

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

GABRIELLA ALEBRANT ZANCO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE TÉCNICA DO USO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO EM
TEMPO REAL EM OPERAÇÃO DE PROCESSAMENTO DE ÁRVORES**

CURITIBA

2018

GABRIELLA ALEBRANT ZANCO

**ANÁLISE TÉCNICA DO USO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO EM
TEMPO REAL EM OPERAÇÃO DE PROCESSAMENTO DE ÁRVORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina ENGF010 e requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal

Orientador: Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert

CURITIBA

2018

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre comigo nos momentos de dor e de alegria e principalmente por me agradecer com as oportunidades que tenho e por não me deixar desistir nunca.

Aos meus pais, Antonio e Claudete, por estarem comigo em pensamentos e orações durante toda essa trajetória. Sem vocês nada disso seria possível. Vocês são meu porto seguro.

Ao meu irmão Guilherme, que mesmo indiretamente contribuiu durante todo o meu percurso dentro da faculdade.

Aos meus amigos, em especial Ana Clara, Djulia, Camilla, Hevelyn e Martin, por me aturarem em todos os meus estados de humor, pela convivência, e principalmente pelas risadas.

À Universidade Federal do Paraná pela sua estrutura e reconhecimento e por todos que a compõem.

Aos meus professores, em especial meu orientador Renato Robert, por estarem comigo e serem peça primordial na minha formação profissional.

À WestRock pela oportunidade de estágio e pela grande contribuição profissional, em especial ao meu supervisor Andre Pereira por todos os desafios propostos e conselhos.

E a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva.

Muito obrigada!

“O impossível é só questão de opinião...”

Charlie Bown Jr.

DADOS DO ACADÊMICO

Nome do aluno: Gabriella Alebrant Zanco

GRR: 20142400

RESUMO

A atividade florestal diária gera uma grande quantidade de dados, e faz com que o gestor deva responder de forma rápida e eficiente às várias solicitações. Afim de facilitar a gestão e realizar um controle mais efetivo da frota de máquinas de uma empresa que surgiu o sistema de monitoramento remoto *Timber Fleet*. Neste trabalho foi realizado um estudo de tempo e movimento para a comprovação da efetividade do sistema de monitoramento e utilizou uma matriz de decisão como ferramenta para a possível implantação do sistema dentro da empresa WestRock Company. Para comprovar a efetividade foi realizado o teste de T^2 de Hotelling, que resultou num F maior que o T^2 , ou seja, os dados obtidos através do *Timber Fleet* são fidedignos à realidade apontada no estudo de tempos e movimentos. Através da Matriz de Decisão e do valor gerado por ela, conclui-se que, para as necessidades da empresa, pode-se considerar a possibilidade de implantação do *Timber Fleet*. Vale ressaltar que a Matriz de Decisão é mutável durante o horizonte de planejamento, uma vez que as prioridades podem ser alteradas ao longo do tempo.

Palavras-chave: *Timber Fleet*, teste T^2 de Hotelling, matriz de decisão.

ABSTRACT

Daily forest activity generates a large amount of data, and causes the manager to respond quickly and efficiently to various requests. In order to facilitate the management and to carry out a more effective control of the company fleet machines that has arisen the system of remote monitoring Timber Fleet. In this work, a time and motion study was performed to prove the effectiveness of the monitoring system and used a decision matrix as a tool for the possible implementation of the system within the WestRock Company. To prove the effectiveness, the Hotelling T^2 test was performed, which resulted in an F greater than T^2 , that is, the data obtained through the Timber Fleet are reliable to the reality pointed out in the motion and time. Through the Decision Matrix and the value generated by it, it is concluded that, for the company needs, the possibility of Timber Fleet deployment can be considered. It is noteworthy that the Decision Matrix is changeable during the planning horizon, since priorities can be changed over time.

Keywords: *Timber Fleet*, Hotelling T^2 test, decision matrix.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fazenda onde foi realizado o ETM para a análise do sistema de monitoramento remoto	21
FIGURA 2 - Sistema de Colheita <i>Full Tree</i>	22
FIGURA 3 - Máquina avaliada durante o ETM	22
FIGURA 4 - Cronômetro utilizado nas coletas de campo	23
FIGURA 5 - Matriz de Decisão com as notas de cada indicador relacionado com as características do sistema avaliado.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Amostras de tempo obtidas no estudo de tempos e movimentos nas coletas de campo	27
TABELA 2 - Amostras obtidas na plataforma online do <i>Timber Fleet</i>	27
TABELA 3 - Médias de tempo das amostras do Estudo de Tempos e Movimentos e do <i>Timber Fleet</i>	28
TABELA 4 - Correlação entre as amostras do Estudo de Tempos e Movimentos e do <i>Timber Fleet</i>	29
TABELA 5 – Indicadores estabelecidos para análise e seus respectivos pesos..	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral	13
2.2 Específicos	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Gestão Florestal	14
3.2 Estudo de Tempos e Movimentos	15
3.3 Monitoramento Florestal	18
3.3.1 <i>Timber Fleet</i>	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Local de estudo	21
4.2 Máquina avaliada	21
4.3 Método de cronometragem	23
4.4 Análise Multivariada	24
4.5 Definição da Matriz de Decisão	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1 Estudo de Tempos e Movimentos	27
5.2 Análise Multivariada	28
5.3 Matriz de Decisão	30
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é, atualmente, uma referência mundial por sua atuação voltada à sustentabilidade, competitividade e inovação (IBÁ, 2017). O Brasil está entre os principais produtores de produto oriundos de florestas plantadas como celulose, papel e painéis de madeira no mundo, com exportações que trazem contribuição para a balança comercial e geram empregos e renda em todas as regiões do país (IBÁ, 2017).

Atualmente, segundo IBÁ, 2017, o país conta uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, onde o setor é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial no país e, também, é um dos segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde. Segundo o SNIF, 2017, entre 2015 e 2016, houve um aumento de 0,85% na área de floresta plantada cujo estado com maior área de floresta plantada no Brasil é Minas Gerais, com aproximadamente 1,9 milhão de hectares em 2016 sendo 98% de Eucalipto. Já para o reflorestamento de Pinus, o estado que mais produz é o Paraná, com uma área de aproximadamente 920 mil hectares.

É esperado que a utilização das tecnologias mais avançadas de produção permita aproveitar, no futuro, 100% da floresta (IBÁ, 2017) e para isso novas tecnologias estão sendo utilizadas dentro dos sistemas de gestão das empresas florestais. A atividade florestal diária gera uma grande quantidade de dados, e também faz com que o gestor deva responder de forma rápida e eficiente às várias solicitações (MIRAGAIA et al., 1999). Gerenciando a base de dados e as atividades é possível a elaboração de planejamentos estratégicos e melhoria contínua dos processos (SILVA, 2017).

Afim de facilitar esses sistemas de gestão e realizar um controle mais efetivo da frota de máquinas de uma empresa que surgiu o sistema de monitoramento remoto *Timber Fleet*. O sistema oferece relatórios onde são apresentados indicadores referentes à eficiência operacional, eficiência mecânica, produtividade da máquina e operador, controle e solicitação de manutenções e alertas de sensores, tendo como objetivo prolongar a vida útil da máquina, reduzir o tempo parado e conseqüentemente aumentar a produtividade (TIMBER FOREST, 2018).

De acordo com Seixas et al. (2004) citado por Silva (2017), é muito importante a utilização do estudo de tempos e movimentos para o desenvolvimento de sistemas de colheita de madeira, tendo em vista que o tempo utilizado para cada um dos elementos do ciclo de trabalho permite a organização do mesmo, a fim de otimizar o sistema operacional. Isso permite que seja diminuído o máximo possível os tempos improdutivos e aumentado o rendimento das máquinas, o que, por consequência, reduz os custos da operação.

Tomar uma decisão é um processo de escolha dentro de várias alternativas onde a pessoa deverá seguir e decidir a qual recomendar entre vários possíveis caminhos (CHIAVENATO, 1997). Para tomar essa decisão, uma das ferramentas utilizadas é a Matriz de Decisão. Para Pugh, 1991, a matriz de decisão é uma maneira de se tomar uma decisão onde são considerados todos os critérios de importância.

Neste trabalho foi realizado um estudo de tempo e movimento afim de comprovar a efetividade do sistema de monitoramento e também elaborar uma matriz de decisão como análise auxiliar para a possível implantação do sistema dentro da empresa WestRock Company visando aprimorar a gestão e obter possíveis ganhos no desempenho operacional.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Comparar o método gerado pelo *Timber Fleet* com um método convencional de geração de dados para indicadores de desempenho e produtividade de máquinas florestais

2.2 Específicos

Como objetivos específicos tem-se:

1. Realizar estudo de tempos e movimentos (ETM) na operação de processamento mecanizado de árvores;
2. Avaliar a proximidade dos dados fornecidos pelo sistema com os dados obtidos do ETM;
3. Desenvolver uma Matriz de Decisão a fim de apontar se o sistema pode ser usado na empresa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gestão Florestal

De acordo com Alves (2006), os gestores de empresas florestais normalmente administram grande quantidade de informações, as quais suportam as decisões de curto e longo prazo, implicando na geração contínua de dados que alimentam as mesmas bases de dados, fechando um grupo de informações que precisam ser compreendidas para serem gerenciadas.

A atividade florestal rotineira obriga o gestor a considerar um volume imenso de dados e a responder de forma rápida e eficiente a várias solicitações (MIRAGAIA et al., 1999). O mesmo autor afirma que a organização de dados florestais com vista à produção e à transferência eficientes de informação para o gestor e para outros utilizadores configura um problema complexo.

Dada esta complexidade, a tarefa de organizar as informações de modo que possam suportar as decisões dos gestores florestais tem absorvido grande esforço das equipes de profissionais das áreas de apoio tecnológico das empresas florestais (MIRAGAIA et al., 1999).

Dentro do planejamento de gestão se torna indispensável a utilização de ferramentas tecnológicas para o gerenciamento de atividades (SILVA, 2017). O mesmo autor destaca que uma tendência nos sistemas de gestão florestal são os softwares específicos para o setor florestal, que buscam otimizar, organizar e integrar todas as atividades de forma a maximizar a produção e minimizar os custos.

Considerando a dinâmica do setor florestal e a necessidade de alinhamento de todas as suas operações, é de extrema importância que todas as atividades aconteçam de maneira integrada e eficiente (SILVA, 2017). Nessa linha, é imprescindível a realização de um planejamento florestal mais evoluído e integralizado com todas as outras atividades econômicas (HOSOKAWA; MENDES, 1984) citado por Silva (2017). Dentro desse contexto fica clara a importância dos sistemas e fontes de informação para a gestão e o planejamento florestal.

Um método conhecido para tomada de decisão por meio de múltiplos critérios (MCDM – *Multiple-Criteria Decision Method*), como o próprio nome sugere,

é utilizado em situações em que são considerados vários critérios onde a principal ferramenta é a matriz de decisão (SALOMON, 2002).

De acordo com Chiavenato (1997) “decisão é o processo de análise e escolha entre várias alternativas disponíveis do curso de ação que a pessoa deverá seguir; e decidir a de recomendar entre vários caminhos alternativos que levam a determinado resultado”. Portanto, para Pugh (1991) a matriz de decisão é uma maneira de se tomar uma decisão onde são considerados todos os critérios de importância.

3.2 Estudo de Tempos e Movimentos

Segundo Barnes (1977) “o estudo de movimentos e de tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho” e tem como objetivos:

1. Desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo;
2. Padronizar esse sistema e método;
3. Determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica;
4. Orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

Buscando responder perguntas como “Qual é a melhor maneira de se executar esta tarefa?” e “Qual deveria ser a tarefa de trabalho diária de um operário?”, Taylor criou métodos de como realizar cada uma das operações ensinando aos operários como fazê-las, as mantendo constantes e em tempo padrão (BARNES, 1977)

Para tanto, foram desenvolvidas por Frederick Taylor as técnicas de racionalização do trabalho operário por meio do Estudo de Tempos e Movimentos (*Motion-time Study*) (CHIAVENATO, 2003). Para Taylor, o trabalho é executado melhor e de maneira mais econômica por meio da análise minuciosa do trabalho, ou seja, da divisão de todos os movimentos necessários para a execução de cada etapa de uma operação (CHIAVENATO, 2003).

Analisando uma série ordenada de movimentos simples, Taylor observou a possibilidade de eliminar movimentos inúteis e simplificar, racionalizar ou fundir

com outros movimentos os úteis, proporcionando economia de tempo e esforço ao operário (CHIAVENATO, 2003).

O estudo de tempos e movimentos tem influência direta na intenção de melhoria dos métodos operacionais e condições de trabalho, permitindo análises do processo produtivo, de atividades, relação homem-máquina e operações em geral (FERREIRA, 2011). O controle da produção e custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, influenciando sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão de obra e da máquina (MACHADO, 1984).

De acordo com Barnes (1968) citado por Ferreira (2011) o objetivo básico do estudo de tempos e movimentos é determinar o tempo necessário para a realização de uma atividade definida, estabelecida por método racional e executada em cadência normal por uma pessoa qualificada e habituada a determinada técnica.

Para a análise do trabalho usa-se o estudo dos tempos e movimentos, ou seja, a determinação do tempo médio que um operário comum levaria para a execução da tarefa, através da utilização do cronômetro (CHIAVENATO, 2003). A esse tempo médio eram adicionados os tempos elementares e mortos para resultar o chamado tempo padrão (CHIAVENATO, 2003). A soma desses dois tempos resultaria na fixação do tempo padrão para a execução de determinada tarefa.

Em paralelo ao trabalho de Taylor, Frank B. Gilbreth introduziu o estudo de tempos e movimentos como técnica administrativa básica para a racionalização do trabalho, concluindo que todo trabalho pode ser reduzido a uma série de movimentos elementares para definir os movimentos necessários à execução de qualquer tarefa (CHIAVENATO, 2003).

Para Taylor, à essa análise do trabalho seguia-se a determinação do tempo médio que um operário comum levaria para a execução da tarefa por meio da utilização do cronômetro (CHIAVENATO, 2003). De acordo com Barnes (1977) existem três métodos para a realização do estudo de tempos e movimentos, sendo eles:

- a) Método de tempo contínuo: nesse método o cronômetro não é zerado, sendo, então, realizada a anotação do tempo no momento de troca de tarefa, podendo-se obter o tempo individual de cada tarefa através de subtração.

- b) Método de tempo individual: nesse método o cronômetro é zerado na mudança de cada atividade, reduzindo os erros e não precisando fazer a subtração de tempos como no método anterior. Porém, esse método exige maior concentração na realização da cronometragem.
- c) Método multimomento: nesse método não é medido o tempo individual de cada tarefa, e sim a frequência com que ocorrem em tempos pré-estabelecidos. Esse método não é indicado em casos que se tenha elementos que utilizam pouco tempo, pois o mesmo não aparece com frequência adequada na coleta de dados.

Estudos de tempo e movimento têm sido e ainda são frequentemente usados para descrever, entender e melhorar as operações florestais (SPINELLI; VISSER, 2008). De acordo com os mesmos autores, atrasos são reconhecidos como sendo um dos principais fatores que limitam a produtividade na maioria das operações e são, portanto, uma parte da maioria dos estudos de tempo.

Na área florestal são feitos vários estudos de tempos e movimentos a fim de testar a eficácia de sistemas. Esses estudos são realizados dentro de diversas áreas que compõe o setor florestal, sendo mais expressiva a participação dentro dos setores operacionais. Para a maioria dos estudos de produtividade das operações florestais, o procedimento de coleta de dados consiste em um conjunto de tempos e movimentos detalhado realizado a nível dos ciclos da operação (SPINELLI; VISSER, 2008)

SOUZA (2014) realizou esse estudo afim de aumentar a produtividade de um sistema de colheita florestal mecanizada com *Harvester* num plantio de Teca em Mato Grosso. Foram separadas as etapas do processo verificando qual delas utilizava mais tempo e a partir disso propostas ideias para minimizar o tempo inútil dentro de cada etapa.

FERREIRA (2011) acompanhou, por meio de estudo de tempos e movimentos, a aplicação da mesma operação de adubação de um plantio de *Eucalyptus sp.* efetuada por duas empresas diferentes. Os resultados permitiram uma visão atualizada da alocação do tempo global da jornada de trabalho, bem como identificar qual é a atividade principal e os principais motivos de paradas no processo.

LIGNER (2017) desenvolveu um estudo de tempos e movimentos com o objetivo de analisar três operadores de *Forwarder* com diferentes tempos de experiência. A análise operacional avaliou o trabalho efetivo, as interrupções, os elementos do ciclo operacional, determinadas as produtividades de cada operador, a disponibilidade mecânica e a eficiência operacional do sistema adotado.

SIMÕES et al. (2010) realizaram o estudo com o objetivo de avaliar técnica e economicamente o desempenho de um *Harvester* em colheita florestal de eucalipto em primeiro corte. A análise técnica englobou um estudo de tempos e movimentos, produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica. Já a análise econômica englobou os parâmetros do custo operacional, custo de colheita florestal e rendimento energético.

SPINELLI e VISSER (2008) realizaram um estudo de tempo de *Harvester* num conjunto de dados. Esses conjuntos de dados foram todos baseados máquinas colhendo e ou processando, onde foram estabelecidas três categorias de atrasos foram usadas: mecânica, operador e outros afim de observar qual era o maior motivo dos atrasos na operação.

Em um estudo realizado por STRANDGARD e MITCHELL (2015) foi analisado um sistema de monitoramento por GPS e vibração. Nesse estudo o tempo médio de ciclo do *forwarder* estimado foi inferior a 1 segundo do tempo médio de ciclo determinado a partir de estudos tradicionais de tempo e movimento, comprovando a efetividade do sistema avaliado em estudos de longo período de duração.

3.3 Monitoramento Florestal

Sistemas de informação e monitoramento para o setor florestal são instrumentos para política e planejamento eficazes, priorizando intervenções, valorização dos recursos florestais, investimentos eficientes, e gerando responsabilidade. Informações relevantes que são periodicamente coletadas podem permitir a implementação efetiva de políticas, informar a tomada de decisão e orientar a gestão dos recursos florestais e de capital (WORLD BANK, 2008).

HATEMÄKI; NILSSON (2005) afirmam que embora o setor florestal mundial tenha sido fundamentalmente modificado pelo desenvolvimento das Tecnologias

da Informação e Comunicação (ICT – *Information and Communication Technology*), ainda não existem estudos de como. Os mesmos autores também destacam que não há estudos sobre como as ICT podem mudar o setor no futuro.

É de comum conhecimento que a visão da troca de informações sem papel ainda não foi realizada. Mas durante o início 1980, quando o desenvolvimento de microchips avançou significativamente e computadores pessoais começaram a entrar mercados de consumo, alguns analistas previram que esses e outros desenvolvimentos nas comunicações poderiam ter um impacto drástico no uso do papel (HATEMÄKI e NILSSON, 2005). Um desses impactos é o desuso de papel na troca de informações, buscando economia e agilidade no processo.

Os efeitos da tecnologia já somam as atividades florestais e no dia a dia das empresas, gestores e operadores (MADEIRA TOTAL, 2017). Afim de aprimorar e facilitar a troca de informações entre campo e escritório foi desenvolvido o sistema de monitoramento remoto *Timber Fleet*. Seus produtos apontam para a Revolução Industrial mais recente conhecida como “Indústria 4.0”. O controle absoluto das informações de produtividade, resultados, antecipação de correções mecânicas no longo prazo convergem para a flexibilidade da produção, organização e aumento da produtividade – uma vez que se conhecem os gargalos (MADEIRA TOTAL, 2017).

3.3.1 *Timber Fleet*

O *Timber Fleet* funciona com a leitura do tempo real em operação, lendo através de sensores no sistema hidráulico todos os movimentos da máquina base e implemento, resultando em formulários com apontamentos eletrônicos que informam ações operacionais, ações preventivas de manutenção e informações sobre a produção, com relatórios gráficos através de um sistema de comunicação via satélite (MADEIRA TOTAL, 2017). Esses formulários são enviados com base nos princípios da telemetria e na comunicação via satélite.

Em suma, o *Timber Fleet*, é um produto criado para atender as necessidades pertinentes à gestão de máquinas florestais com qualidade e confiança. O sistema oferece solução às operações florestais, apresentando informações referentes à eficiência operacional, eficiência mecânica, produtividade da máquina e operador,

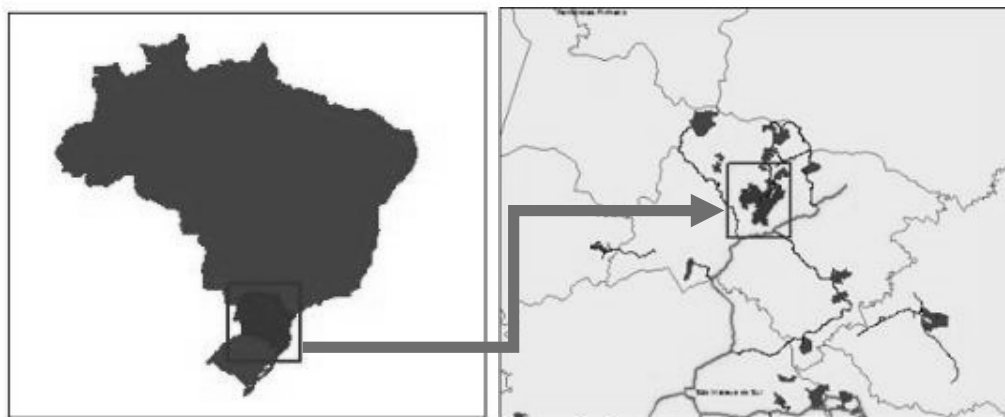
controle e solicitação de manutenções e alertas de sensores, tendo como objetivo prolongar a vida útil da máquina, reduzir o tempo parado e conseqüentemente aumentar a produtividade (TIMBER FOREST, 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

O estudo foi realizado numa floresta de *Pinus taeda* L. em uma das fazendas da WestRock Company localizada no estado do Paraná (FIGURA 1). O município faz parte do segundo planalto paranaense, onde o relevo é ondulado e a altitude média varia de 1.200 a 300 metros acima do nível do mar. A altitude média da sede é de 840 metros.

FIGURA 1 - Fazenda onde foi realizado o ETM para a análise do sistema de monitoramento remoto



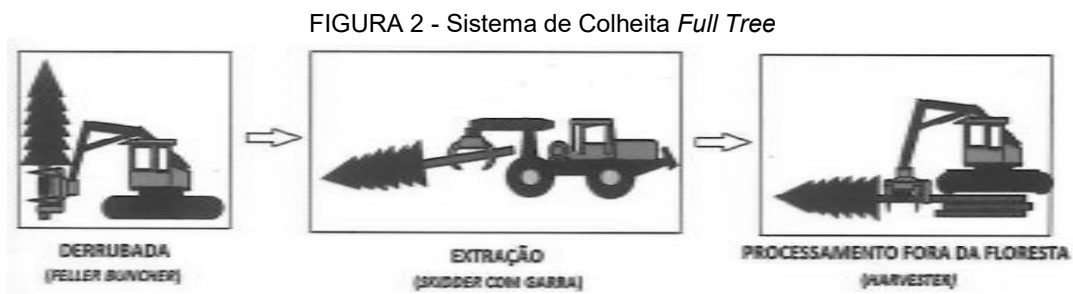
FONTE: WestRock Company (2018)

O clima é caracterizado, segundo o IBGE, como subtropical mesotérmico brando superúmido (tipo Cfb segundo Köppen), com chuvas bem distribuídas durante o ano e temperatura média anual de 17,4 °C com invernos amenos e verões quentes. A precipitação média anual é de 1 451,0 mm, sendo julho o mês mais seco, quando ocorrem 72,0 mm. Em fevereiro, o mês mais chuvoso, a média fica em 185,0 mm.

4.2 Máquina avaliada

O sistema de colheita utilizado é conhecido como *Full Tree* (árvores inteiras). Nesse sistema são utilizados três tipos de máquinas, sendo eles: *Feller Buncher*

para derrubada, *Skidder* para o arraste e *Harvester* para o processamento (FIGURA 2).



FONTE: Robert (2012)

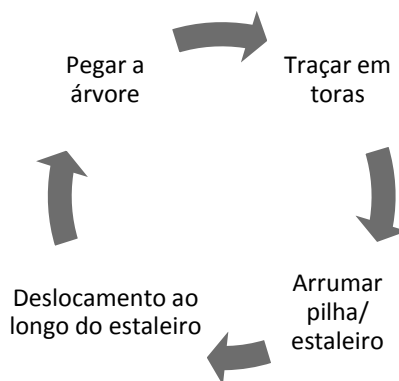
No processamento de árvores as árvores arrastadas até o estaleiro são seccionadas em toras de diferentes sortimentos. Esses sortimentos são definidos de acordo com os diâmetros de ponta grossa e ponta fina e com a demanda dos clientes. A máquina avaliada nesse trabalho foi um *Harvester* com máquina base CAT 320D FM com cabeçote Log Max 7000C (FIGURA 3).

FIGURA 3 - Máquina avaliada durante o ETM



FONTE: O autor (2018)

Durante a atividade do processamento mecanizado é possível notar os seguintes movimentos:



Ao pegar a árvore e traçar em toras e arrumar a pilha/ estaleiro há movimento de grua. No traçamento nota-se também o movimento do implemento e no deslocamento há utilização do material rodante.

4.3 Método de cronometragem

Para a realização do estudo de tempo e movimento foi utilizado o método de tempo individual. Nesse método o cronômetro foi zerado na mudança de cada atividade, reduzindo os erros e não necessitando fazer a subtração de tempos.

Utilizando esse método foi possível realizar a comparação entre o ETM e os dados fornecidos pelo *Timber Fleet* visto que o mesmo nada mais é do que um contador de tempos. Os sensores presentes no motor, implemento e rodante são acionados quando entram funcionamento e iniciam a contagem do tempo que determinada parte está sendo utilizada, ou seja, conta o tempo de cada movimento de maneira individual.

Para esse método foi utilizado o cronômetro a seguir (FIGURA 4) e ficha de campo desenvolvida especificamente para esse estudo.

FIGURA 4 - Cronômetro utilizado nas coletas de campo



FONTE: O autor (2018)

Os tempos coletados em campo foram os mesmos fornecidos pelo *Timber Fleet* afim de compara-los diretamente sendo eles: tempo de motor ocioso, de implemento e de rodante. O tempo de motor ocioso refere-se ao tempo em que a máquina estava ligada, porém não havia nenhuma de suas partes em movimento. O tempo de implemento refere-se ao tempo em que o implemento (cabecote *Harvester*) foi utilizado, independente de qual das suas partes. Já o tempo de rodante se refere ao tempo em que o material rodante (esteiras) da máquina estava sendo utilizado.

Os tempos de motor ocioso, de implemento e de rodante foram coletados durante um período de sete turnos de 8,5 horas cada, onde, no fim das coletas, foram somados todos esses tempos por dia resultando em 7 amostras, uma para cada turno em campo. Todas as coletas foram realizadas no primeiro turno o mesmo colaborador operando a máquina. As amostras foram obtidas em diferentes talhões com VMI (Volume Médio Individual) variando entre 0,31 e 0,36 m³.

Para a comparação, foram obtidos os tempos registrados pelo *Timber Fleet* referentes aos mesmos dias das coletas de campo.

4.4 Análise Multivariada

Análise também conhecida como Teste T^2 de Hotelling, é utilizada para comparação de vetores de médias populacionais (FERNANDES et al.). Nesse estudo a análise estatística foi dividida em três passos, sendo eles: (1) obtenção das médias com base nas amostras coletadas nos estudos realizados em campo e no sistema de monitoramento; (2) teste de correlação das variáveis entre si e; (3) análise de t^2 de Hotelling no *software* MatLab.

A correlação foi utilizada para determinar o grau de associação entre as amostras estudadas. Ela pode variar entre -1 e +1, quanto mais perto de 1, tanto positivo quanto negativo, significa que as amostras estão correlacionadas. O sinal indica o sentido da correlação (CENTENO, 1999). O valor 0 indica a independência das variáveis, ou seja, não existe correlação (CENTENO, 1999).

Para o teste T^2 de Hotelling foram seguidos os passos apresentados por JOHONSON; WICHERN (2007). No *software* foram inseridas fórmulas correspondentes aos passos propostos para testar as diferentes hipóteses, onde

H_0 : os métodos não avaliados geram resultados diferentes e H_1 : os métodos geram resultados diferentes, μ : médias do ETM e μ_0 : as médias obtidas na plataforma do *Timber Fleet*.

$$\begin{cases} H_0: \underline{\mu} = \underline{\mu}_0 \\ H_1: \underline{\mu} \neq \underline{\mu}_0 \end{cases}$$

As médias, denominadas vetores, foram submetidas a uma sequência de etapas e que, no fim, foram comparados os resultados de T^2 com F , onde T^2 é tabelado de acordo com o grau de liberdade e o F de acordo com o tamanho das amostras.

Para que a hipótese de que as amostras dos dois testes não diferem F deve ser maior que T^2 .

4.5 Definição da Matriz de Decisão

Para a definição da matriz foram estabelecidos pesos de 0 a 1 para cada um dos critérios avaliados, sendo que esses critérios são os indicadores que a empresa pretende obter através do uso do sistema de monitoramento, sendo eles:

- Disponibilidade Mecânica (DM): tempo em que a máquina está apta a realizar trabalho produtivo, ou seja, não está em conserto ou manutenção dividido pelo tempo total da máquina disponível para trabalho;

$$DM = \frac{\text{Tempo Programado} - \text{Tempo em Manutenção}}{\text{Tempo Programado}} \times 100$$

- Eficiência Operacional (EO): tempo de trabalho efetivo em relação ao tempo total disponível;

$$EO = \frac{\text{Tempo de Trabalho}}{\text{Tempo Programado} - \text{Tempo em Manutenção}} \times 100$$

- Taxa de Utilização: é o produto de DM por EO (em decimais) que demonstra o quanto foi possível utilizar da máquina dentro do tempo que esteve disponível;

$$EO = DM \times EO \times 100$$

- Taxa de Trabalho (TT): porcentagem de tempo que o implemento foi utilizado dentro do tempo que o motor permaneceu ligado;

$$TT = \frac{\text{Tempo de Implemento}}{\text{Tempo Motor}} \times 100$$

- Taxa de Deslocamento (TD): porcentagem de tempo que o rodante foi utilizado dentro do tempo que o motor permaneceu ligado;

$$TD = \frac{\text{Tempo de Deslocamento}}{\text{Tempo Motor}} \times 100$$

- Taxa de Tempo Ocioso: porcentagem de tempo no qual o motor ficou ocioso dentro do tempo total de motor;

$$TTO = \frac{\text{Tempo de Motor Ocioso}}{\text{Tempo Motor}} \times 100$$

- Taxa de Trabalho Efetivo (TTE): porcentagem de tempo que o implemento foi utilizado dentro do período programado de horas de trabalho;

$$TT = \frac{\text{Tempo de Implemento}}{\text{Tempo Programado}} \times 100$$

- KM Percorridos: distância percorrida pela máquina dentro dos turnos de trabalho
- Produtividade: produção da máquina apontada nos boletins de bordo dividida pelo tempo que o implemento foi utilizado.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Produção}}{\text{Tempo de Implemento}}$$

Após estabelecida a importância de cada critério foram listadas as vantagens e as desvantagens do sistema em questão, para então montar a matriz. Após a montagem foram atribuídas notas de 1 a 10 de forma que cada característica do sistema fosse comparado com cada critério pré-estabelecido.

A matriz de decisão consiste em selecionar a melhor alternativa pela determinação da maior média ponderada das notas. Para que haja a possibilidade de implantação do sistema esse valor deve ser de no mínimo 7.

Portanto, para obter esse valor foi feita a média das multiplicações entre pesos e a média das notas atribuídas para cada indicador.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Estudo de Tempos e Movimentos

Com as coletas em campo, foi possível obter o total de horas de cada tempo observado nos dias em campo (TABELA 1).

TABELA 1 - Amostras de tempo obtidas no estudo de tempos e movimentos nas coletas de campo

Amostra	Tempo Ocioso (Horas)	Tempo de Implemento (Horas)	Tempo Rodante (Horas)
1	0,43	5,15	1,17
2	0,39	6,54	0,58
3	0,39	5,45	0,22
4	0,41	6,37	0,49
5	0,21	3,67	0,33
6	0,23	4,37	0,32
7	0,25	1,71	0,47

FONTE: O autor (2018)

Para a comparação, obteve-se na plataforma do *Timber Fleet* o total de horas de cada um dos tempos referentes aos dias em campo (TABELA 2).

TABELA 2 - Amostras obtidas na plataforma online do *Timber Fleet*

Amostra	Tempo Ocioso (Horas)	Tempo de Implemento (Horas)	Tempo Rodante (Horas)
1	0,60	4,98	1,22
2	0,30	6,29	0,35
3	0,30	5,19	0,23
4	0,60	6,20	0,51
5	0,30	3,46	0,42
6	0,20	4,25	0,32
7	0,50	2,41	0,57

FONTE: *Timber Fleet* (2018) compilado pelo autor

Pode-se notar que há variação dentro das amostras, tanto nas coletadas em campo quanto nas obtidas dentro do *Timber Fleet*. Essas variações se devem ao fato de a máquina trabalhar em talhões diferentes com condições e situações diferentes, como variação de clima (de ensolarado a chuvoso), variação de VMI, condição de estaleiro, entre outras.

As variações de tempo de motor ocioso podem ser justificadas pela quantidade de sortimentos produzidos onde a máquina permanece ligada durante a marcação de toras para o carregamento e pelo clima dos dias de coleta, que variaram bastante desde ensolarado até chuvas fortes. Nos dias das amostras 1 e 6, por exemplo, houve divergência do número de sortimentos, onde na amostra 6 eram apenas três enquanto na 1 eram quatro.

O tempo de implemento varia de acordo com as atividades do dia, ou seja, nos dias em que foram realizadas manutenções preventivas e corretivas o tempo de implemento foi baixo visto que a máquina permaneceu de 2 a 3 horas desligada para a realização dessas manutenções. Essa situação é encontrada nas amostras 5 e 7.

Já o tempo de rodante é diretamente influenciado pela distância entre a máquina e o estaleiro a ser processado. Na amostra 1 pode-se notar que o tempo de rodante é maior visto que a máquina foi para um talhão mais distante. As outras variações são referentes aos deslocamentos ao longo do estaleiro ou de um talhão próximo a outro.

5.2 Análise Multivariada

Foram comparados os vetores de tempo obtidos pelo tratamento testemunha e pelos sensores presentes na máquina (TABELA 3).

TABELA 3 - Médias de tempo das amostras do Estudo de Tempos e Movimentos e do *Timber Fleet*

Tratamento	Tempo Ocioso (Horas)	Tempo de Implemento (Horas)	Tempo Rodante (Horas)
ETM	0,33	4,75	0,51
TF	0,40	4,68	0,52

FONTE: O autor (2018)

LEGENDA: ETM: Tempo & Movimento (testemunha); TF: *Timber Fleet*

Em seguida foi feita uma análise de correlação das variáveis entre si presentes na TABELA 4.

TABELA 4 - Correlação entre as amostras do Estudo de Tempos e Movimentos e do *Timber Fleet*

	Tempo Ocioso	Tempo de Implemento	Tempo Rodante
Tempo Ocioso	1	0,096	0,738
Tempo Implemento	0,761	1	-0,047
Tempo Rodante	0,519	0,173	1

FONTE: O autor (2018)

LEGENDA: ETM; *Timber Fleet*

As correlações se mostraram contraditórias para os mesmos parâmetros analisados. Ao mesmo tempo que a correlação entre os tempos coletados para tempo ocioso *versus* tempo de implemento e para tempo de rodante *versus* tempo de implemento foi alta no ETM, nos dados fornecidos pelo *Timber Fleet* a mesma foi baixa. Já para tempo de rodante *versus* tempo ocioso o contrário acontece, onde a correlação é maior nos dados fornecidos pelo sistema de monitoramento.

Para as correlações entre tempo de rodante *versus* tempo ocioso tanto para as amostras de campo quanto para as do *Timber Fleet* a correlação se mostra mais perto de +1, isso significa que há correlação entre as variáveis nos dois casos. Para as amostras coletadas em campo que correlacionam tempo ocioso *versus* tempo de implemento e tempo de rodante *versus* tempo ocioso a correlação é alta. Ao contrário das obtidas pelo *Timber Fleet*.

BURLA (2008), STAMPFER (2004) e STEINMÜLLER (2001) afirmam que o VMI é o principal fator que influencia na produtividade de um *Harvester*, visto que quanto maior o tempo que leva-se para produzir menor é a produtividade uma vez que a mesma é a razão entre produção e tempo, objeto de estudo desse trabalho. Isso justifica o fato de haver variação na correlação entre os dados amostrados.

Os valores das amostras resultaram no valor de T^2 de 5,4397 e F de 75,1247. O teste de t^2 de Hotelling resultou num F maior que o T^2 , assim sendo, aceita-se a hipótese de nulidade de que não há diferença na cronometragem por meio dos dois métodos comparados, ou seja, os dados obtidos por meio do *Timber Fleet* são fidedignos à realidade apontada no estudo de tempos e movimentos.

5.3 Matriz de Decisão

Para a elaboração da matriz de decisão foram estabelecidos indicadores preliminares que a empresa gostaria de obter por meio do uso do sistema de monitoramento. Na TABELA 5 estão apresentados esses indicadores e a média de pesos que foram atribuídos a cada um pelas diferentes áreas do setor de operação.

TABELA 5 – Indicadores estabelecidos para análise e seus respectivos pesos

Indicadores	Média Pesos
Disponibilidade Mecânica	0,83
Eficiência Operacional	0,83
Taxa de Utilização	1,00
TT (Taxa de Trabalho)	1,00
TD (Taxa de Deslocamento)	1,00
TTO (Taxa de Tempo Ocioso)	1,00
TTE (Taxa de Trabalho Efetivo)	0,67
KM percorridos	1,00
Produtividade	0,67

FONTE: O autor (2018)

Após atribuídos os pesos foram geradas as notas apresentadas na matriz a seguir.

FIGURA 5 - Matriz de Decisão com as notas de cada indicador relacionado com as características do sistema avaliado

	Disponibilidade Mecânica	Eficiência Operacional	Taxa de Utilização	TT (Taxa de Trabalho)	TD (Taxa de Deslocamento)	TTO (Taxa de Tempo Ocioso)	TTE (Taxa de Trabalho Efetivo)	KM Percorridos	Produtividade
Monitoramento em tempo real	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Comunicação via satélite	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Informação codificada	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Contadores de tempo	10	10	10	10	10	10	10	5	10
Mapas de localização da máquina	0	5	0	0	0	0	0	10	5
Contadores de horímetro e odômetro	8	8	8	8	8	8	8	10	5

FONTE: O autor (2018)

Pode-se observar que há uma tendência nas notas atribuídas, visto que as maiores notas pertencem aos indicadores diretamente influenciados pelos tempos da máquina e sem influência direta de apontamento por parte dos operadores. Isso significa que há uma necessidade na busca por indicadores sem influência humana direta.

Atribuídas as notas, os pesos foram multiplicados pela média que foi atribuída a cada indicador. O resultado dessa multiplicação resultou num valor de 7,3. Esse valor final indica que, quando acima de 7 e mais próximo de 10, maior é o potencial de atendimento à demanda esperada pela empresa.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Com as médias das amostras foi possível identificar que os tempos contabilizados estão bem próximos entre si, porém o inverso de correlações possivelmente ocasionadas pela variedade de VMI nos talhões onde foram realizados os ETM demonstra que num futuro estudo é necessário um maior número de amostras tanto no estudo de tempo quanto do sistema de monitoramento.

Para uma validação da análise sob diferentes situações de trabalho são necessários mais estudos para uma discussão que englobe diferentes variáveis de trabalho, como operador, VMI, regime de manejo, espécies, entre outras.

Por meio da Matriz de Decisão e do valor gerado por ela conclui-se que para as necessidades da empresa pode-se considerar a possibilidade de implantação do *Timber Fleet*. Ressalvando que a Matriz de Decisão é mutável durante o horizonte de planejamento visto que as prioridades podem ser alteradas no decorrer do tempo. Essas alterações podem variar desde a adição de mais características do sistema até a inclusão de mais produtos a serem obtidos.

REFERÊNCIAS

BRASIL, SNIF (SERVIÇO NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS). **Boletim SNIF 2017**. Edição 1. Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/3230-boletim-snif-2017-ed1-final/file>> Último acesso em 29 de outubro de 2018, 21:23h.

ALVES, M. V. G. **Sistema computacional para gestão de florestas plantadas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 2006. 91 p.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho** [por] Ralph M. Barnes; tradução da 6.a ed. americana [por] Sérgio Luiz Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallotta, revisão técnica [por] Miguel de Simoni e Ricardo Seidl da Fonseca. São Paulo, Edgard Blucher, 1977.

BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do harvester na colheita do eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2008.

CENTENO, A. J. **Curso de estatística aplicada à biologia**. Editora UFG, 2ª Edição (Coleção didática, 3), Goiânia, 1999. 234p.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria da Administração**. 5 ed. São Paulo: Makron Books, 1997

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7. ed. rev. e atual. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2003 - 6ª reimpressão. 635 p.

FERNANDES, J. G; OLIVEIRA, A. C. R. de; NASCIMENTO, M.; NASCIMENTO, A. C. C. **Avaliação do teste multivariado t^2 de Hotelling quanto a não normalidade do vetor aleatório**. Departamento de Estatística – UFV.

FERREIRA, L, do N. **Estudo de tempos e movimentos na operação de adubação de plantio na empresa Eucatex S.A., Botucatu, São Paulo.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Saropédica, Rio de Janeiro, 2011.38 p.

HETEMÄKI L.; NILSSON S. **Information Technology and the Forest Sector.** World Series Vol. 18. IUFRO Headquarters, Vienna, Austria, 2005. 245 p.

JOHONSON, R. A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis.** 6ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2007.

LIGNER, D. **Desempenho de forwarder em corte final de Pinus spp. considerando diferentes operadores.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. 38 p.

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

MADEIRA TOTAL **Revolução na Gestão de Máquinas Florestais.** Março, 2017. Edição 36. 64 p.

MIRAGAIA, C; BORGES J; RODRIGUES, F. A; RODRIGUEZ, L. C. E. **Uma aplicação do sistema inFlor na gestão de dados florestais.** Piracicaba: IPEF, 1999. Circular técnica nº190.

PUGH, S. **Integrated Methods for Successful Product Engineering.** Total Design: Addison-Wesley. ISB N 0201416395, February 1991.

SALOMON, V. A. P. **Auxílio à decisão para a adoção de política de compras.** Produto & Produção, vol. 6, n. 1, p. 1-8, fevereiro de 2002.

SILVA, R. A. L. da **Análise de ferramenta para monitoramento de operações de colheita florestal em tempo real**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Paraná, 2017. 53 p.

SIMÕES, D. FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. **Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester**. Scientia Florestalis, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 611-618, dez. 2010.

SOUZA, A. M. C. **Estudo de tempos e movimentos no corte florestal mecanizado de Teca em Alta Floresta, Mato Grosso**. Programa de Pós-Graduação em Gestão Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SPINELLI, R; VISSER, R. **Analyzing and estimating delays in harvester operations**. International Journal of Forest Engineering Vol. 19, No. 1, 2008. p 36-41.

STAMPFER, K.; STEINMÜLLER T. **A New Approach to Derive a Productivity Model for the Harvester “Valmet 911 Snake”**. In: Anais do The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium; 2001. p. 254-262.

STAMPFER, K. & STEINMÜLLER T. **Leistungsdaten Valmet 911.1 X3 M**. Endbericht. Universität für Bodenkultur Wien – Department für Wald- und Boden-Wissenschaft; Nov 2004.

STRANDGARD, M. MITCHELL, R. **Automated time study of forwarders using GPS and a vibration sensor**. Croatian Journal of Forest Engineering. 36. 175-184. 2015.

TIMBER FOREST. **TimberFleet**. Disponível em <<http://timberforest.com.br/timberfleet>>. Último acesso em 26 de setembro de 2018, 21:23h.

TIMBER FOREST. ***Timber Fleet – Manual Operacional***. Disponibilizado por Timber Forest, Lages, 2018. 34p.

WORLD BANK. **Forests sourcebook: practical guidance for sustaining forests in development cooperation**. World Bank. p. cm. — (Agriculture and rural development) Washington, DC 20433, 2008. 402 p.