

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia Florestal

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA SUPORTE A  
TOMADA DE DECISÃO NA COLHEITA FLORESTAL**

Beatriz Maria Jardim Teixeira

# **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA SUPORTE A TOMADA DE DECISÃO NA COLHEITA FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Stanley Schettino

Montes Claros

2018

Beatriz Maria Jardim Teixeira. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA  
SUPORTE A TOMADA DE DECISÃO NA COLHEITA FLORESTAL

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Edy Eime Pereira Baraúna – ICA/UFMG

Prof. Luciano José Minette - UFV



Prof. Stanley Schettino - Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 29 de novembro de 2018.

## RESUMO

Sendo a colheita florestal uma das etapas mais onerosas do processo de produção de madeira, um planejamento eficaz através de um processo de escolha de sistemas e métodos de colheita não significa apenas dispor de dados corretos, mas, sobretudo, trabalhar um modelo de raciocínio capaz de traduzi-los em informações capazes de subsidiar as decisões envolvidas. Neste sentido, este estudo apresentou como objetivo o desenvolvimento de um sistema que dê suporte no processo de tomada de decisão quanto ao sistema de colheita florestal a ser utilizado em uma área, considerando diferentes cenários, de modo a especificar qual sistema de colheita utilizar; especificar qual alternativa é mais viável para cada atividade da colheita; e determinar o custo de produção da madeira. As etapas envolvidas no desenvolvimento do sistema foram a aquisição de conhecimentos, estruturação dos conhecimentos, codificação e avaliação. A aquisição de conhecimentos foi baseada na análise de documentos levantados através de pesquisa bibliográfica e na reconstrução pessoal (experiência prática dos autores). A construção do modelo consistiu na identificação de três categorias de conhecimentos: a descrição do conhecimento estático do tema (parâmetros fornecidos); o papel destes parâmetros na resolução do problema (raciocínio); as etapas do raciocínio e a maneira de atingir os objetivos. A verificação da consistência do sistema se deu em uma avaliação técnica realizada em duas etapas: a primeira realizada ainda na fase de estruturação do sistema (modelagem), consistiu em analisar a sensibilidade e verificar a coerência dos resultados apresentados pelo modelo. A segunda etapa, realizada durante e após a codificação do modelo, consistiu em verificar tecnicamente a correspondência entre o resultado gerado pelo sistema e os objetivos propostos para a modelagem. Após o estabelecimento do modelo conceitual, tendo como restrições o tamanho da área a ser colhida, a produtividade das florestas, a rotação e a declividade do terreno, o sistema foi desenvolvido utilizando a plataforma *Visual Basic for Applications*, sendo a interface via o *Microsoft Excel*. Como resultado, o sistema atingiu os objetivos propostos durante a modelagem e se apresenta como uma ferramenta eficaz para apoio a decisão quanto ao sistema de colheita a ser utilizado, considerando diferentes cenários técnicos, operacionais e econômicos, uma vez que atendeu plenamente aos objetivos propostos. Após a avaliação do sistema, conclui-se que, após informados os dados e as premissas, fornece a melhor resposta quanto ao sistema de colheita a ser utilizado, especificando a alternativa mais viável para cada atividade e determinando o custo operacional de produção de madeira; e que o sistema proposto, através de uma interface simples e eficiente, fornece uma base segura de informação para fomentar a tomada de decisões relativas a colheita florestal.

Palavras-chave: Operações florestais; Planejamento florestal; Custos de produção florestal.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	8
2.1. Planejamento de Colheita Florestal .....	8
2.2. Sistemas de Colheita Florestal .....	9
2.3. Máquinas de Colheita Florestal .....	10
2.4. Fatores que Influenciam a Colheita Florestal .....	11
2.5. Métodos Semimecanizado e Mecanizado de Colheita Florestal .....	12
2.6. Sistemas de Apoio a Decisão .....	13
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	15
3.1. Aquisição de Conhecimentos .....	15
3.2. Estruturação dos Conhecimentos .....	16
3.3. Codificação .....	16
3.4. Avaliação .....	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
4.1. Estabelecimento do Modelo Conceitual .....	18
4.2. Codificação do Sistema .....	19
4.3. Avaliação do Sistema .....	20
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	22
5.1. Conclusões .....	22
5.2. Trabalhos Futuros .....	22
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	23
<b>ANEXOS</b> .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as atividades necessárias à produção madeireira, a colheita florestal é economicamente a mais importante, pois interfere diretamente na composição do custo da madeira. No Brasil, a colheita, juntamente com o transporte, representa 50% ou mais do total dos custos finais da madeira colocada no local de sua utilização (MACHADO; LOPES, 2002).

Desse modo, o uso planejado de sistemas mecanizados de colheita florestal é fundamental e permite, segundo Fiedler et al. (2008), a organização, a racionalização e a otimização das atividades, contribuindo assim para a melhoria da qualidade do produto e do serviço, melhoria das condições de trabalho do ser humano, aumento da produtividade e redução dos custos operacionais e de produção.

A mecanização da colheita florestal intensificou-se significativamente a partir da década de 1990 com a abertura do mercado pelo governo brasileiro à importação de máquinas e equipamentos florestais. Além disso, outros fatores contribuíram para a mecanização, como o aumento da produtividade das florestas e dos custos de mão de obra, assim como a necessidade de executar os trabalhos com maior segurança operacional e reduzir os custos de produção (Leonello et al., 2012).

Desta forma, diversas empresas brasileiras passaram a adotar os sistemas mecanizados para realizar a extração da madeira. Porém, a mecanização da colheita florestal no Brasil, na maioria das vezes, utiliza máquinas com elevado custo de aquisição, exigindo o máximo de aproveitamento delas em todas as suas funções (FONTANA; SEIXAS, 2007).

Um dos principais aspectos a considerar, no estabelecimento de povoamentos florestais, é a adequação da densidade do plantio, além do arranjo espacial das árvores, de modo a satisfazer as necessidades do produtor florestal e do mercado (LEITE et al., 2014b). Além dessas características, Akay et al. (2004) completaram que os sistemas de colheita devem estar relacionados ao tipo de terreno, as tecnologias disponíveis, tamanho e volume das árvores e intensidade das operações de colheita.

Ainda, há que se considerar que a colheita florestal em áreas acidentadas, ou em condições topográficas desfavoráveis, exige um alto nível de planejamento e detalhamento. Também é necessário o desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para essas condições, com o objetivo de minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão-de-obra e aumentar a produtividade (LIMA; LEITE, 2014).

A produtividade das máquinas florestais pode ser influenciada por diversos fatores, como o volume médio individual das árvores (SIMÕES et al., 2014), a distância de extração (SANTOS et al., 2013), o espaçamento de plantio e a declividade do terreno (LEITE et al., 2014b), a eficiência operacional das máquinas (ROCHA et al., 2009) e a produtividade das florestas (FERNANDES et al., 2009), entre outros. Malinovski et al. (2006) identificaram 37 principais variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de eucaliptos, relacionadas ao povoamento, ao terreno e ao planejamento das operações.

Neste contexto, torna-se cada vez mais importante a realização de estudos que verifiquem qual o melhor sistema de colheita a ser empregado em uma determinada área, de acordo com suas especificidades, de modo a garantir a sustentabilidade econômica do projeto, reduzindo custos e aumentando a produtividade das operações.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema que dê suporte no processo de tomada de decisão quanto ao sistema de colheita florestal a ser utilizado em uma área, considerando diferentes cenários, de modo a:

- Especificar qual sistema de colheita utilizar (Semimecanizado? Mecanizado: *full-tree*, *cut-to-length*);
- Especificar qual alternativa é mais viável para cada atividade da colheita;
- Determinar o custo de produção da madeira (R\$/m<sup>3</sup>) para a alternativa escolhida.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Planejamento de Colheita Florestal**

A colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal, que tem por objetivo preparar e levar a madeira até o local de transporte, através do uso de técnicas e de padrões estabelecidos (MALINOVSKI et al., 2014). Porém, além da dependência de grande contingente de mão de obra, são necessários altos investimentos para adquirir máquinas e equipamentos de colheita florestal, fazendo com que o processo seja bastante oneroso (SCHETTINO et al., 2017).

Assim, segundo Santos (2014) para que não ocorram problemas operacionais e ineficiência na colheita florestal, é necessário realizar planejamento e avaliações que definam de forma precisa qual será a máquina, método e sistema de colheita adequado. Além disso, é fundamental conhecer a área e realizar um prognóstico da produtividade a ser alcançada, pois apenas com base nestas informações é possível obter um orçamento das atividades de colheita e fixar quais métodos e máquinas devem ser empregados.

Wadouski (1987) define variáveis que conseguem influenciar a produtividade das máquinas, sendo eles o volume e tamanho da área, qualidade de fustes, topografia, solos, diâmetro, e distribuição das chuvas.

Malinovski et al. (2006) classificam as variáveis que influenciam a colheita em um projeto florestal como físicas, que englobam variáveis de povoamento, de terreno, planejamento operacional. Segundo os autores, as variáveis físicas estão relacionadas com a pedregosidade, declividade, tipos de solo, sub-bosque. Fatores como escolha da espécie, espaçamento, volume da colheita, altura, diâmetro, bifurcações, qualidade dos fustes estão relacionados com a variável de povoamento, podendo interferir significativamente no resultado da colheita. As variáveis do terreno estão totalmente ligadas a declividade do terreno, pois quanto mais declivoso for o terreno, menor será o rendimento da colheita, muitas das vezes impossibilita até que o maquinário faça a colheita.

Dessa forma, planejar a colheita é essencial para que as operações sejam otimizadas em todas as etapas, assegurando melhoria na qualidade, aumento de produtividade, maior segurança, redução dos custos e conseqüentemente, a rentabilidade da operação em padrões competitivos.

## 2.2. Sistemas de Colheita Florestal

Segundo Malinovski et al. (2014) um sistema de colheita trata-se de um conjunto de atividades, que permitem o fluxo constante de madeira e que tem por objetivo à racionalização e a otimização dos recursos utilizados.

Já Mac Donagh (1994) conceitua os sistemas de colheita como sendo a ligação entre a matéria-prima (árvores em pé, na floresta) e as indústrias de transformação da madeira através do conjunto de operações responsáveis pelo abastecimento das mesmas.

Assim, nota-se que um sistema de colheita envolve uma série de operações que vão desde a derrubada da árvore a locação da madeira nos pátios. Porém, Machado et al. (2008) relatam que estes sistemas podem variar de acordo com diversos fatores, dentre eles topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final da madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis.

Entretanto, para cada grupo de condições específicas certamente existe um método e um sistema de colheita mais indicado a serem selecionados para que se proceda à colheita e o beneficiamento da madeira (SILVA et al., 2003).

De acordo com Malinovski e Malinovski (1998) os sistemas de colheita podem ser classificados quanto ao comprimento das toras, a forma como são extraídas e o local de processamento. Sendo quatro os sistemas básicos de colheita florestal:

- Sistema de toras curtas (cut-to-length): a árvore é processada no local de derrubada e transportadas para a margem da estrada ou pátio temporário em formas de pequenas toras, com menos de seis metros de comprimento;
- Sistema de toras compridas (tree-length): a árvore é semi-processada (desgalhamento e destopamento) no local de derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio temporário em forma de fuste, com mais de seis metros de comprimento;
- Sistema de árvores inteiras (full-tree): a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio intermediário, sendo realizado se processamento completo;
- Sistema de árvores completas (whole-tree): a árvore é arrancada com parte de seu sistema radicular e extraída para a margem da estrada ou para o pátio temporário, onde é processada.

Além destes, existe ainda o sistema de cavaqueamento (chipping) que consiste em processar a árvore no local de derrubada, transportando-a em forma de cavacos.

### 2.3. Máquinas de Colheita Florestal

A mecanização das operações florestais no Brasil iniciou-se com a adaptação de equipamentos utilizados no setor agrícola. Porém, a redução da mão de obra em campo, o aumento da capacidade produtiva, dentre outros fatores, exigiu o uso de máquinas e equipamento projetados, especialmente, para as atividades de cunho florestal.

Atualmente a mecanização das atividades de colheita já é realidade em um grande número de empresas do setor florestal brasileiro, sendo que a diferenciação de uma empresa para outra é o nível de mecanização, isso porque algumas adotam sistemas totalmente mecanizados enquanto outras os utilizam em algumas partes do processo (MACHADO et al., 2008).

Segundo Lima e Leite (2014), os tipos de máquinas de colheita florestal disponíveis no mercado são:

- Feller-buncher: surgiu no Brasil por volta da década de 1970, produzido para derrubar e empilhar determinada quantidade de árvores e, posteriormente, acumulá-las em uma leira. Sua sustentação se dá em forma de um trator de pneus ou de esteiras. Sua principal aplicação é no sistema de árvores inteiras, quando é utilizada somente para o abate das árvores.
- Harvesters: criado para derrubar, desgalhar, medir automaticamente e traçar, cortar os fustes em toras, e enfileirar a madeira. Tendo nome também conhecido como processador florestal. Este pode realizar todo o processo concomitantemente. A sua movimentação é dada por pneus em tandem ou esteiras. Existem também Harvesters adaptados exclusivamente para o processamento da madeira os quais, neste caso, não realizam a derrubada das árvores.
- Skidder: baseia-se em um trator florestal arrastador muito aproveitado em florestas tropicais e em cultivo de pinus devido ao tamanho das toras. No mercado são encontrados modelos com garra traseira telescópica para arraste de toras.
- Forwarder: projetado para extração de madeira de toras curtas, normalmente após o abatimento das árvores por um Harvester. O seu sistema de movimentação pode ser por pneus em tandem ou esteiras. A carga e descarga são realizadas por um braço hidráulico, telescópio e garra. A operação em áreas com inclinação maior que 30 graus é impossibilitada.
- Garra traçadora: muito utilizada em substituição do motosserra, já que esta possui a incumbência de traçar a madeira de acordo com o tamanho de interesse. Normalmente empregada em sistemas mecanizados de colheita que trabalham com o skidder, feller ou feller buncher. O seu sistema de movimentação é por esteiras.

- Grua: utilizada para carregamento e descarregamento, de maneira ágil. Esta é constituída por um suporte rígido, uma base giratória dois braços articulados e garra. A sua agilidade decorrerá dos movimentos dos seus elementos e do desenho do braço e articulações.
- Motosserra: é uma máquina acionada por motor a gasolina de empunhadura manual utilizada principalmente para corte (derrubada) e traçamento de árvores. Apesar da modernização e avanço da tecnologia no setor florestal com a utilização de máquinas sofisticadas de grande rendimento, a motosserra ainda predomina na maioria das empresas de pequeno e médio porte, e é uma ferramenta de alto risco e que exige do trabalhador grande esforço físico,

#### **2.4. Fatores que Influenciam a Colheita Florestal**

As atividades de colheita de madeira apresentam diversas variáveis que influenciam na produtividade das máquinas que irão realizar as operações de corte, extração, desgalhamento, descascamento, sortimento e carregamento (Malinovski et al., 2006).

Segundo Schettino et al. (2015), a produtividade das máquinas florestais pode ser influenciada por diversos fatores, como o volume médio individual das árvores (Simões et al., 2014), a distância de extração (Santos et al., 2013), o espaçamento de plantio, a declividade do terreno (Leite et al., 2014b), a eficiência operacional das máquinas (Rocha et al., 2009) e a produtividade das florestas (Fernandes et al., 2009).

Além disso, Malinovski et al. (2014) relatam que os sistemas de colheita da madeira são influenciados pelas características do povoamento (espécie, origem, idade, volume individual, diâmetro da madeira, espaçamento, qualidade do plantio), pelo ambiente físico (tamanho das áreas, topografia, solo, clima) e pelos aspectos operacionais (finalidade da madeira, regime de manejo, tipos de máquinas e equipamentos, nível de treinamento dos operadores, rede viária, logística, etc.).

Ainda, Machado e Lopes (2002) descrevem que dentre os fatores técnicos que influenciam na colheita estão: a floresta, o terreno, a finalidade da madeira, o rendimento operacional das máquinas, a demanda e as estradas, principalmente. Desse modo, nota-se que são vários os fatores que influenciam, isolada ou conjuntamente, nas operações de colheita florestal. Assim, é fundamental avalia-los e considera-los no planejamento da colheita, pois deles dependem o sucesso da atividade.

A colheita florestal em áreas acidentadas, ou em condições topográficas desfavoráveis, exige um alto nível de planejamento e detalhamento. Também é necessário o desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para essas condições, com o objetivo

de minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão-de-obra e aumentar a produtividade (LIMA; LEITE, 2014).

Bramucci (2001) ressalta que em relevo declivosos, a umidade no solo interfere sobre a produtividade dos equipamentos que operam nessa condição. Stampfer e Loschek (1999), estudando a influência do volume da árvore e da inclinação do terreno sobre a produtividade de um harvester de esteiras, concluíram que a produtividade diminui com o aumento da inclinação do terreno. Outros estudos (GINGRAS, 1998; SALMERON; RIBEIRO, 1997) corroboram que a declividade do terreno é uma variável que tem influência sobre a capacidade produtiva dos equipamentos de colheita florestal.

## **2.5. Métodos Semimecanizado e Mecanizado de Colheita Florestal**

Desde os anos 60, com a introdução da motosserra na colheita florestal, o corte semimecanizado é amplamente utilizado no Brasil. A motosserra é a principal máquina utilizada nesse método, sendo a mesma capaz de realizar as operações de corte, desgalhamento e traçamento (SANT'ANNA, 2008).

Segundo Minetti (1996) as motosserras tiveram importante participação no processo de mecanização, pois substituíram o machado nas operações de corte. Além disso, seu corte permite um baixo investimento inicial, produtividade individual elevada e pode alcançar lugares de difícil acesso às máquinas especializadas (SANT'ANNA, 2008).

Andreon (2011) relata que a colheita semimecanizada tem grande importância em regiões de relevo declivoso, já que a alta declividade de algumas áreas impossibilita o tráfego de máquinas. Ainda, este método de exploração pode ser utilizado em florestas nativas e plantadas o que constitui uma grande vantagem. Desse modo, o surgimento da motosserra foi essencial para o desenvolvimento da colheita florestal, pois além de diminuir o corte manual, considerado desgastante e rudimentar, esta apresenta baixo custo e fácil manuseio nas diversas condições topográficas, fazendo com que seja amplamente utilizada.

Entretanto, o método semimecanizado apresenta como desvantagens a baixa produtividade quando comparado com o método mecanizado, alto risco de acidentes, exige grande esforço físico do operador e apresenta problemas com ergonomia (SCHETTINO et al., 2015). Neste contexto, afirmam os autores, com a abertura do mercado às importações de máquinas e com a necessidade de aumentar a produção e reduzir os custos operacionais, intensificou-se a mecanização do setor florestal. A utilização de máquinas de colheita reduziu a dependência de mão de obra e propiciou uma melhor qualidade das operações e do produto

final.

Conforme Sant'anna (2008), dentre as vantagens do método mecanizado, está à alta produtividade, redução dos custos de produção, maior segurança e conforto ao operador e possibilidade de se trabalhar durante três turnos diários. Assim, reduzindo gargalos na produção e sendo mais ergonômico, o método mecanizado apresenta condições de trabalho mais satisfatórias. Porém, é mais utilizado em empresas de grande porte devido seu alto custo de implantação e de manutenção das máquinas.

## **2.6. Sistemas de Apoio a Decisão**

No atual mundo globalizado, ficar sem informações é praticamente inadmissível e altamente arriscado, principalmente dentro de um contexto empresarial. A fundamental preocupação da análise dos recursos da empresa deve ser determinar as vantagens competitivas que a empresa tem sobre seus concorrentes (ANGELONI, 2003). Desta forma, o auxílio aos gestores na tomada de decisões com evidências objetivas, obtendo informações nos momentos importantes, distribuindo informações adequadamente aos envolvidos e fomentando o armazenamento de informações úteis para a empresa, utilizando-se de recursos tecnológicos, processos inteligentes e resultados eficazes é o objetivo de qualquer sistema de apoio a decisão (URNAU et al., 2014).

Ainda, afirma os autores, a tomada de decisão é de grande importância para o sucesso da estratégia, já que as informações precisam ser manipuladas para gerar conhecimento e, assim, auxiliar na escolha de alternativas mais adequadas para a situação em questão. Os gestores precisam identificar, analisar e solucionar possíveis problemas, implementando ações eficazes e em tempo hábil.

Os sistemas de apoio a decisão são sistemas que são desenvolvidos através de um processo adaptativo e evolutivo de aprendizagem. Os sistemas de apoio à decisão são sistemas de informação interativos que permitem ao responsável pela decisão o acesso a problemas mal estruturados, oferecendo modelos analíticos e acesso a bases de dados. Ainda, os sistemas de apoio à decisão têm quatro características principais: incorporam simultaneamente dados e modelos; foram concebidos para assistir aos tomadores de decisão no seu processo de decisão sobre tarefas semiestruturadas (ou não estruturadas); suportam (e não substituem) julgamentos ao nível da gerência; o seu objetivo é melhorar a efetividade das decisões, e não a eficiência com que cada decisão deverá ser feita (VINICIUS; AZEVEDO, 2018).

Em virtude da existência de uma grande variedade de sistemas de apoio à decisão,

a estrutura destes sistemas varia consideravelmente. Entretanto uma estrutura típica constituída de três componentes principais é identificada por vários autores, conforme apresentado por Lupatini (2002). Os componentes básicos são descritos em termos de base de dados, interface com o usuário e base de modelos, sendo que a Figura 1 apresenta uma estrutura genérica para os sistemas de apoio à decisão.

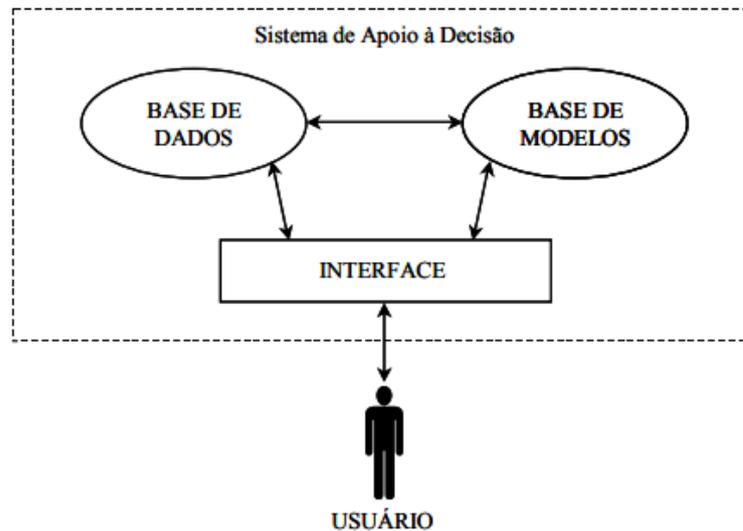


Figura 1. Estrutura genérica de um sistema de apoio a decisão.

Fonte: Lupatini (2002).

Os componentes do sistema de apoio a decisão podem ser assim definidos:

- Interface com usuário: a interface é a única parte do sistema de apoio à decisão com a qual o usuário irá ter contato, exercendo uma importante função na utilização do sistema (WESTMACOTT, 2001). A interface além de interpretar uma grande variedade de solicitações do tomador de decisões, é capaz também de justificar resultados da base de dados e modelos (DAVIS; MCDONALD, 1993). A interação entre o usuário e o sistema, constitui um aspecto de grande importância tendo em vista a própria definição dos sistemas de apoio à decisão.
- Base de dados: a base de dados é utilizada nas operações de gerenciamento de dados (armazenamento, atualização, recuperação e processamento), nela estão contidos todos os dados e informações que irão alimentar o modelo (LUPATINI, 2002).
- Base de modelos: atualmente existe uma grande diversidade de modelos (estruturais, matriciais, numéricos, matemáticos, espaciais, etc.) e técnicas de modelagem, a definição destes depende sobretudo das necessidades do usuário, dos objetivos do sistema e ainda dos recursos financeiros e tempo disponível (LUPATINI, 2002).

### **3. METODOLOGIA**

As etapas envolvidas no desenvolvimento do sistema (aquisição de conhecimentos, estruturação dos conhecimentos, codificação e avaliação) são descritas a seguir:

#### **3.1. Aquisição de Conhecimentos**

Esta etapa constituiu a maior parte do trabalho de realização do sistema para suporte a tomada de decisões na colheita florestal, com o objetivo de fornecer subsídios para representação dos conhecimentos através de modelos de resolução de problemas qualitativos. A aquisição do conhecimento se dá mediante a compreensão e organização do conhecimento proveniente de fontes diversas, como por exemplo livros, diagramas, manuais, computadores e especialistas humanos, profissionais que possuem conhecimento profundo e específico sobre determinado assunto (SILVA; COSTA, 2007).

Parte da aquisição de conhecimentos foi baseada na análise de documentos levantados através de pesquisa bibliográfica e na reconstrução pessoal (experiência prática dos autores). Para este estudo, a aquisição dos conhecimentos foi conduzida levando em consideração os seguintes temas: sistemas e máquinas de colheita florestal; características da floresta e do povoamento; custos operacionais, bem como os custos de produção; área total dos povoamentos; e topografia (restrições topográficas).

Foram consideradas as atividades de corte, desganhamento, traçamento, extração e carregamento de madeira. Em todos os casos, foram considerados os sistemas semimecanizado e mecanizado de colheita, com aplicação conforme as restrições técnicas e operacionais.

Os valores unitários dos insumos e serviços que compõem os custos de produção foram obtidos através de pesquisa no comércio local e, ou, por intermédio de cotações junto a fornecedores. Os custos operacionais das atividades de colheita de madeira foram calculados através da metodologia proposta por FAO (1974) e utilizada por Silva et al. (2010), Zinkevičius et al. (2012) e Silva et al. (2014) em seus estudos, tendo sido, para tanto, elaboradas planilhas eletrônicas para cada atividade.

Os dados de produtividade das atividades, máquinas e operações foram obtidos através de pesquisa junto a empresas florestais e produtores independentes, bem como na literatura especializada.

### **3.2. Estruturação dos Conhecimentos**

Para esta etapa, foi adotada a metodologia proposta por Lupatini (2002) a qual consiste na modelagem por refinamentos sucessivos em duas etapas: construir um modelo conceitual; e, instanciar o modelo.

A construção do modelo consistiu na identificação de três categorias de conhecimentos: a descrição do conhecimento estático do tema (parâmetros fornecidos); o papel destes parâmetros na resolução do problema (raciocínio); as etapas do raciocínio e a maneira de atingir os objetivos.

Instanciar o modelo conceitual, por sua vez, consistiu em preenchê-lo, ou incluir nele os conhecimentos necessários para atingir os objetivos da etapa de raciocínio. Assim, a modelagem de um conhecimento foi realizada progressivamente, pela decomposição dos objetivos a atingir.

Dentro dessa proposta, para cada operação, foi permitido simular a utilização de diferentes sistemas de colheita (semimecanizado ou mecanizado), bem como máquinas, tais como harvesters, forwarders, feller-bunchers, skidders e garras traçadoras. A operação permitiu simulações para operação um, dois ou três turnos diários de 8 horas cada.

As variáveis técnicas tais como a produtividade das florestas, topografia do terreno, custos de salários e insumos (ex. combustíveis e lubrificantes), encargos, rotação florestal, tamanho da área e as premissas operacionais foram informadas através de uma interface com o usuário, caso a caso, de forma a permitir a melhor acuracidade dos resultados e sua aplicabilidade a realidade do negócio florestal em análise. Buscou-se desenvolver uma interface que reunisse, ao mesmo tempo, as características de usabilidade, comunicabilidade e aplicabilidade, desejáveis no processo de integração homem e sistema.

### **3.3. Codificação**

O sistema foi desenvolvido com base em duas ferramentas principais: o *Visual Basic for Applications* (VBA), para o desenvolvimento do software propriamente dito, em virtude de sua funcionalidade e tradição no mercado, sendo de ampla utilização no campo das engenharias (GREEN et al., 2007). O desenvolvimento em VBA permite ampla integração com banco de dados e com o sistema operacional Windows. Um forte destaque deste software é a possibilidade de construção de uma estrutura aberta para reutilizações futuras em novos

ambientes (WEB ou Android, por exemplo) e para o possível crescimento do sistema, além de permitir a utilização de controles ActiveX tornando a interface com o usuário bastante simplificada e atrativa.

As simulações foram realizadas em ambiente *Microsoft Excel*, visto que a integração deste *software* com o VBA é a ferramenta mais utilizada para a organização e gerenciamento de planilhas eletrônicas.

### **3.4. Avaliação**

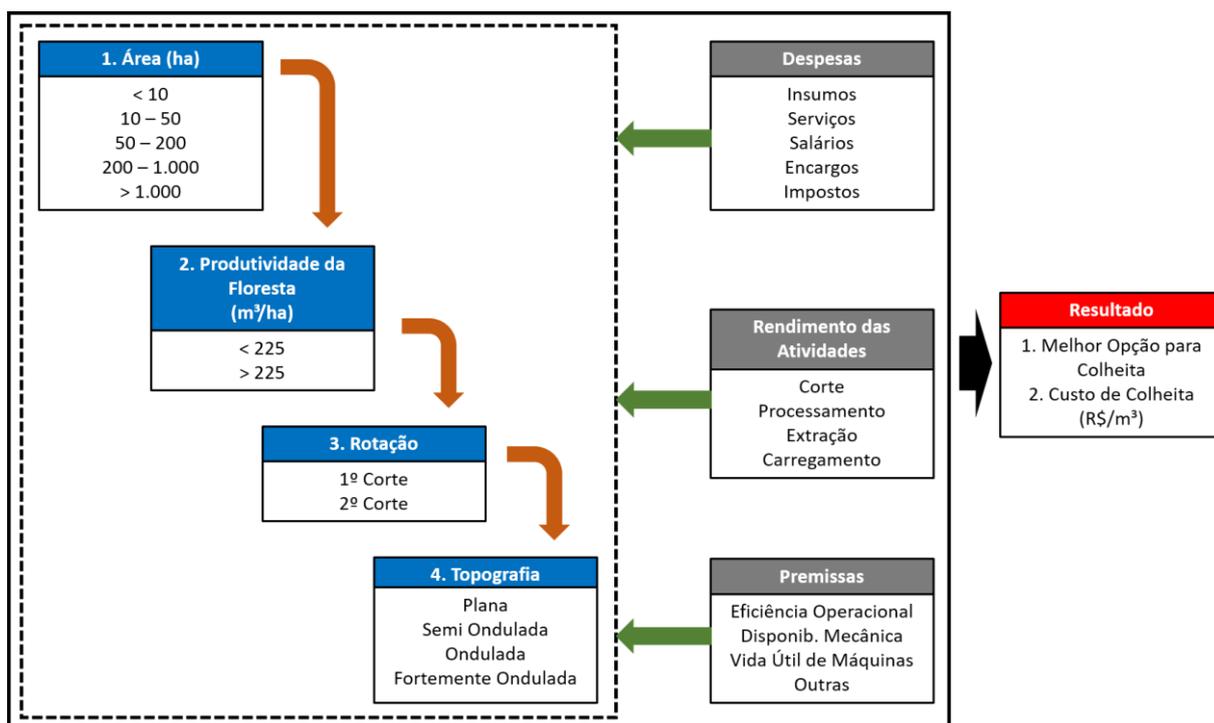
A verificação da consistência do sistema se deu em uma avaliação técnica realizada em duas etapas: a primeira realizada ainda na fase de estruturação do sistema (modelagem), consistiu em analisar a sensibilidade e verificar a coerência dos resultados apresentados pelo modelo. A segunda etapa, realizada durante e após a codificação do modelo, consistiu em verificar tecnicamente a correspondência entre o resultado gerado pelo sistema e os objetivos propostos para a modelagem.

Para esta avaliação, foram consideradas todas as alternativas técnicas e econômicas para o trabalho de colheita em sistemas de toras curtas ou árvores inteiras, com operações mecanizadas de abate, processamento, extração e carregamento, bem como no sistema semimecanizado. Ainda, foram consideradas restrições de tamanho de área, produtividade dos povoamentos, rotação e topografia dos locais. Ao final, para cada situação, o sistema apresentou a melhor solução sob as óticas técnica e econômica.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estabelecimento do Modelo Conceitual

Partindo das premissas metodológicas e das necessidades dos usuários “não especialistas”, a solução para o atendimento dos objetivos propostos neste estudo foi estabelecida a partir do modelo conceitual apresentado na Figura 2.



sistemas semimecanizados, tem-se que a produtividade da motosserra é fortemente influenciada pela produtividade das florestas, visto que a quantidade de árvores por área e sua distribuição podem modificar as condições ambientais dos povoamentos florestais e a partição dos fatores de produção, afetando a produtividade, as características da madeira e os custos de produção (PASSOS et al., 2006; LEITE et al., 2014a). Por outro lado, na avaliação dos sistemas mecanizados, observa-se que, em geral, há um aumento linear e diretamente proporcional na produtividade das máquinas conforme se aumenta a produtividade das florestas, afirmativa corroborada em diversos estudos (MOREIRA et al., 2004; LOPES et al., 2007; FIEDLER et al., 2008; SIMÕES et al., 2014; SCHETTINO et al.; 2015, dentre outros).

Como um terceiro nível de restrição, tem-se a rotação da floresta: primeiro ou segundo ciclo (ou corte ou rotação). Em florestas de segunda rotação tem-se, naturalmente, um decréscimo em sua produtividade (tanto em volume total quanto em volume individual das árvores), além da grande presença de árvores bifurcadas e de “sapatas” nas bases das árvores, fatores que possuem influência direta na produtividade dos sistemas de colheita (MALINOVSKI et al., 2006; SIMÕES, 2010; ALVES, 2015).

Como último fator decisório, a topografia do terreno exerce papel fundamental na definição do sistema de colheita a ser utilizado. Simões e Fenner (2010), ao avaliarem a influência do relevo na produtividade e nos custos da colheita mecanizada, concluíram que em todas as classes de declividades avaliadas, a produtividade decresceu com o aumento do percentual de inclinação do relevo, o que ocasionou um acréscimo de tempo do ciclo operacional e, conseqüentemente, nos custos operacionais. Além disso, o relevo mais acentuado contribui para a redução da produtividade das máquinas de colheita e conseqüente elevação dos custos e, em alguns casos pode, até mesmo, vir a inviabilizar a mecanização da colheita florestal.

## **4.2. Codificação do Sistema**

O sistema foi composto por uma série de planilhas no ambiente *Excel*, tendo como base a linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA), tendo sido geradas as seguintes planilhas para interface com os usuários: entrada de dados de custos de insumos e fatores de produção (Anexo 1); premissas a serem adotadas na tomada de decisões (Anexo 2); resumo de produtividades e preços unitários por atividade (Anexo 3); e planilha de encargos sobre os salários (Anexo 4). Ainda, para cada atividade, considerando os dados e premissas, foi gerada uma planilha para o cálculo do custo horário e unitário de produção (Anexo 5).

Da forma como o sistema foi codificado, as interfaces com o usuário apresentam-se extremamente simples e eficientes (Figura 3). De acordo com Prates e Barbosa (2018), interface é o nome dado a toda a porção de um sistema com a qual um usuário mantém contato ao utilizá-lo, tanto ativa quanto passivamente, devendo garantir a capacidade e a facilidade de os usuários atingirem suas metas com eficiência e satisfação.

**SISTEMA PARA DECISÃO SOBRE ALTERNATIVAS DE COLHEITA**

**INFORMAÇÕES BÁSICAS**

Premissas

Dados

Resumo

**PARÂMETROS**

Área (ha)

Produtividade (m<sup>3</sup>/ha)

Rotação

Topografia

Volume mensal de Produção (m<sup>3</sup>)

**Processar**

**RESULTADOS PARA A MELHOR OPÇÃO**

Custo de Colheita (R\$/m <sup>3</sup> )	26,09	Valor Unitário (R\$/m <sup>3</sup> )
Atividades:	Sistema de Colheita Proposto	
Corte:	Derrubada e Processamento com Harvester - 2º Corte	16,02
Desganhamento:		
Extração:	Extração de Torettes com Forwarder	6,45
Processamento:		
Carregamento:	Carregamento com Grua Florestal (Esteiras)	3,62

OBSERVAÇÕES:

Produção Estimada = 900.000 m<sup>3</sup>

Tempo estimado para a colheita (meses) = 90,0

**OBSERVAÇÃO**

Preencher somente as células em verde e as suspensas.

Figura 3 – Tela de interface do usuário com o sistema.

Dadas as necessidades de usabilidade, comunicabilidade e aplicabilidade necessárias ao processo de integração homem e sistema, a interface proposta atende a todos esses requisitos básicos, uma vez que, de acordo com Prates e Barbosa (2018), pode ser analisado sob uma perspectiva de uso simples, considerando um nível intermediário ou avançado (usabilidade); permite que o usuário formule um modelo mental compatível com o do projetista (comunicabilidade); e permite seu uso em uma variedade de situações e problemas (aplicabilidade).

### 4.3. Avaliação do Sistema

Após a análise de sensibilidade e verificação da coerência dos resultados apresentados pelo modelo, verificou-se que o sistema apresentou resultados compatíveis e coerentes com a realidade esperada, tendo, dentre outros, como aspectos principais os seguintes:

- Não recomendou mecanização do corte para áreas inferiores a 50 ha.
- Ao contrário, em áreas superiores a 50 ha, conforme a topografia e sempre que viável, foi recomendada a mecanização de, pelo menos, alguma etapa da colheita.

- Sempre que possível, o sistema apontou para a mecanização de alguma etapa da colheita, de forma a reduzir custos e a dependência de mão de obra.
- Nas florestas com produtividades inferiores, esse fator foi levado em consideração quando da proposição da metodologia de colheita, bem como na composição dos custos.
- Em áreas de 2ª rotação sempre o sistema de colheita recomendado foi o de árvores inteiras, partindo da premissa de que o corte com harvester sob tal condição é extremamente prejudicado.
- Também ficou bastante claro que o sistema aplicou o devido peso ao fator topografia, recomendando o sistema ou as máquinas mais adequadas para cada situação.
- Todas as premissas informadas pelo usuário foram bem incorporadas ao sistema, gerando resultados coerentes com as expectativas.

Como uma segunda etapa de avaliação, verificou-se que o sistema atingiu os objetivos propostos durante a modelagem e se apresenta como uma ferramenta eficaz para apoio a decisão quanto ao sistema de colheita a ser utilizado, considerando diferentes cenários técnicos, operacionais e econômicos, uma vez que:

- Permite determinar a partir de que ponto é viável mecanizar a colheita em uma determinada área;
- Dadas as condições técnicas e operacionais, especifica qual sistema de colheita deve ser utilizado para maximizar a produção e reduzir os custos operacionais; e
- Permite determinar o custo de produção da madeira (custo operacional da colheita, em R\$/m<sup>3</sup>).

Desta forma, é possível afirmar que o sistema proposto foi positivamente avaliado e, portanto, é capaz de apresentar resultados que auxiliam a tomada de decisões pelos gestores florestais. Tal fato remonta-se de grande importância, visto que no processo de trabalho, a tomada de decisão é considerada a função que caracteriza o desempenho do gestor. Independentemente do aspecto da decisão, esta atitude deve ser fruto de um processo sistematizado, que envolve o estudo do problema a partir de um levantamento de dados, produção de informação, estabelecimento de propostas de soluções, escolha da decisão, viabilização e implementação da decisão e análise dos resultados obtidos (GUIMARÃES; ÉVORA, 2004).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1. Conclusões**

O desenvolvimento deste estudo permitiu concluir que:

- O sistema, após informados os dados e as premissas, fornece a melhor resposta quanto ao sistema de colheita a ser utilizado, especificando a alternativa mais viável para cada atividade e determinando o custo operacional de produção de madeira.
- O sistema proposto, através de uma interface simples e eficiente, fornece uma base segura de informação para fomentar a tomada de decisões relativas a colheita florestal.

### **5.2. Trabalhos Futuros**

A partir dos resultados deste estudo, destacam-se as seguintes sugestões para futuros trabalhos:

- Transformar o sistema em um aplicativo para dispositivos móveis, visando proporcionar um maior alcance da ferramenta de apoio a tomada de decisões;
- Incorporar ao sistema as atividades silviculturais e de transporte de madeira, de forma a permitir uma completa avaliação econômica de um projeto florestal.

## 6. REFERÊNCIAS

AKAY, A.E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. **Journal of Applied Sciences**, v. 4, n. 1, p.100-105, 2004.

ALVES, E.G. **Análise comparativa da colheita florestal em regime de alto fuste e talhadia**. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2015

ANDREON, B.C. **Análise de custos do corte florestal semimecanizado em regiões declivosas no sul do Espírito Santo**. 2011. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo.

ANGELONI, M. T. **Organizações do conhecimento: infraestruturas, pessoas e tecnologias**. São Paulo: Saraiva, 2003.

BIRRO, M.H.B.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P.; MINETTI, L.J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Track-Skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.

BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita de madeira**. 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

DAVIS, J. R.; MCDONALD, G. Applying Rule-Based Decisions Support System to Local Planning. In: WRIGHT J. R. et al. **Expert Systems in Environmental Planning**. Germany: Springer-Verlag, p. 23 – 46, 1993.

FAO. **Logging and log transport in manmade forests in developing countries**. Roma: 1974. 90 p. (Forest Paper - FAO, 18).

FERNANDES, H.C.; LOPES, S.E.; TEIXEIRA, M.M.; MINETTE, L.J.; RINALDI, P.C.N.; BERNARDES, A.M. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 83, p. 225-232, 2009.

FIEDLER, N.C.; ROCHA, E.B.; LOPES, E.S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 577-586, 2008.

FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de “forwarder” e “skidder”. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 71-81, 2007.

GINGRAS, J.F. The effect of site and stand factors on feller-buncher performance. **FERIC Technical Report**, Pointe Claire, n.84, p.1-18, 1998.

GREEN, J.; BULLEN, S.; BOVEY, R.; ALEXANDER, M. **Excel® 2007 VBA Programmer’s Reference**. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2007. 1143 p.

GUIMARÃES, E.M.P.; ÉVORA, Y.D.M. Sistema de informação: instrumento para tomada de decisão no exercício da gerência. **Ciência da Informação**, v. 33, n. 1, p. 72-80, 2004.

- LEITE, E.S.; FERNANDES, H.C.; GUEDES, I.L.; AMARAL, E.J. Análise técnica e de custos do corte florestal semimecanizado em povoamentos de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 637-643, 2014a.
- LEITE, E.S.; MINETTE, L.J.; FERNANDES, H.C.; SOUZA, A.P.; AMARAL, E.J.; LACERDA, E.G. Desempenho do harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, v.38, n.1, p. 95-102, 2014b.
- LEONELLO, E.C.; GONÇALVES, S.P.; FENNER, P.T. Efeito do tempo de experiência de operadores de Harvester no rendimento operacional. **Revista Árvore**, 36, n. 6, p. 1129-1133. 2012.
- LIMA, J.S.S.; LEITE, A.M.P. Mecanização. In: MACHADO, C.C. (Ed.). 3 ed. **Colheita Florestal**. Viçosa: Editora UFV, p. 46-73, 2014.
- LOPES, E.S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A.N.; FIEDLER, N.C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote Harvester em diferentes condições operacionais. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 305-313, 2007.
- LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterros sanitários**. 2002. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- MAC DONAGH, P.M. **Avaliação técnico-econômica da extração de *Pinus* spp. utilizando tratores com garra no sul do Brasil**. 1994. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.
- MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Cerne**, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.
- MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. Planejamento. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468p.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C.C. (Ed). **Colheita florestal**. 2ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p 15-42.
- MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, R.A.; CASTRO, G.P. Sistemas. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, p. 178-205, 2014.
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de *Pinus* na região sul do Brasil**. Curitiba, PR: FUPEF, 1998.18 p.
- MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, J.R.; YAMAJI, F.M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 169-182, 2006.
- MINETTE, L.J.; MOREIRA, F.M.T.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C.; SILVA, K.R. Análise técnica e econômica do Forwarder em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2004.
- MINETTI, L. J. **Análise de fatores operacionais ergonômicos da operação de corte florestal com motosserra**. Tese (Doutorado em Ciência Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1996. 211 f.

MOREIRA, F.M.T.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C.; MINETTI, L.J.; SILVA, K.R. Avaliação operacional e econômica do “feller-buncher” em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 199-205, 2004.

PASSOS, C. A. M.; BUFULIN JUNIOR, L.; GONÇALVES, M. R. Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em Cáceres, MT, Brasil: resultados preliminares. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 225-232, 2006.

PRATES, R.O.; BARBOSA, S.D.J. **Avaliação de interfaces de usuário - conceitos e métodos**. 2018. Disponível em: < [https://homepages.dcc.ufmg.br/~rprates/ge\\_vis/cap6\\_vfinal.pdf](https://homepages.dcc.ufmg.br/~rprates/ge_vis/cap6_vfinal.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2018.

ROCHA, E.B.; FIEDLER, N.C.; ALVES, R.T.; LOPES, E.S.; GUIMARÃES, P.P.; PERONI, L. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.

SALMERON, A.; RIBEIRO, R.S. Colheita mecanizada de eucaliptos em regiões acidentadas. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR / FUPEF, 1997. p.165-181.

SANT’ANNA, C. M. Corte. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2 ed. Viçosa-MG: UFV, p. 66-96, 2008.

SANTOS, D.W.F.N. **Análise técnico-econômico de sistemas de colheita: toras curtas e toras longas sob métodos mecanizado e semimecanizado**. 2014. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

SANTOS, P.H.A.; SOUZA, A.P.; MARZANO, F.L.C.; MINETTE, L.J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com clambunck skidder. **Revista Árvore**, v. 37, n.3, p. 511-518, 2013.

SCHETTINO, S.S.; CAMPOS, J.C.C.; MINETTE, A.P.; SOUZA, A.P. Work precariousness: ergonomic risks to operators of machines adapted for forest harvesting. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1; e410109, 2017.

SCHETTINO, S.; MINETTE, L.J.; SOUZA, A. P. Correlação entre volumetria de florestas de eucalipto e produtividade e custos de máquinas de colheita de madeira. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 935-942, 2015.

SILVA, C. B.; SANT’ANNA, C. M.; MINETTI, L. J. Avaliação ergonômica do “feller-buncher” utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, v. 9, n. 1, p 109-118, 2003.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; et al. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus* sp. com harvester. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 745-753, 2010.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; FIEDLER, N. C.; FERNANDES, H. C.; PAULA, M. O.; CARMO, F. C.; et al. Avaliação de custos de dois modelos de harvester no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 741-748, 2014.

SILVA, S.C.M.; COSTA, W.S. Aquisição de Conhecimento: O grande desafio na concepção de sistemas especialistas. **HOLOS**, [S.l.], v. 2, p. 37-46, 2007.

SIMÕES, D. Rendimentos operacionais e custos de colheita de eucalipto em primeiro e segundo corte. **Revista Forestal Latinoamericana**, v. 25, n. 2, p. 8-21, 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 107-114, 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P.T.; ESPERANDINI, M.S.T. Produtividade e custos do fellerbuncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 621-630. 2014.

STAMPFER, K.; LOSCHEK, J. Harvester operations increase productivity of cable extraction systems. **Österreichische Forstzeitung (Arbeit im Wald)**, Wien, v.110, n.2, p.4-6, 1999.

URNAU, E.; KIPPER, L.M.; FROZZA, R. Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão com a técnica de raciocínio baseado em casos. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 4, p. 118-135. 2014.

VINICIUS, D.; AZEVEDO, R. **Sistema de Apoio à Decisão (SAD)**. 2018. Disponível em: <<http://addowirole.blogspot.com/p/sistema-de-apoio-decisao-sad.html>>. Acesso em: 05 nov 2018.

ZINKEVIČIUS, R.; STEPONAVIČIUS, D.; VITUNSKAS, D.; ČINGA, G. Comparison of harvester and motor-manual logging in intermediate cuttings of deciduous stands. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 36, n. 5, p. 591-600. 2012.

WADOUSKI, L. H. O planejamento operacional na exploração de florestas. In: SIMPÓSIO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTOS, 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1987. p.28 - 39.

WESTMACOTT, S. Developing decision support systems for integrated coastal management in the tropics: Is the ICM decision-making environment too complex for the development of a useable and useful DSS? **Journal of Environmental Management**, n. 62, p. 55-74, 2001.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Planilha para entrada de dados referentes a custos de insumos e fatores de produção

**PLANILHA DE DADOS - VALORES UNITÁRIOS**  
(Preencher somente as células em amarelo)

SALÁRIOS + ENCARGOS	
Horas in itinere (horas/mês)	21,00
Faltas (dias)	4,00
Licença médica (dias)	1,67
<b>Encargos (%)</b>	<b>80,39</b>
Salário Encarregado (R\$)	1.850,00
Salário Trab. Florestal (R\$)	1.000,00
Salário Operador MS (R\$)	1.350,00
Salário Operador TMO (R\$)	1.850,00
Salário Operador de Máquina (R\$)	2.610,00
Salário Mecânico Motosserra (R\$)	1.850,00

TRANSPORTE DE PESSOAL	
Km rodado (R\$/km)	3,60
Hora à Disposição (R\$/hora)	1,80
Horas Pagas por Dia (horas)	2,00
Dist. Média - Ida e Volta (km)	40
Dist. Média - Ida e Volta (km) (Mots/Mat)	40

MATERIAL DE CONSUMO (R\$/unid.)	
Ferramentas (enxada, foice, ...)	50,00
Lima Chata	10,00
Abrigo p/ Alimentação (R\$)+mesa	1.000,00
Abrigo p/ Alimentação (Capacid.)	20
Suporte p/ gabarito	25,00
Gabarito/fibra p/ bitola	40,00
Galão conjugado	160,00
Limatão para corrente MS	2,50
Sanitário Rústico + Maca (R\$)	750,00
Sanitário Rústico + Maca (Capacidade)	40
Vida útil da MS (horas)	2.400

EPI's (Operador de MS)	
Abafador de ruído	120,00
Botina para Motosserrista	280,00
Calça para Motosserrista	160,00
Camisa	30,00
Capa de chuva	16,00
Capacete simples	57,00
Garrafa térmica - 5 litros	35,00
Luva para Motosserrista (Tecmater)	30,00
Perneira	35,00
Óculos RJ	5,00
Agasalho com touca	50,00

EXAMES/MEDICAMENTOS (R\$/unid.)	
Exames Pré, Periódicos e Demissionais	60,00
Exames Laboratoriais	60,00
Medicamentos	50,00
Plano de Saúde	200,00

COMBUSTÍVEIS (R\$/l)	
Gasolina	4,40
Óleo Diesel	3,60
Óleo 2T	30,00
Mistura para Motosserra	8,10
Óleo de corrente	18,00

EPI's (Outras Atividades)	
Abafador de ruído	120,00
Botina com Biqueira de Aço	45,00
Calça de Brim	40,00
Camisa	30,00
Capa de chuva	16,00
Capacete simples + oculos RJ	62,00
Garrafa térmica - 5 litros	35,00
Luva de raspa	10,00
Perneira	35,00

ALIMENTAÇÃO (R\$)	
Lanche	3,00
Cesta básica	90,00
Alimentação (Refeição)	12,00

PNEUS (R\$/unid.)	
Trator Agrícola (Pneu 23.1-30 Forerunner R1 16 Lonas - 04 unidades)	12.000,00
Forwarder (Pneu 600/50-22.5 16PR - 01 unidade)	4.000,00
Esteira para Máquina Base Escavadeira (Unidade)	30.000,00

VOLTAR

Anexo 2. Planilha para informação das premissas a serem adotadas na tomada de decisões.

<b>Planilha para Cálculo de Custos de Atividades de Colheita</b> <b>PREMISSAS</b> <b>(Obs.: Preencher somente as células em amarelo)</b>		
<b>Taxas/Impostos Diversos</b>	Taxa de Administração (%):	10,00
	Lucro (%):	8,00
	Contribuição Social (% sobre lucro):	9,00
	Imposto de Renda (% sobre lucro):	25,00
	COFINS (% sobre faturamento):	7,60
	PIS (% sobre faturamento):	1,65
	ISS (% sobre faturamento):	2,50
	CPMF (% sobre faturamento):	0,00
<b>Número de Trabalhadores Florestais por Encarregado</b>	Baldeio Manual	40
	Tombo Manual	40
	Ajudantes de Motosserra	40
	Operador de Motosserra	20
	Roçada Pré-Corte Pesada	40
	Roçada Pré-Corte Média	40
	Roçada Pré-Corte Leve	40
	Trabalhadores Florestais	40
	Desgalha com Machadinha	40
	Ajudantes de TMO	40
	Operadores de TMO	20
	<b>Valores de Aquisição (R\$)</b>	Motosserra Sthil 360
Trator Valtra BH 140 (4x4)		150.000,00
Feller-Buncher John Deere de Esteiras		900.000,00
Mini-Skidder (só o implemento)		40.000,00
Skidder 4x4 Cabos		400.000,00
Skidder 4x4 Pinça		480.000,00
Harvester Komatsu 6x6		900.000,00
Forwarder Komatsu 6 x 6		600.000,00
Auto-Carregável TMO (só o implemento)		120.000,00
Garra Traçadora em Máquina de Esteiras		550.000,00
Cabçote Harvester Processador (Máq. Esteiras)		650.000,00
Grua TMO para Trator Agrícola (só o implemento)		80.000,00
Grua Florestal em Máquina de Esteiras		550.000,00
Guincho TMO		30.000,00
<b>Disponibilidade Mecânica (%)</b>	Motosserra Sthil 360	95
	Trator MF-297 (4X2) + TMO	90
	Máquinas da Colheita (Harvester, Forwarder, ...)	85
<b>Eficiência Operacional (%)</b>	Motosserra Sthil 360	65
	Trator MF-297 (4X2) + TMO	75
	Máquinas da Colheita (Harvester, Forwarder, ...)	80

Anexo 3. Planilha resumo de produtividades e preços unitários por atividade.

<b>DEMONSTRATIVO DE PREÇOS UNITÁRIOS POR ATIVIDADE (TARIFAS)</b> (Preencher somente as células na cor verde)			
<b>ATIVIDADES MANUAIS E SEMI-MECANIZADAS</b>	<b>Unidade</b>	<b>Produtividades</b>	<b>Valor Unit. (R\$)</b>
		<b>m<sup>3</sup>/dia</b>	
Corte/Traçamento/Empilhamento até 225 m <sup>3</sup> /ha	R\$/m <sup>3</sup>	41,00	20,49
Corte/Traçamento/Empilhamento acima de 225 m <sup>3</sup> /ha	R\$/m <sup>3</sup>	44,00	19,09
Corte/Traçamento/Empilhamento até 225 m <sup>3</sup> /ha (2º corte)	R\$/m <sup>3</sup>	34,00	24,71
Corte/Traçamento/Empilhamento acima de 225 m <sup>3</sup> /ha (2º)	R\$/m <sup>3</sup>	37,00	22,70
Corte Árvore até 225 m <sup>3</sup> /ha (com desgalhamento)	R\$/m <sup>3</sup>	70,00	5,89
Corte Árvore acima de 225 m <sup>3</sup> /ha (com desgalhamento)	R\$/m <sup>3</sup>	90,00	4,58
Desgalhamento com Machadinha	R\$/m <sup>3</sup>	60,00	3,27
Baldeio Manual	R\$/m <sup>3</sup>	18,00	11,87
Baldeio de Toretas com TMO 225 m <sup>3</sup> /ha	R\$/m <sup>3</sup>	65,00	23,31
Baldeio de Toretas com TMO acima de 225 m <sup>3</sup> /ha	R\$/m <sup>3</sup>	75,00	20,20
Traçamento Estaleiro	R\$/m <sup>3</sup>	160,00	2,58
Carregamento Manual	R\$/m <sup>3</sup>	30,00	7,08

<b>ATIVIDADES MECANIZADAS</b>	<b>Unidade</b>	<b>Produtividades</b>	<b>Valor Unit. (R\$)</b>
		<b>m<sup>3</sup>/hora</b>	
Derrubada com Feller-Buncher - 1º Corte	R\$/m <sup>3</sup>	100,00	3,45
Extração com Mini-Skidder	R\$/m <sup>3</sup>	20,00	13,27
Extração com Skidder de Cabos	R\$/m <sup>3</sup>	30,00	9,63
Extração com Skidder de Pinça	R\$/m <sup>3</sup>	75,00	3,12
Derrubada e Processamento com Harvester	R\$/m <sup>3</sup>	27,50	11,65
Baldeio de Toretas com Forwarder	R\$/m <sup>3</sup>	40,00	6,45
Baldeio de Toretas com Auto-Carregável	R\$/m <sup>3</sup>	22,50	10,06
Processamento com Garra Traçadora	R\$/m <sup>3</sup>	50,00	4,93
Processamento com Cabeçote Harvester	R\$/m <sup>3</sup>	30,00	8,66
Carregamento com Grua em Trator Agrícola	R\$/m <sup>3</sup>	40,00	5,45
Carregamento com Grua Florestal (Esteiras)	R\$/m <sup>3</sup>	70,00	3,62
Derrubada com Feller-Buncher - 2º Corte	R\$/m <sup>3</sup>	70,00	4,93
Derrubada e Processamento com Harvester - 2º Corte	R\$/m <sup>3</sup>	20,00	16,02
Processamento com Garra Traçadora - 2º Corte	R\$/m <sup>3</sup>	40,00	6,17
Processamento com Cabeçote Harvester - 2º Corte	R\$/m <sup>3</sup>	20,00	12,99

Anexo 4. Planilha para informação dos encargos sociais sobre o salário.

<b>ENCARGOS SOCIAIS - IMPOSTOS - SALÁRIOS - OUTROS</b>			<b>Voltar</b>
Preencher somente as células em verde			
Percentual na composição da planilha de custo			
<b>GRUPO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>%</b>	
<b>A</b>		FGTS	8,00
	L	INSS	20,00
	E	INCRA	0,20
	G	SALÁRIO EDUCAÇÃO	2,50
	A	SEBRAE	0,60
	I	SEGURO ACIDENTE TRABALHO	3,00
	S	SENA/SENAC	1,00
		SESV/SESC	1,50
		CONTRIBUIÇÃO ADICIONAL - LEI COMP.110/01	0,50
	<b>TOTAL DO GRUPO</b>	<b>37,30</b>	
<b>B</b>	D	13º SALÁRIO	8,33
	V	FÉRIAS	8,33
	I	ABONO DE FÉRIAS CONSTITUCIONAL	2,78
	D	AUXILIO DOENÇA	1,30
		PROCESSO TRABALHISTA/ACORDO	1,20
	O	LICENÇA PATERNIDADE	0,67
	S	<b>TOTAL DO GRUPO</b>	<b>22,61</b>
<b>C</b>	<b>REINCIDÊNCIA DO GRUPO A SOBRE B</b>	<b>8,43</b>	
<b>D</b>		<b>ARTIGO 22 - 10% = LEI COM. 110/01</b>	<b>1,02</b>
	D	ARTIGO 22 - (40% MULTA S/ FGTS)	4,08
	E	AVISO PRÉVIO (Não há mais reincidência do Grupo A)	4,17
	V	Avos 13º S/Aviso Prévio Indenizado	0,35
	I	Avos férias S/Aviso Prévio Indenizado	0,35
	D	Avos 1/3 S/Férias S/Aviso Prévio Indenizado	0,12
	S	<b>TOTAL DO GRUPO</b>	<b>10,09</b>
<b>E</b>	C	AUXÍLIO DOENÇA - (Ausência média de 3 dias ano/pessoa)	0,00
	N	MATERIAL ESCOLAR	
	C	PRESENTE NATAL	
	E	PREVIDÊNCIA PRIVADA	
	D	REEMB. DESP. MED./OC/AP. ORTOP.	
	I	SEGURO DE VIDA EM GRUPO	0,74
	D	SEGURO DE RESPONSABILIDADE CIVIL	1,22
	S	<b>TOTAL DO GRUPO</b>	<b>1,96</b>
<b>TOTAL GERAL (%)</b>		<b>80,39</b>	

Anexo 5. Exemplo de planilha para o cálculo do custo horário e unitário de produção.

CUSTO BALDEIO FORWARDER - R\$/m³

ITENS		BASE	ÍNDICE	VALORES (R\$)	UNITÁRIO	%	OBSERVAÇÕES
C A P I T A L	VALOR DE AQUISIÇÃO DA MÁQUINA	UNID	1	600.000,00			FORWARDER KOMATSU 6x6
	VALOR DE AQUISIÇÃO DO EQUIPAMENTO	UNID	1				
	MATERIAL DE CONSUMO	UNID	1				
	OUTRAS DESPESAS	UNID	1				FRETE, TAXAS, IMPOSTO
	VALOR RESIDUAL	×	20	120.000,00			
	VALOR JUROS/ANO	×	8	48.000,00	7,69	2,98	JUROS ANUAL OU EMPRÉSTIMO
	VALOR DE DEPRECIÇÃO/ANO	ANOS	4,00	119.854,00	19,20	7,45	VIDA ÚTIL (OPERACIONAL)
	<b>CUSTO DE CAPITAL</b>	<b>R\$/Hof</b>		<b>167.854,08</b>	<b>26,89</b>	<b>10,43</b>	
O P E R A C I O N A L	DIAS ÚTEIS POR MÊS	DIA	30,00				DIAS TRABALHADOS POR MÊS
	TURNOS POR DIA	Nº	3,00				
	HORAS POR TURNO	HORAS	8,50				
	PRODUÇÃO POR HORA EFETIVA	m³/Hof	40,00				PRODUTIVIDADE
	HORAS DISPONÍVEIS/MÊS	HORAS	765,00				
	HORAS DISPONÍVEIS/ANO	HORAS	9.180,00				
	DISPONIBILIDADE MECÂNICA	×	85,00				PROJEÇÃO
	EFICIÊNCIA OPERACIONAL	×	80,00				PROJEÇÃO
	TAXA DE UTILIZAÇÃO	×	68,00				
	HORAS EFETIVA/MÊS	HORAS	520,20				
	HORAS EFETIVA/ANO	HORAS	6.242,40				
	HORAS EFETIVA NA VIDA ÚTIL	HORAS	25.000,00				
	VIDA ÚTIL (OPERACIONAL)	ANOS	4,00				VIDA REAL DO EQUIPAMENTO
S A L Á R I O	SALÁRIO OPERADOR/MÊS	Nº	3,00	2.610,00			
	ENCARGOS/DESPESAS EPG (curta oper. x salário x salário)	×	168,00	4.384,80			
	SALÁRIO MECÂNICO/MÊS	Nº	0,25	2.610,00			
	ENCARGOS/DESPESAS EPG (curta oper. x salário x salário)	×	168,00	4.384,80			
	CUSTO OPERADOR/ANO	MÊS	12,00	251.812,80	40,34	15,64	
	CUSTO MECÂNICO/ANO	MÊS	12,00	20.984,40	3,36	1,30	
	<b>TOTAL DE SALÁRIO ANUAL</b>	<b>R\$/Hof</b>		<b>272.797,20</b>	<b>43,78</b>	<b>16,95</b>	
M A N U T E N E N Ç A	PREÇO COMBUSTÍVEL	L	1,00	3,600			PREÇO MERCADO
	GASTO ANUAL DE COMBUSTÍVEL	L/Hof	15,00	337.089,60	54,00	20,94	× DO COMBUSTÍVEL
	GASTO ANUAL DE ÓLEO LUBRIFICANTE	×	54,00	182.028,38	29,16	11,31	× DO GASTO COMBUST. + LUBRIF.
	GASTO ANUAL COMBOIO	×	-	-	-	-	PREÇO MERCADO
	PREÇO PNEU	Nº	6,00	4.000,00			
	GASTO ANUAL DE PNEU	Nº	4,00	16.000,00	2,56	0,99	
	GASTO ANUAL DE PEÇAS/COMPONENTES E SERVIÇOS	R\$/Ana	600.000,00	149.817,60	24,00	9,31	(INVESTIMENTO/VIDA ÚTIL)
	GASTO ANUAL SERVIÇOS DE TERCEIROS	×	15,00	22.472,64	3,60	1,40	× DO ITEM PEÇAS
	GASTO ANUAL SALÁRIOS/ENCARGOS OFICINA	×	15,00	22.472,64	3,60	1,40	× DO ITEM PEÇAS
		<b>TOTAL DE MANUTENÇÃO ANUAL</b>	<b>R\$/Hof</b>		<b>729.888,86</b>	<b>116,92</b>	<b>45,35</b>
R E S U M O	PRODUÇÃO DIÁRIA	m³/DIA	694				
	PRODUÇÃO MENSAL	m³/MÊS	20.808				
	PRODUÇÃO ANUAL	m³/ANO	249.696				
	NÚMERO DE EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS	Nº	-				
	INVESTIMENTO NECESSÁRIO	R\$	-				
	<b>CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO</b>	<b>R\$/Hof</b>		<b>1.170.532,14</b>	<b>187,51</b>	<b>72,72</b>	
	<b>CUSTO UNITÁRIO DE PRODUÇÃO</b>	<b>R\$/m³</b>			<b>4,69</b>		
P R E Ç O F I N A L	TAXA DE ADMINISTRAÇÃO	×	10	117.053,21	18,75	7,27	
	LUCRO	×	8	99.166,83	15,89	6,16	
	<b>FATURAMENTO</b>	<b>R\$/Hof</b>		<b>1.386.752,19</b>	<b>222,15</b>	<b>86,16</b>	
	<b>IMPOSTOS :</b>						
	IMPOSTOS SOBRE O LUCRO:						
	Contribuição Social	×	9,00	8.925,01	1,43	0,55	
	Imposto de Renda	×	25,00	24.791,71	3,97	1,54	
	<b>Total</b>	×	<b>34,00</b>	<b>33.716,72</b>	<b>5,40</b>	<b>2,09</b>	
	IMPOSTOS SOBRE O FATURAMENTO:						
	COFINS	×	7,60	122.329,33	19,60	7,60	
	PIS	×	1,65	26.558,34	4,25	1,65	
	ISS	×	2,50	40.239,91	6,45	2,50	
	CPMF	×	0,00	0,00	-	-	
	<b>Total</b>	×	<b>11,75</b>	<b>189.127,59</b>	<b>30,30</b>	<b>11,75</b>	
	<b>TOTAL ANO</b>	<b>R\$</b>		<b>1.609.596,50</b>			
	<b>PREÇO HORA EFETIVA</b>	<b>Hof/Ann</b>	<b>6.242,40</b>		<b>257,85</b>	<b>100,00</b>	
	<b>PREÇO HORA DISPONÍVEL</b>	<b>Dirp/Ann</b>	<b>9.180,00</b>		<b>175,34</b>		
	<b>PREÇO UNITÁRIO</b>	<b>R\$/m³</b>	<b>1,00</b>		<b>6,45</b>		