pesquisa analisado, a metodologia empregada e as conclusões do estudo.

## **2. Referencial Teórico**

- *Colheita Florestal Mecanizada*

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de atividades, integradas entre si, que permitem o fluxo constante de madeira. Esses sistemas podem variar de acordo com alguns fatores, tais como topografia do terreno, rendimento (volume do

povoamento), tipo de floresta, finalidade da madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis (MACHADO, 2008).

Segundo Arce *et al.* (2004), a colheita florestal representa a operação final de um ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos mais valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal, e é também a atividade que mais sofre processo de mecanização.

Conforme Machado (2008), na colheita mecanizada, as principais máquinas utilizadas são: (i) *feller-buncher* (trator florestal derrubador-acumulador); (ii) *harvester* (trator florestal colhedor); (iii) *tree-puller* (arrancador de árvores); (iv) *delimber-buncher* (desgalhador-acumulador); (v) *feller-skidder* (derrubador-arrastador); (vi) Traçador mecânico; (vii) *bushcombine* (processador combinado); e (viii) *delimber* (desgalhador).

De acordo com Machado (1985), os sistemas de colheita podem ser classificados da seguinte forma (somente os sistemas mais usuais são listados):

(i) Sistema de toras curtas (*Cut-to-length*): a árvore é cortada e processada no local de corte, sendo transportada já em pedaços menores para a estrada. Não é indicado para regiões com topografia acentuada. Pode ser mecanizado ou não e tem baixo impacto ao meio ambiente no que diz respeito ao solo, mesmo utilizando o *harvester* e o *forwarder* (que são tratores autocarregáveis).

(ii) Sistema de toras compridas (*Tree-length*): somente parte do processo é realizado no local de corte (desgalhamento e destopamento); o restante da atividade é realizado na estrada. É um sistema muito utilizado em terrenos planos, tem uma boa eficiência mecânica e um menor custo por tonelada. Geralmente utiliza o modal *feller-buncher* + *skidder* ou *mini-skidder* (trator florestal que utiliza uma garra ou cabo para o arreste de toras).

(iii) Sistema de árvores inteiras (*Full-tree*): a árvore somente é derrubada, sendo todo o processamento realizado em outro local. É um sistema que vem sendo substituído pelo sistema de toras curtas. Ele necessita de um elevado nível de mecanização e pode ser utilizado tanto em terrenos planos como ondulados.

- *Planejamento Operacional Florestal*

O planejamento operacional das atividades florestais tem por objetivo estabelecer alternativas que propiciem o cumprimento das metas de produção que são determinadas pelo planejamento global da empresa, por meio do conhecimento da eficiência e do desempenho operacional das máquinas e equipamentos utilizados na colheita florestal (CECHIN, 2000).

Segundo Machado e Lopes (2002), dentre os fatores técnicos que influenciam o planejamento das operações de colheita estão: a floresta, o terreno, a finalidade da madeira, o rendimento operacional das máquinas, a demanda e as estradas, principalmente.

A falta de planejamento detalhado, nível de cultura dos colaboradores, normatização das atividades operacionais do sistema de extração, definição do manejo de florestas plantadas, mecanismos de suporte para extração, adequação de equipamentos a extração e a falta de competitividade de equipamentos, são alguns aspectos que levam a ineficiência da colheita da madeira tendo reflexo na sustentabilidade do meio ambiente e no seu custo final (ZAGONEL, 2005).

Dentro do planejamento operacional, Assumpção (1996) descreve dois níveis hierárquicos: um superior, que discute estratégias e metas de produção, e um inferior, que é responsável pelo planejamento das operações ou ordens de produção, chamada por Oliveira (2006) de microplanejamento.

Para Guimarães (2004), o microplanejamento florestal, partindo da visão macro, tem como objetivos segregar e caracterizar todos os aspectos operacionais que nortearão a estratégia de planejamento tático operacional de curto prazo. A menor unidade de manejo, definida como talhão, é segregada, visando a minuciosa caracterização da floresta a ser colhida, com absoluta e detalhada quantificação do volume de madeira estabelecido por sortimento, bem como a descrição fiel da estrutura física do talhão, incluindo rede viária, áreas de preservação permanente e reserva legal, sítios de valor histórico, testes experimentais e demais aspectos de relevância para o planejamento e operacionalização de todas as operações florestais subsequentes à colheita e ao transporte de madeira.

Conforme Oliveira (2006), algumas vantagens obtidas com a utilização do microplanejamento, são: maior domínio da produção, possibilidade de antecipar possíveis falhas na programação do macroplanejamento, correção das causas dos problemas de forma proativa, entre outras.

- *Experiência e Capacitação dos Operadores*

A operação de máquinas de alta tecnologia exige a formação de operadores capacitados, o que caracteriza um dos principais problemas enfrentados por empresas florestais (MACHADO, 2008). A escassez desses pode comprometer o rendimento e qualidade do trabalho e aumentar os custos de produção, além de causar danos às máquinas e impactos ao meio ambiente.

Segundo Packalén (2001) *apud* Lopes *et al.*, (2008), o treinamento de operadores de máquinas de colheita florestal apresenta alto custo quando comparado com o de profissionais de outros setores. Além disso, as empresas do setor florestal geralmente enfrentam dificuldade na identificação de pessoas dotadas de potencial para serem capacitadas para o trabalho nesse setor. Muitas vezes, despendem tempo e recursos financeiros na preparação de pretensos bons operadores que, na realidade, são desprovidos de tal potencial. Como consequência, tal fato resulta em baixa produtividade dos equipamentos, indisponibilidades mecânica e operacional e altos custos operacionais e de manutenção, que também podem resultar, entre outros problemas, em impactos ambientais e maiores riscos de acidentes de trabalho (PARISE, 2008).

Uma das formas de melhorar a eficiência das operações é a capacitação dos operadores por meio de treinamentos, de forma que estes sejam capazes de utilizar as máquinas florestais na sua capacidade máxima. A utilização dos próprios equipamentos no processo de treinamento nem sempre é viável em razão dos elevados custos e as expectativas imediatas dos resultados de produção. Por isso, segundo Lacerda e Mazon (2002), a metodologia mais eficiente de treinamento é o simulador de realidade virtual, proporcionando a capacitação de futuros operadores de forma rápida, eficiente e com baixos custos, além de evitar os acidentes, mobilização e quebra dos equipamentos (PACKALÉN, 2001).

- *Custos Operacionais*

É o custo de todos os recursos que exigem desembolsos monetários por parte da atividade produtiva para a sua recomposição, como gastos com insumos, mão de obra, manutenção, despesas gerais, incluindo as depreciações dos recursos fixos (REIS, 2001).

O custo operacional de uma máquina, segundo Harry *et al.* (1991), é o somatório de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação. O seu conhecimento é uma etapa de fundamental importância para o planejamento e o controle de sua utilização. A variação deste custo é influenciada, principalmente, pela eficiência operacional e pela jornada de trabalho.

Rodriguez *et al.* (1992), afirma que o custo operacional dos equipamentos é a base de cálculo para as avaliações econômicas e estudos comparativos entre sistemas de colheita, através da variação das grandezas de seus parâmetros. Os seus componentes são: valor de aquisição, vida útil, valor residual, taxa de remuneração, seguros e outras taxas, utilização anual, mão de obra, combustível ou energia, e manutenção.

O conhecimento do custo operacional de qualquer equipamento é de suma importância no processo de tomada de decisão, auxiliando, de forma fundamental, o controle e planejamento da utilização dos equipamentos (MACHADO; MALINOVSKI, 1988).

- *Manutenção de Equipamentos*

Para Pinto (1998), o conceito de manutenção visa garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequados.

As atividades de manutenção são decorrentes de ações tomadas no dia-a-dia, como forma de prevenir ou corrigir falhas detectadas nos equipamentos. Além disso, visam manter as condições originais das máquinas e equipamentos utilizados nos processos produtivos das indústrias (XENOS, 1998).

Sendo assim, a atividade básica da manutenção é zelar para que o cliente interno e externo tenha o recurso à sua disposição como também, uma importante fonte de otimização na redução dos custos (MARTINS; ALT, 2006).

Assim, Slack *et al.* (2002), apresenta os benefícios atingidos quando a manutenção é atuante, vejamos abaixo:

- Segurança melhorada – diminui o risco às pessoas que atuam no ambiente;
- Confiabilidade aumentada – menos tempo perdido com conserto;
- Qualidade maior – equipamentos em melhor desempenho;
- Custos de operação mais baixos – alguns elementos de tecnologia funcionam melhor quando recebem manutenção regularmente;
- Tempo de vida mais longo – prolongar a vida efetiva das instalações;
- Valor final mais alto – instalações bem mantidas propiciaram em vendas de segunda mão para o mercado.

De acordo com Siqueira (2005), os tipos de manutenção são também classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas. Seis categorias são normalmente identificadas, sob este aspecto:

- Manutenção Reativa ou Corretiva;

- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Proativa;
- Manutenção Produtiva;
- Manutenção Detectiva.

A manutenção Corretiva ou Reativa destina-se a corrigir falhas que já tenham ocorrido, enquanto a Manutenção Preventiva tem o propósito de prevenir e evitar as consequências das falhas. A Manutenção Preditiva busca a previsão ou antecipação da falha; medindo parâmetros que indiquem a evolução de uma falha a tempo de serem corrigidas. Similarmente, a Manutenção Detectiva procura identificar falhas que já tenham ocorrido, mas que não sejam percebidas. A Manutenção Produtiva objetiva garantir a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos. Finalmente, na Manutenção Proativa, a experiência é utilizada para otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos, em uma atitude proativa de melhoria contínua (SIQUEIRA, 2005).

### **3. Descrição da Empresa e Contextualização do Problema**

O estudo em questão foi realizado em uma empresa de grande porte do setor florestal, voltada ao mercado de papel e celulose, atuando tanto no mercado interno quanto externo. A base florestal está dividida em estados do Sudeste, Nordeste e Norte do Brasil, compreendendo uma área plantada de eucalipto de mais de 350 mil hectares.

O trabalho foi conduzido em um reflorestamento de *Eucalyptus* spp, localizado em um município do Estado do Maranhão. A área tem relevo plano a suavemente ondulado. O solo tem textura média argilosa, bem-drenada, sem presença de pedras na superfície. O povoamento é originado de mudas clonais, implantado basicamente em espaçamento de 3 x 3 metros, com média de 7 anos de idade, diâmetro na altura do peito (DAP) médio de 15 centímetros, à altura média 22 metros, volume médio individual de 0,22 metros cúbicos com casca (m<sup>3</sup>cc) e o volume médio por hectare de 182 m<sup>3</sup>cc.

A estrutura de colheita está dividida em três (03) módulos de produção, sendo cada um destes compostos por dez (10) *harvesters* e cinco (05) *forwarders*. Os *harvesters* são Tigercat, modelo H845C (máquina-base) e cabeçote SP Maskiner SP591LXG2 e os *forwarders* são também Tigercat, modelo 1075B.

#### **• Contextualização do problema**

A estrutura de colheita em implantação é composta por três (03) módulos produtivos, com uma demanda individual mensal de aproximadamente 100.000 m<sup>3</sup>.

Juntamente ao fato do início da operação e chegada dos equipamentos florestais, a maior parte dos operadores de equipamentos é recém-treinada, ou seja, com pouca experiência, a estrutura de manutenção (terceirizada) também é recém-treinada (pois não há na região mão de obra qualificada na quantidade necessária). Aliado a isso também há a questão das florestas adquiridas (de uma empresa atuante na região), formadas para o suprimento de carvão.

O conjunto desses fatores contribui de forma significativa para o aumento da dificuldade no processo de implantação da operação e manutenção dos custos projetados para a estrutura de colheita. Dessa forma, com o objetivo de determinar os fatores de maior impacto em uma estrutura de colheita florestal e os custos mais significativos desta estrutura, foram avaliadas as informações de produção, tomadas de tempo de operação e custos envolvidos.



#### 4. Metodologia

Trata-se de um estudo de caso aplicado ao processo de determinação das variáveis de maior influência no desempenho e custos operacionais das máquinas de colheita de madeira em uma empresa atuante no setor florestal.

Para a determinação das variáveis de maior influência no desempenho e custos operacionais das máquinas de colheita, foram avaliados o nível de experiência de operadores, planejamento operacional florestal, povoamento florestal e manutenção dos equipamentos. Fatores esses definidos em decorrência da sua relevância às operações de colheita, a fase de implantação que o projeto florestal se encontra e por sua representatividade em relação aos custos de operação. Foram utilizadas as seguintes equações:

- Disponibilidade mecânica (DM) =  $(HM \div HD) \times 100$ 
  - Hora disponível (HD) =  $(HP - HM)$

Onde:

HM = hora de manutenção.

- Custo Hora Máquina =  $\left( \frac{\sum CF \text{ operacionais} + \sum CV \text{ operacionais}}{\text{dias produtivos}} \right) \div \text{horas disponíveis ao dia}$

Onde:

Mês = 25 dias;

Dia produtivo = 21 horas.

- Custo Hora Máquina Parada =  
 $\left( \frac{\sum CF \text{ operacionais} + \sum CV \text{ operacionais} - \text{combustíveis}}{\text{dias produtivos}} \right) \div \text{horas disponíveis ao dia}$

Onde:

Mês = 25 dias;

Dia produtivo = 21 horas.

- Produção =  
 $((m^3 \text{ hora}) \times (\text{quantidade operadores}) \times (\text{turnos operacionais}) \times (\text{quantidade de equipamentos}) \times (HD^*)) \times VMI$

Onde:

HD\* = hora de disponível ajustada pela DM;

VMI = volume médio individual.

- Custo m<sup>3</sup> de madeira produzido =  $\left( \frac{\sum CF + \sum CV + \sum C \text{ Adm}}{m^3 \text{ de madeira produzido} \times \text{quantidade de HV}} \right)$

Onde:

HV = harvester.

O estudo foi conduzido em um módulo operacional, composto por dez *harvesters* e cinco *forwarders*, durante o período de maio a setembro de 2013.

Para a viabilização deste estudo as seguintes etapas foram cumpridas:

a) Coleta de dados:

- Custos e despesas envolvidos na colheita mecanizada: os dados foram obtidos a partir das planilhas de acompanhamento operacional mensal (previsão - custos orçados), planilhas de despesas da área de colheita na Empresa (despesas com salários da gestão, administrativos e operações, insumos - combustíveis, óleos e lubrificantes - fretes de máquinas, transporte de funcionários e serviços de manutenção);
- Manutenção de equipamentos: a obtenção dos dados ocorreu a partir das planilhas de acompanhamento de produção e manutenção e Disponibilidade Mecânica (DM) dos equipamentos;
- Operadores florestais: foram avaliados 39 operadores com e sem experiência, sendo 24 operadores de *harvester* (sem experiência), 10 operadores de *forwarder* (sem experiência), e 04 operadores experientes (mais de 03 anos de experiência em operação de máquinas florestais). As avaliações ocorreram durante um período de 05 meses para os operadores treinandos/recém-contratados e de 04 dias para os operadores experientes. As observações foram realizadas em dias e horários distintos (as observações duravam em torno de 15 minutos ocorrendo de 2 a 4 vezes ao dia).
- Planejamento operacional: avaliação do planejamento operacional e áreas disponíveis para colheita (relação entre volume das áreas, volume individual de árvores e planejamento das operações).

b) Análise e consolidação dos dados através de planilha de cálculo.

c) Determinação dos fatores mais impactantes no desempenho e custos operacionais das máquinas de colheita de madeira.

## 5. Resultados

### 5.1 Nível de Experiência dos Operadores

#### 5.1.1 Comparativo da produtividade entre operadores recém-contratados e operadores com experiência

O primeiro fator avaliado foi o nível de experiência e produtividade dos operadores. Como existiam níveis de desempenho distintos, os operadores treinandos/recém-contratados foram comparados em três classes (A, B e C), de acordo com a produtividade medida durante o treinamento e após a contratação, e operadores experientes. Essa separação por classes foi utilizada como forma de distinguir os operadores que já possuíam níveis de produtividade altos, e desenvolvimento diferenciado. Os resultados estão apresentados no Gráfico 1.

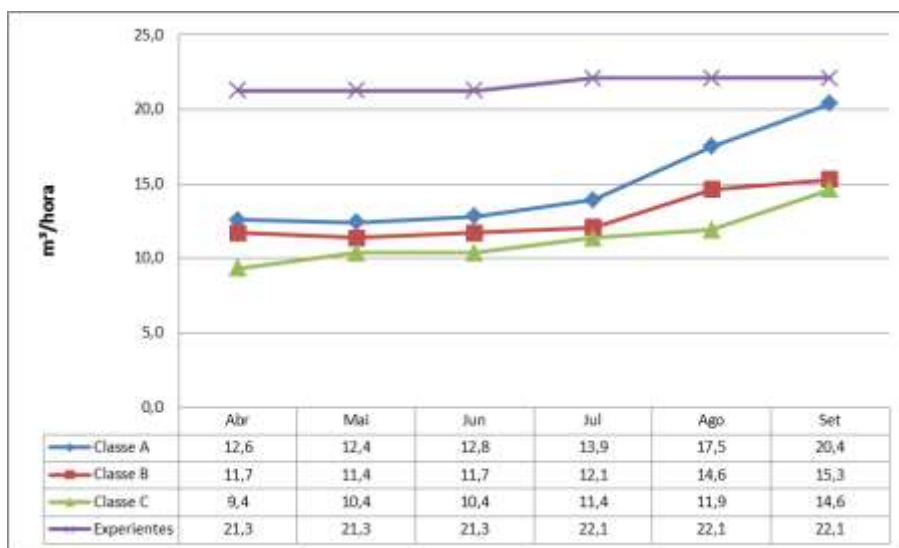


Gráfico 1 – Comparativo de produtividade entre operadores recém-treinados (classes A, B e C) e experientes.

De acordo com o gráfico acima, observa-se que a produtividade dos operadores experientes se manteve em nível estável no período analisado, enquanto que a produtividade dos operadores recém-treinados obteve um crescimento verificado a partir do mês de Julho, sugerindo que a experiência e capacitação adquiridos possam ter influência no aumento da produtividade.

Observa-se ainda, que os operadores destacados com classe A, tiveram uma produtividade maior em relação aos operadores de classe B e C no período de setembro, chegando a aproximar-se do nível de produtividade dos operadores com experiência.

É importante ressaltar que os operadores experientes, devido ao fato de possuírem experiência em outros equipamentos florestais, podem não ter alcançado o desempenho máximo na operação, (no ato da avaliação, no mês de junho/2013) e dessa forma, realizou-se um pequeno ajuste no número de árvores cortadas para comparação com as demais classes de operadores para os meses posteriores à avaliação. O ajuste foi realizado com base na capacidade prevista dos operadores experientes, que poderiam, segundo eles próprios, alcançarem patamares superiores a 23,8 m³/hora (em decorrência do conhecimento que seria adquirido e capacidade do equipamento, que possui como diferencial a velocidade dos rolos de tração – até 7,2 m/s.).

### 5.1.2 Impacto da produtividade nos custos

A produtividade causa impacto significativo em custos, tendo como base a atual estrutura orçada, comparando a produtividade dos treinandos no mês de abril com os operadores experientes, observa-se que uma diminuição de 46% no volume produzido aumenta 85% do custo da madeira (ver gráfico 1). Este forte impacto se mantém até o mês de setembro, porém, com uma escala cada vez menor, em decorrência da melhoria do desempenho dos operadores recém-contratados. O gráfico 2 demonstra a evolução dos volumes de produção.

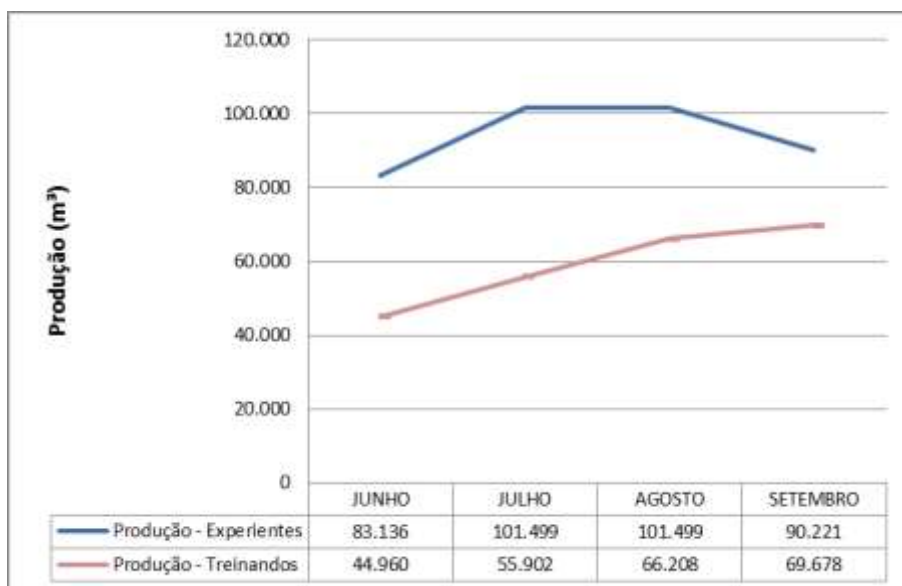


Gráfico 2 – Comparativo volume mensal de produção entre operadores experientes e recém-contratados

Observa-se que apesar de apresentarem um volume de produção superior aos operadores recém-contratados, os operadores experientes não conseguem manter o nível de produtividade crescente, o que se deve provavelmente ao fato de já terem atingido o nível máximo, ou próximo a ele de produção. A diminuição no volume de setembro, para os operadores experientes, se deve a menor quantidade de dias produtivos do mês, já para os operadores recém-contratados isto não se observa, pois demonstraram uma continuidade de evolução produtiva neste período.

O gráfico 3 apresenta os impactos da produtividade no preço do metro cúbico da madeira.

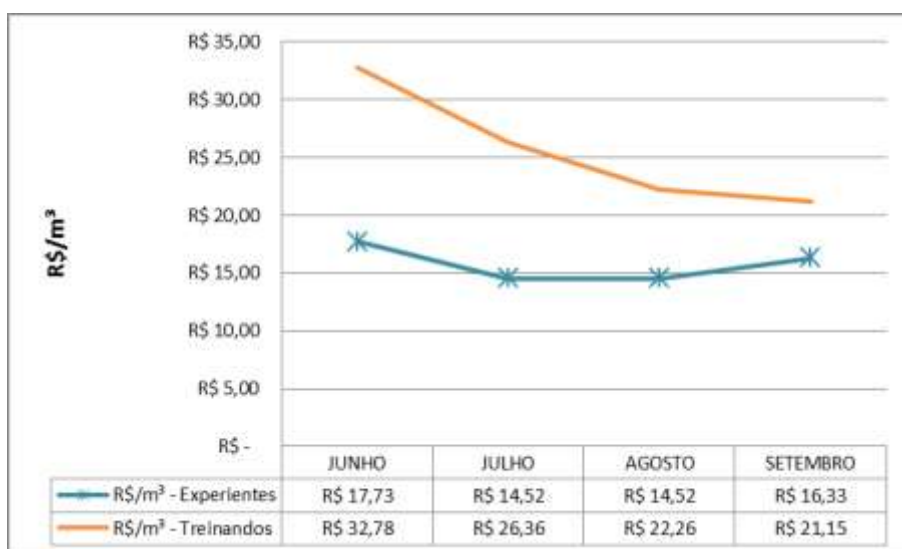


Gráfico 3 – Impacto da produtividade no custo do m³ da madeira

Observa-se no gráfico 3 uma tendência contrária a do gráfico 2, ou seja, a medida que há um aumento na produção de madeira os custos produtivos são menores. Podemos observar ainda que em um curto período de tempo, entre 2 e 3 meses, tanto os operadores experientes quanto os operadores recém-treinados atingirão um mesmo patamar em custos/produção.

### 5.1.3 Curva de aprendizado do trabalho (por classes de desempenho)

De acordo com as avaliações de tempo e produtividade, foi estabelecida a curva de aprendizado demonstrada no gráfico 4. É possível observar que o desenvolvimento dos operadores recém-contratados não segue uma tendência linear, e sim apresenta um “salto” em um determinado momento. Observa-se ainda que o volume de produção dos contratados considerados classe A se assemelha bastante a dos operadores experientes, entre 20,4 e 22,1 m<sup>3</sup>/hora.



Gráfico 4 – Curva de aprendizado no trabalho

## 5.2 Manutenção de Equipamentos e Disponibilidade Mecânica (DM)

### 5.2.1 Impacto da disponibilidade mecânica (DM) na produção

A DM é um indicador de grande importância e utilização em operações de colheita, pois demonstra o tempo que determinado equipamento está disponível para produção. A DM de um determinado equipamento afeta diretamente sua produção, pois quanto mais tempo disponibilizado para a produção, maiores são as chances de se atingir o volume definido no plano operacional.

A tabela 1 demonstra o volume de madeira que poderia ser colhido pelos operadores recém-contratados, de acordo com o desempenho que eles apresentavam no período (mês de avaliação).

		DM (%)							
		85%	83%	81%	79%	77%	75%	73%	71%
horas/dia		5,95	5,81	5,67	5,53	5,39	5,25	5,11	4,97
Abril	m <sup>3</sup> /dia - DM	1.969,4	1.923,1	1.876,7	1.830,4	1.784,0	1.737,7	1.691,4	1.645,0
Mai	m <sup>3</sup> /dia - DM	2.033,1	1.985,3	1.937,4	1.889,6	1.841,8	1.793,9	1.746,1	1.698,2
Junho	m <sup>3</sup> /dia - DM	2.051,3	2.003,1	1.954,8	1.906,5	1.858,3	1.810,0	1.761,7	1.713,5
Julho	m <sup>3</sup> /dia - DM	2.172,7	2.121,6	2.070,5	2.019,3	1.968,2	1.917,1	1.866,0	1.814,8
Agosto	m <sup>3</sup> /dia - DM	2.573,3	2.512,7	2.452,2	2.391,6	2.331,1	2.270,5	2.210,0	2.149,4
Setembro	m <sup>3</sup> /dia - DM	3.046,6	2.975,0	2.903,3	2.831,6	2.759,9	2.688,2	2.616,5	2.544,8
DM/dia (horas)		17,85	17,43	17,01	16,59	16,17	15,75	15,33	14,91
Total Oper.		30							

Tabela 1 – Simulação do volume de madeira que poderia ser colhido – operadores recém-treinados

		DM (%)							
		85%	83%	81%	79%	77%	75%	73%	71%
horas/dia		5,95	5,81	5,67	5,53	5,39	5,25	5,11	4,97
Junho	m <sup>3</sup> /dia - DM	3.793,1	3.703,9	3.614,6	3.525,4	3.436,1	3.346,9	3.257,6	3.168,4
Julho	m <sup>3</sup> /dia - DM	3.944,9	3.852,0	3.759,2	3.666,4	3.573,6	3.480,8	3.387,9	3.295,1
Agosto	m <sup>3</sup> /dia - DM	3.944,9	3.852,0	3.759,2	3.666,4	3.573,6	3.480,8	3.387,9	3.295,1
Setembro	m <sup>3</sup> /dia - DM	3.944,9	3.852,0	3.759,2	3.666,4	3.573,6	3.480,8	3.387,9	3.295,1
DM/dia (hor		17,85	17,43	17,01	16,59	16,17	15,75	15,33	14,91
Total Oper.		30							

Tabela 2 – Simulação do volume de madeira que poderia ser colhido – operadores experientes

É possível observar, nas tabelas 1 e 2, que cada ponto percentual reduzido na DM diminui o mesmo percentual em produção.

Apesar da DM buscada ser 85%, atualmente a média entre os equipamentos não passa de 75%, sendo que em alguns equipamentos a DM chega a 55%, ou seja, para o caso dos operadores experientes isso é o mesmo que possibilitar ao equipamento/operadores aproximadamente 2.380 m<sup>3</sup>/dia/módulo ao invés das mais de 3.790 m<sup>3</sup>/dia/módulo que são capazes.

### 5.2.2 Impacto da DM em custos

A DM em custos também segue uma tendência de queda ou aumento de acordo com a variação apresentada pelo indicador. A tabela 3 demonstra que uma DM de 81% em relação a uma de 85% impacta em 5% no custo da madeira. A DM de 81% é a alcançada atualmente por alguns equipamentos, apesar da média ficar em torno de 75%. Com a DM de 75% o custo da madeira chega a R\$ 20,09, muito superior ao custo da DM a 85% - R\$ 17,73 (tendo como base o mês de abril).

MÊS	JUNHO		JULHO		AGOSTO		SETEMBRO	
Custo/m <sup>3</sup> - DM 75%	R\$	20,09	R\$	16,46	R\$	16,46	R\$	18,51
Custo/m <sup>3</sup> - DM 81%	R\$	18,60	R\$	15,24	R\$	15,24	R\$	17,14
Custo/m <sup>3</sup> - DM 85%	R\$	17,73	R\$	14,52	R\$	14,52	R\$	16,33
Diminuição no Custo - DM 75% para DM 81%				-7%		-7%		-7%
Diminuição no Custo - DM 81% para DM 85%				-5%		-5%		-5%

Tabela 3– Impacto da DM nos custos

No que se refere à manutenção, a DM afeta não somente a produtividade e os custos de produção como também onera toda a estrutura empresarial com o custo da máquina parada, que pode ser observada na totalização dos custos fixos incidentes sobre a operação, como também no volume total de madeira que não foi colhida.

### 5.2.3 Custo hora programada/máquina

O custo da hora programada/máquina (21 horas/dia) também é de grande importância para a tomada de decisão e acompanhamento das operações de produção e manutenção, pois para aliviar os custos fixos da operação necessita-se o maior número possível de horas produtivas como forma de diluir os custos na madeira cortada. É uma situação semelhante à demonstrada na tabela 3, que relaciona DM com produtividade, onde uma maior produção se reverte em um menor custo por metro cúbico de madeira cortada.

O custo operacional é atualmente R\$ 150,64 para os *harvesters* e R\$ 249,51 para os *forwarders*.

### 5.2.4 Custo máquina parada

Além do custo da hora/máquina, o custo hora/máquina parada também deve ser acompanhado constantemente, pois ele demonstra o quanto a estrutura de custos está impactando por não haver produção. Este custo, assim como o da hora/máquina foi determinado com base nos custos fixos de produção não diluídos por falta de produção efetiva, e não por gerar um determinado volume de madeira e isso representar um determinado custo à empresa.

O custo hora/máquina parada atualmente é de R\$ 115,15 para os *harvesters* e R\$ 223,71 para os *forwarders*.

## 5.3 Planejamento Operacional e Volume Médio Individual (VMI)

### 5.3.1 Impacto do volume florestal na produtividade

Na atual operação de colheita estudada existem grandes diferenças entre as áreas de atuação dos módulos operacionais. Existem áreas com volumes médios por árvore de 0,17 m<sup>3</sup>, como outras com 0,25 m<sup>3</sup> chegando até a 0,30 m<sup>3</sup>. A área onde o estudo foi realizado possui um volume médio por árvore de 0,17 m<sup>3</sup>, o que demanda um grande esforço dos operadores para o atingimento das cotas de produção.

Tendo como base o mês de setembro (período em que os operadores já atingiram um patamar de produção regular), é possível observar na tabela 4, que a produção de madeira em um talhão com VMI de 0,17 m<sup>3</sup> e outro com VMI de 0,25 m<sup>3</sup> apresenta uma diferença de quase 40.000 m<sup>3</sup> de madeira produzida (considerando a estrutura de 10 *harvesters* operando 3 turnos/dia).

O fator volume da floresta é de grande importância no ato do planejamento florestal, pois pode prejudicar significativamente o abastecimento industrial e a consequente produção. Dessa forma, as características do povoamento, mais especificamente o volume individual das árvores, é fator de grande relevância à produtividade da colheita mecanizada. O fator povoamento (observado exclusivamente o volume individual dos indivíduos) é parte essencial do planejamento das operações.

A tabela 4 demonstra a grande diferença de volume gerado em áreas com diferentes volumes individuais de árvores. Neste caso, adotou-se o pressuposto que o aumento do volume individual não impacta no tempo de processamento da madeira. Na verdade esse aumento de tempo existe, porém como nas áreas estudadas essa diferenciação de tempo não se evidenciou, foi adotada uma crescente linear na produção.

		m <sup>3</sup> /dia							
		VMI							
m <sup>3</sup> /arv	0,17	3.945	3.852	3.759	3.666	3.574	3.481	3.388	3.295
	0,19	4.409	4.305	4.201	4.098	3.994	3.890	3.787	3.683
	0,21	4.873	4.758	4.644	4.529	4.414	4.300	4.185	4.070
	0,23	5.337	5.212	5.086	4.960	4.835	4.709	4.584	4.458
	0,25	5.801	5.665	5.528	5.392	5.255	5.119	4.982	4.846
	0,28	6.497	6.345	6.192	6.039	5.886	5.733	5.580	5.427
	0,30	6.962	6.798	6.634	6.470	6.306	6.143	5.979	5.815

		m <sup>3</sup> /mês							
		VMI							
m <sup>3</sup> /arv	0,17	106.511	104.005	101.499	98.993	96.486	93.980	91.474	88.968
	0,19	119.042	116.241	113.440	110.639	107.838	105.037	102.236	99.435
	0,21	131.572	128.477	125.381	122.285	119.189	116.093	112.997	109.902
	0,23	144.103	140.712	137.322	133.931	130.540	127.150	123.759	120.368
	0,25	156.634	152.948	149.263	145.577	141.892	138.206	134.521	130.835
	0,28	175.430	171.302	167.174	163.047	158.919	154.791	150.663	146.535
	0,30	187.961	183.538	179.115	174.693	170.270	165.848	161.425	157.002

### 5.3.2 Impacto do volume florestal nos custos:

Assim como a disponibilidade mecânica (DM), os volumes individuais da floresta também atuam de forma importante nos custos operacionais e custos da madeira. A tabela 5 demonstra a que a variação no VMI, de 0,17 m<sup>3</sup> para 0,25 m<sup>3</sup> gera uma diferença de quase R\$ 10,00 no custo da madeira cortada ou 32%.

MÊS	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	
Produção - Estimada		44.960	55.902	66.208	69.678
Produção - Estimada		69.383	86.269	102.173	107.528
R\$/m <sup>3</sup>		32,78	26,36	22,26	21,15
R\$/m <sup>3</sup>		22,29	17,93	15,14	14,38

Tabela 5 – Impacto de volume florestal nos custos



Além do volume florestal, o custo da madeira está intimamente ligado à produtividade e disponibilidade dos equipamentos para a operação (DM). Há uma grande inter-relação entre esses fatores, as características do povoamento e a experiência e consequentemente produtividade dos operadores.

## 6. Conclusões

Os resultados do estudo demonstram que entre os fatores avaliados, **Experiência e capacitação dos operadores, Manutenção de equipamentos, Planejamento Operacional/Povoamento Florestal (volume médio individual)**, os de maior impacto são:

- a) **Experiência e capacitação dos operadores:** conforme se aumenta a capacitação e experiência de operadores recém-contratados aumenta-se também a produtividade. Ao compararem-se operadores experientes com operadores com pouca ou sem experiência observa-se uma diferença de até 1.742 m<sup>3</sup> de madeira ao dia e 40.061 m<sup>3</sup> ao mês (comparando operadores experientes e recém-contratados no mês de junho – módulo de colheita com 10 *harvesters*), representando no custo do m<sup>3</sup> de madeira cortado uma variação de 46% (de R\$ 32,78 para R\$ 17,73).
- b) **Manutenção de equipamentos:** a DM segue a mesma tendência da Experiência e Capacitação dos operadores, e, conforme se aumenta a DM, aumenta-se também a produtividade, e ao compararem-se a DM de 85% com a DM de 75% observa-se uma diferença de até 446 m<sup>3</sup> de madeira ao dia e 10.264 m<sup>3</sup> ao mês (comparando somente operadores experientes no mês de junho), representando no custo do m<sup>3</sup> de madeira cortado uma variação de 12% (de R\$ 20,09 para R\$ 17,73).
- c) **Planejamento operacional/povoamento florestal (volume médio individual):** o planejamento operacional foi realizado de forma aleatória na empresa estudada, ou seja, foram observados somente aspectos como condições climáticas e distribuição pluviométrica no decorrer do ano e áreas contínuas, e dessa forma, não observando a fundo a capacidade dos equipamentos/operadores e as áreas disponíveis.  
O volume individual das árvores, assim como os demais fatores avaliados também segue uma tendência de diminuição de custos a medida que aumentam-se os volumes produzidos (em decorrência do maior volume da floresta). Ao compararem-se o volume produzido em uma área com volume individual de árvores de 0,17m<sup>3</sup> e uma de 0,25 m<sup>3</sup> observa-se uma diferença de até 1.785 m<sup>3</sup> de madeira ao dia e 41.055 m<sup>3</sup> ao mês (comparando somente operadores experientes no mês de junho), representando no custo do m<sup>3</sup> de madeira cortado uma variação de 32% (de R\$ 17,73 para R\$ 12,05).

### Custos mais significativos:

O estudo demonstrou que o fator de maior impacto em uma estrutura de colheita florestal foi: a produtividade dos operadores, no estudo em questão relaciona-se isto a experiência e capacitação dos operadores. Após este fator (produtividade dos

operadores), a questão do volume individual da floresta, que neste caso relacionou-se ao planejamento operacional, estruturado de forma a manter as máquinas em operação em uma grande área contínua e fatores climatológicos e não observando o volume da floresta para definir as metas de produção. Por último, a questão da Disponibilidade Mecânica (DM), apesar de fundamental à ocorrência de todas as outras, se avaliada isoladamente, não tem um impacto tão significativo quanto as demais.

## Referências

- ARCE, J. E.; MACDONAGH, P.; FRIEDL, R. A. **Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal**. Revista Cerne, Lavras, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2004.
- ASSUMPCÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos da construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. 158 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
- CECHIN, F. N. **Análise da eficiência e do desempenho operacional das máquinas e dos equipamentos utilizados no corte raso de povoamentos florestais na região do planalto norte de Santa Catarina**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.
- GUIMARÃES, H. S. **A logística como fator decisivo das operações de colheita de madeira e transporte florestal**. In: Seminário de Atualização sobre Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal, 2004, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR/FUPEF, 2004. p. 127-146.
- HARRY G. G.; FONTES J. M.; MACHADO C.C.; SANTOS S. L. **Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais**. In: I Simpósio Brasileiro sobre Exploração e Transporte Florestal, 1991, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991. p. 57-75.
- LACERDA, J. F. S. B.; MAZON, A. **Uso de simuladores de realidade virtual no treinamento de operadores na colheita e transporte florestal**. In: Seminário de Atualização sobre Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal, 12., 2002, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR - FUPEF, 2002. p. 133-146.
- LEITE, A. M. P.; LIMA, J. S. S. **Mecanização**. In: Colheita Florestal. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 600 p.
- LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; ARAUJO, A. J.; SILVA, P. C. **Avaliação do treinamento de operadores de Harvester com uso de simulador de realidade virtual**. Revista Árvore, v. 32, n.2, p. 291-298, 2008.
- MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**, 2. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 508 p.
- MACHADO, C. C. **Exploração Florestal**, 4. Ed. Viçosa, MG: UFV, 1985. 60 p.
- MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. **Planejamento**. In: MACHADO, C. C. (Org.). Colheita florestal. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468 p.
- MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65 p.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de madeira para pinus na região Sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF, 1998. 138 p.
- MARTINS, G. P.; ALT, P. R. C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2006. 441 p.
- MARTINS, P. G., LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2 Ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.
- MENDONÇA FILHO, W. F. **Abate de Árvores totalmente mecanizado**. In: Seminário sobre Exploração, Ergonomia e Segurança em Florestamentos, 5., Curitiba: IPEF, 1987.
- MOTTA, R. R., CALÔBA, G. M. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2006. 392 p.
- OLIVEIRA, R. **A utilização do microplanejamento como ferramenta de gestão da produção**. 158 f. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

- PACKALÉN, A. **Swedish study on Harvester simulator training: costs cut, quality maintained.** International Forestry Magazine – Timberjack News: n. 3, p. 20-21. 2001.
- PARISE, D. J. **Competência do operador de máquinas de colheita florestal e conhecimento tácito - Estudo de caso.** Curitiba: SENAI/Departamento Regional do Paraná, 2008.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 440 p.
- REIS, R. P.; MEDEIROS, A. L.; MONTEIRO, L. A. **Custos de produção da atividade leiteira na região sul de Minas Gerais.** Lavras: DAE/PROEX/UFLA, 2001. 23 p.
- RODRIGUEZ, A. V.; CASTRO, P. F.; DRUMOND G. S. **Engenharia industrial aplicada à exploração florestal.** In: VII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, 1992, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992, p. 40-66.
- SLACK, N. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas. 1999.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.** 1. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.
- VALVERDE, S. R. **Análise técnica e econômica do sistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto.** 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1995.
- XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p.
- ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de *Pinus taeda*.** 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.