

GILBERTO PEREIRA

**ESTUDO DOS FATORES DE RISCOS TÉCNICO-ECONÔMICO DA OPERAÇÃO
DE DERRUBADA DE ÁRVORES COM *FELLER-BUNCHER* UTILIZANDO O
MÉTODO DE MONTE CARLO**

Botucatu

2019

GILBERTO PEREIRA

**ESTUDO DOS FATORES DE RISCOS TÉCNICO-ECONÔMICO DA OPERAÇÃO
DE DERRUBADA DE ÁRVORES COM *FELLER-BUNCHER* UTILIZANDO O
MÉTODO DE MONTE CARLO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Energia na Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Paulo T. Fenner

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Simões

Botucatu

2019

P436e Pereira, Gilberto
Estudo dos fatores de riscos técnico-econômico da operação de derrubada de árvores com feller-buncher utilizando o método de Monte Carlo / Gilberto Pereira. -- Botucatu, 2019
69 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu
Orientador: Paulo T. Fenner
Coorientador: Danilo Simões

1. Eucalipto. 2. Colheita florestal. 3. Custo de produção. 4. Análise estocástica. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).


Essa ficha não pode ser modificada.

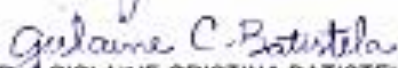
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

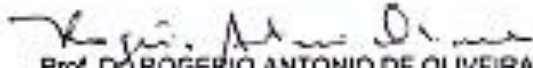
Título: "ESTUDO DOS FATORES DE RISCOS TÉCNICO-ECONÔMICOS DA OPERAÇÃO DE DERRUBADA DE ARVORES COM FELLER BUNCHER UTILIZANDO O MÉTODO DE MONTE CARLO"

AUTOR: GILBERTO PEREIRA
ORIENTADOR: PAULO TORRES FENNER
COORIENTADOR: DANILO SIMOES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PAULO TORRES FENNER
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Prof.ª Dr.ª GISLAINE CRISTINA BATISTELA
Engenharia de Produção / Unesp - Itapeva


Prof. Dr. ROGERIO ANTONIO DE OLIVEIRA
Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Botucatu, 28 de janeiro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter se mostrado presente nos momentos das minhas maiores dificuldades.

Aos meus queridos pais, pessoas honestas e simples, pela boa educação que me deram, sempre me apoiaram e foram a base para as minhas realizações.

A minha família, meus filhos, que foram meu porto seguro, principalmente a minha esposa Fernanda que não mediu esforços para me ajudar nessa etapa tão importante da minha vida.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao Prof. Dr. Paulo Torres Fenner, pela orientação, apoio e amizade.

Ao Prof. Dr. Danilo Simões, pelo apoio, orientação, ensinamentos e amizade, e por ter tornado possível a conclusão deste trabalho.

Ao professor Dr. Rogério Antônio de Oliveira e professora Dr^a. Gislaine Cristina Batistela por aceitarem fazer parte da banca examinadora e pela ajuda e contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

À empresa Eucatex, em especial pela contribuição dos caros amigos (as) Antonio Marinho, Hernon José Ferreira, Roberto Piratello, Edse Amanda e Márcio Sousa.

Ao amigo Ricardo Miyajima pela disponibilidade e apoio nas minhas dificuldades durante a realização do trabalho.

Aos amigos (as), Hilda Bassoli, Vinícius Paludo, Rafele Munis e Rodrigo Petrongari.

RESUMO

Em operações de colheita florestal mecanizada, a execução do método de simulação de Monte Carlo, permite a obtenção de uma amostra de valores, com vistas ao cálculo de probabilidades técnica-econômica por meio de distribuições que descrevem as incertezas e, conseguinte, a otimização dos modais de colheita. Diante disso, objetivou-se uma abordagem estocástica da derrubada de *Eucalyptus* sp. com uma máquina autopropelida e cabeçote de corte *feller-buncher* acoplado, para a análise das incertezas e riscos envolvidos em torno de situações reais. Foram ponderados dados históricos sobre valores monetários incorridos, volume de madeira derrubada e o tempo efetivo de trabalho, consideradas variáveis sob condições de incertezas, as quais foram ajustadas por meio de modelos de distribuição. O método de Monte Carlo foi aplicado aos modelos matemáticos para incorporar soluções estocásticas, com 100.000 iterações. Os resultados permitiram concluir que os valores monetários demandados para a substituição de peças da máquina possui o maior grau de associação com o custo por hora programada; há uma relação não linear forte negativa entre os valores monetários necessários para a aquisição de óleos lubrificantes e graxas e, entre o custo por hora programada da máquina, evidenciando que quanto maior o investimento em lubrificação menor será o custo por hora programada da máquina; o valor médio do custo de produção para a derrubada de *Eucalyptus* sp. é explicado por 46% em termos de variância da produtividade por hora efetiva da máquina.

Palavras-chave: Colheita florestal. Custo de produção. Incerteza. Abordagem estocástica.

ABSTRACT

In mechanized forest harvesting operations, the execution of the Monte Carlo simulation method permits the obtaining of a sample of values, in order to the calculation of technical-economic distributions that describe the uncertainty and consequently, the optimization of harvesting models. Thus, the goal was a stochastic approach of the Eucalyptus species with a self-propelled machine and coupled feller-buncher cutter head, to analyze the uncertainties and risks involved in real situations. It was weighted historical data on monetary values incurred, felled timber volume, and the effective time of work, which are variables considered under uncertainty conditions and were adjusted through distribution models. The Monte Carlo method was applied to the mathematical models to incorporate stochastic solutions, with 100,000 iterations. The results lead to conclude that the monetary expenditure with replacement parts of machine have a strong degree of association with the cost per scheduled machine hour; there is a strong negative nonlinear relationship between the monetary values required for the acquisition of lubricating oils and greases and, between the hourly cost per scheduled machine hour, evidencing that the higher the investment in lubrication the lower the cost per scheduled machine hour; the average value of the cost of production for the felling of Eucalyptus species is explained by 46% in terms of productivity variance per productive machine hour.

Keywords: Forest harvest. Production cost. Uncertainty. Stochastic approach.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente da correlação linear de Pearson para os elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de <i>Eucalyptus</i> sp. na Área 1.....	41
Tabela 2 - Coeficiente da correlação linear de Pearson para os elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de <i>Eucalyptus</i> sp. na Área 2.....	42
Tabela 3 - Ajuste das distribuições de probabilidades dos componentes do custo operacional horário da máquina autopropelida durante a derrubada de árvores de <i>Eucalyptus</i> sp. na Área 1.....	44
Tabela 4 - Ajuste das distribuições de probabilidades dos componentes do custo operacional horário da máquina autopropelida durante a derrubada de árvores de <i>Eucalyptus</i> sp. na Área 2.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Função densidade de probabilidade (FDP) da produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida durante a derrubada de Eucalyptus sp. na Área 1	46
Figura 2 - Função densidade de probabilidade (FDP) da produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida durante a derrubada de Eucalyptus sp. na Área 2	47
Figura 3 - Coeficiente de correlação de postos de Spearman dos elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de Eucalyptus sp. na Área 1	49
Figura 4 - Coeficiente de correlação de postos de Spearman dos elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de Eucalyptus sp. na Área 2	50
Figura 5 - Função densidade de probabilidade (FDP) do custo de produção da máquina autopropelida durante a derrubada de Eucalyptus sp. na Área 1	51
Figura 6 - Função densidade de probabilidade (FDP) do custo de produção da máquina autopropelida durante a derrubada de Eucalyptus sp. na Área 2.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Assimetria
BIC	<i>Bayes Information Criterium</i>
C_{com}	Custo com combustível
C_{dep}	Depreciação econômica
CHP	Custo por hora programada da máquina autopropelida
C_{lub}	Custo com lubrificantes
C_{ofi}	Custo com oficina móvel
C_{pec}	Custo de reposição de peças
CPM	Custo de produção da máquina autopropelida
C_{rem}	Custo de reparos e manutenções
EC	Elementos de custo
H	Quantidade de horas efetivas da operação
K	Grau de curtose
KS	<i>Kolmogorov-Smirnov</i>
$m^3 ha^{-1}$	Metro cúbico por hectare
$m^3 he^{-1}$	Metro cúbico por hora efetiva da máquina autopropelida
M_{ope}	Custo da mão de obra dos operadores
M_{sup}	Custo da mão de obra dos supervisores
PHM	Produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida
R	Coeficiente de correlação linear de <i>Pearson</i>
V_{mad}	Volume de madeira derrubada
VMI	Volume médio individual
ρ_s	Coeficiente de correlação de postos de <i>Spearman</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVO.....	21
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1	Colheita florestal.....	22
3.2	Mecanização da colheita florestal	23
3.3	Feller-buncher	24
3.4	Custos de colheita florestal	27
3.5	Análise de risco operacional-econômico	28
3.6	Método de Monte Carlo	30
3.7	Séries históricas	32
3.8	Distribuições de probabilidades.....	32
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1	Área experimental	35
4.2	Análise técnica	36
4.2.1	Operação de derrubada de Eucalyptus sp.	36
4.2.2	Produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida	36
4.3	Análise econômica	37
4.3.1	Custo por hora programada da máquina autopropelida	37
4.3.2	Custo de produção da máquina autopropelida.....	38
4.4	Relação linear entre os elementos de custo e o custo por hora programada da máquina autopropelida.....	38
4.5	Incorporação do risco técnico-econômico	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1	Análise da relação linear dos elementos de custo	40
5.2	Ajuste das distribuições de probabilidades dos elementos de custo.....	42
5.3	Análise estocástica da produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida.....	46
5.4	Análise estocástica do custo por hora programada da máquina autopropelida.....	48
5.5	Análise estocástica do custo de produção da máquina autopropelida	50
6	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

A máquina autopropelida com cabeçote de corte florestal *feller-buncher*, empregada em sistemas que realizam a colheita florestal de árvores inteiras, realiza o seccionamento das árvores próximo às respectivas bases, e, por conseguinte, o acúmulo destas em uma mesa acumuladora, para posteriormente serem dispostas ao solo, em posições intrínsecas à operação subsequente, isto é, à extração da madeira.

Nesta acepção, o sistema de colheita de árvores com máquinas que possuem estas características técnicas, segundo Moreira et al. (2004), Silva et al. (2007), Fernandes et al. (2010) e Sant'anna (2014) foi relatada no fim da década de 70 e, vem sendo uma das mais utilizadas para a exploração florestal, ademais, avaliadas sob diversos aspectos, dentre estes, os custos envolvidos, que de acordo com Miyajima et al. (2017), de forma abrangente, podem ser definidos como a quantificação econômica dos fatores produtivos. Todavia, uma condição presente no conhecimento dos custos de colheita florestal é a incerteza, devido ao conjunto de fatores envolvidos ou da insuficiência de dados.

Uma das alternativas para analisar estas incertezas, é a simulação pelo Método de Monte Carlo, o qual consente quantificar os riscos envolvidos por meio de distribuições de probabilidades das variáveis de interesse, como exemplo, a partir de dados históricos da operação florestal objeto de estudo. De acordo com Porras (2018) este método caracteriza-se por construir um modelo matemático com base nas amostras de um problema, obtendo desta forma uma resposta probabilística.

Portanto, a simulação pelo método de Monte Carlo envolve a amostragem aleatória de distribuições de probabilidade dentro de um modelo matemático preditivo, sendo um dos métodos numéricos mais versáteis e práticos de aproximação dinâmica, que tem como propósito a análise das incertezas do mundo real por meio do impacto da aleatoriedade das variáveis dependentes (PARRA; ARENAS; COGOLLO, 2015; KABUNGO; JENKINS, 2016; BUHARA; PEHLIVAN, 2019).

Neste contexto, ao considerar os diversos fatores que podem influenciar o custo de produção da derrubada de árvores de *Eucalyptus* sp. e, a possibilidade de o gestor florestal atribuir distribuições de probabilidades a todas as variáveis sob condições de incerteza, objetivou-se uma abordagem estocástica da derrubada de

Eucalyptus sp. com uma máquina autopropelida e cabeçote de corte *feller-buncher* acoplado, em condições operacionais distintas, executando o método de simulação de Monte Carlo, para a análise das incertezas e riscos envolvidos em torno de situações reais.

2 OBJETIVO

Objetivou-se o gerenciamento estocástico dos fatores de risco técnico-econômico da derrubada de árvores de eucalipto com *feller-buncher* em duas condições operacionais por meio do método de simulação de Monte Carlo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Colheita florestal

A colheita florestal é definida por Machado et al. (2014) como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que visa preparar e levar a madeira até o local de transporte, fazendo uso de técnicas e padrões estabelecidos com a finalidade de transformá-la em produto final. Para Arce, Macdonagh e Friedl (2004) a colheita florestal representa a operação final de um ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos mais valiosos constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal.

A modernização do setor de colheita florestal foi alavancada pela expansão da área de florestas plantadas, de maneira que esta se tornasse mais eficiente e econômica. Esse avanço tecnológico, iniciado na década de 1990, foi possível pela abertura do país às importações, permitindo que as empresas nacionais importassem tecnologia estrangeira. Atualmente, têm-se máquinas e equipamentos altamente produtivos e multifuncionais, porém cada vez mais pesados (SZYMCZAK et al., 2014).

De acordo com Pereira, Lopes e Dias (2015), o aperfeiçoamento das técnicas e operações de colheita de madeira torna-se necessário, para o aumento de produtividade e redução dos custos, além da busca por melhorias na qualidade do trabalho e minimização de danos ao meio ambiente, contribuindo, assim, com o desenvolvimento sustentável e competitividade das empresas florestais.

Nas maiores empresas produtoras de madeira do Brasil são utilizadas as mais modernas tecnologias para a colheita florestal. Porém, para dar continuidade ao emprego dessas altas tecnologias, ainda existem certas lacunas que necessitam ser preenchidas e alguns parâmetros que precisam de melhor balizamento, para que se concretize o desenvolvimento sustentável da área (PENNA et al., 2011).

A seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos operacionais de colheita e transporte florestal (MACHADO; LOPES, 2000). Apesar da evolução da colheita de madeira nos últimos anos, o Brasil ocupa a quarta posição entre os países com maior custo de produção, sendo necessária a busca de alternativas, a

exemplo de novos subsistemas, que visem o aumento da produtividade e redução dos custos (SANTOS et al., 2016).

De acordo com Burla et al. (2012) e Leite et al. (2013) a colheita florestal é uma atividade complexa, dada à ocorrência de vários fenômenos climáticos, biológicos, relacionados ao sistema homem-máquina, volume individual por árvore (m^3), declividade do terreno, que podem afetar a produtividade das máquinas e, conseqüentemente, os custos e a produção, portanto, faz-se necessário conhecer em detalhes os efeitos destas variáveis e a partir de então planejar as atividades mecanizadas.

Silva, Sant'anna e Minetti (2003) salientam que existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, segundo a espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto, condições gerais da área de colheita. Para Linfati-Medina, Pradenas-Rojas e Ferland (2016) devido a alta complexidade e combinações de possíveis soluções na tomada de decisão, na colheita florestal, o problema do planejamento estratégico continua a ser um grande desafio para as organizações.

Um dos maiores desafios com que se deparam os gestores na realização do planejamento da produção florestal se refere às questões logísticas das operações de colheita. Uma das fases mais importantes do planejamento da produção florestal se refere ao agendamento espacial da colheita. A alocação adequada das máquinas florestais na área possibilita a obtenção de um manejo florestal satisfatório, conciliando os aspectos econômicos e ambientais destas operações (AUGUSTYNCZIK; ARCE; SILVA, 2015).

3.2 Mecanização da colheita florestal

De acordo com Schettino, Minette e Souza (2015), a mecanização das atividades de colheita florestal tornou-se imperiosa para a sua sustentabilidade, buscando ganhos de produtividade e redução de custos operacionais. Simões, lamonti e Fenner (2010), ressaltam que a evolução da mecanização da colheita florestal foi intensificada, desencadeando um processo contínuo de avaliação dos rendimentos operacionais e de estimativa dos custos, haja vista que essa etapa depende de elevado percentual dos custos de produção de florestas comerciais.

A mecanização planejada no setor florestal contribui significativamente para maximizar retornos em geral, atendendo aos critérios das certificadoras, que são afetados, principalmente, pela etapa de colheita florestal (LEITE et al., 2014). Contudo, segundo Simões, Fenner e Esperancini (2010) a aquisição de máquinas empregadas na colheita florestal despende de alto investimento financeiro, o que implica na necessidade de avaliações que possibilitem definir com maior precisão, qual será a máquina ou o conjunto mais preconizado para a racionalização dessa operação.

Segundo Sampietro, Lopes e Reichert (2015), o processo de mecanização do setor florestal possibilitou uma evolução significativa na produtividade, na redução de custos e na melhoria da qualidade das operações florestais. Nessa perspectiva LeDOUX (2010) ressalta que a tendência de aumento da mecanização foi atribuída à necessidade de se preocupar com a produtividade, segurança, questões ambientais e custos, além do fluxo constante de madeira durante todo o ano ser imperativo para gerar receitas, cobrir custos e obter lucros.

Embora as máquinas florestais apresentem custos de aquisição elevados, a sua utilização é justificada pela maior eficiência operacional, baixo contingente de mão-de-obra, menores índices de acidentes, além de permitir maior controle dos custos e elevada produtividade, o que reduz significativamente os custos por unidade produzida (VIEIRA et al., 2016; LEONELLO; GONÇALVES; FENNER, 2012).

Para Simões e Fenner (2010), a realização de estudos sobre as variáveis que influenciam a produtividade de colheita florestal mecanizada é imperativa, pois visam a minimização dos custos e a otimização operacional. Assim, a identificação dessas variáveis pode ser realizada por estudos específicos que possibilitem estimar a produtividade, a qual resultará em subsídios para avaliação mais precisa do processo de produção. Conforme Santos et al. (2016b) a avaliação econômica de máquinas e equipamentos é uma ferramenta importante na determinação da rentabilidade da atividade florestal.

3.3 *Feller-buncher*

Entre as máquinas mais utilizadas na exploração florestal se encontram os *feller-bunchers* (MOREIRA et al., 2004). O *feller-buncher* é o trator que corta,

acumula e tomba/bascula um feixe de árvores acumuladas no cabeçote. O procedimento de corte consiste em fixar a árvore e, em seguida fazer o corte no nível do solo. Após o corte é acionado o braço acumulador, firmando uma ou mais árvores no cabeçote, reabrindo as garras e acionando o mecanismo de corte para nova operação, até atingir a capacidade de carga (LIMA; LEITE, 2014).

O surgimento do *feller-buncher* no Brasil é relatado no fim da década de 70, quando, com base em modelos de máquinas americanas, a empresa Olinkraft desenvolveu um equipamento de corte acionado por uma bomba hidráulica que, ligada ao motor de uma máquina base, acionava duas lamina em forma de tesoura, efetuando, desta maneira, o corte da árvore (SANT'ANNA, 2014). Para Silva, Fenner e Cataneo (2007), especificamente o *feller-buncher*, tem sido avaliado sob diversos aspectos, em diversas partes do mundo, com objetivos diversos, como, por exemplo, avaliar a produtividade, necessidade de manutenção mecânica e eletrônica, danos às árvores remanescentes e ao solo, entre outros.

Segundo Fernandes et al. (2010) o sistema de colheita conhecido como sistema *full-tree*, predominante nos países da América do Norte, utiliza um conjunto mecanizado composto pelo *feller-buncher* e *skidder*, sendo o *feller-buncher* um trator florestal de esteira ou pneus, com cabeçote que realiza o corte e o agrupamento das árvores em feixes, preparando-as para os tratores *skidders* efetuarem o deslocamento dos feixes até as margens da estrada ou pátio temporário.

Akay, Erdas e Sessions (2004) verificaram que o *feller-buncher* é o equipamento que apresenta maior produtividade e menor custo de produção dentro de um sistema de colheita de madeira, sendo diretamente influenciado pelo volume individual e pela quantidade de árvores por área, além disso, o aumento da quantidade de árvores por área aumenta a produtividade, pois resulta na diminuição do tempo gasto com deslocamento.

A colheita com o *feller-buncher* é indicado para operações em declividades inferiores a 30 % e, para árvores com diâmetros entre 30 e 70 cm, além disso, permite o corte de derrubada perto do nível do solo, que conseqüentemente aumenta a eficiência operacional das atividades de extração e silviculturais, ou seja, tocos com altura baixa propiciam benefícios operacionais e econômicos superiores quando comparados com tocos com altura alta em relação ao nível do solo (HAN; RENZIE, 2005).

Segundo Fernandes et al. (2009), os melhores resultados do sistema de árvores inteiras, em geral, foram registrados quando as máquinas trabalharam na floresta de eucalipto com produtividade de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, que resultou numa produtividade da máquina de $40,84 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$. Nascimento et al. (2011) avaliaram a derrubada com *feller-buncher* em duas posições distintas de tombamento (45° e 90°), em ambas, a produtividade de trabalho da máquina foi de aproximadamente 347 árvores por hora efetiva ou $48,8 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$. Já Fernandes et al. (2011) estudaram a derrubada em diferentes produtividades de floresta, 100, 200 e $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo que, a produtividade da máquina foi de 13,81; 23,67 e $40,84 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$ respectivamente, ou seja, a produtividade da máquina foi diretamente proporcional à produtividade da floresta.

Oliveira Júnior, Seixas e Batista (2009) analisaram a produtividade do *feller-buncher* em padrões diferentes de topografia e produtividades de floresta, em áreas acidentadas, para as classes de 0–6, 7–11, 12–18 e 19–27 graus de declividade, respectivamente, os resultados obtidos para a floresta de $165 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ foram 65,9; 65,5; 41,6 e $35,5 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$ e para a floresta com produtividade de $224 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ foram de 95,5; 71,8; 65,7 e $47,5 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$. Em áreas planas, para as florestas de 264, 200 e $164 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ os resultados respectivamente foram 116,19; 67,57 e $55,35 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$. Nas áreas com maior inclinação do terreno pode reduzir pela metade a produtividade quando comparada em terreno plano.

Em análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás, Fiedler, Rocha e Lopes (2008), obtiveram para o *feller-buncher* a produtividade média de $47,3 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$, os principais fatores que influenciaram no tempo do ciclo operacional e na produtividade do *feller-buncher* são a distância de deslocamento e o volume de madeira das árvores.

Rocha et al. (2009) estudaram a produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras numa floresta de eucalipto de 8 anos e os resultados encontrados para o *feller-buncher* foi de $47,3 \text{ m}^3 \text{ he}^{-1}$, neste estudo, por meio da análise de regressão descobriram que o volume do feixe de madeira influencia na produtividade. Minette et al. (2008) salientam que o elemento que gastou mais tempo durante a operação de *feller-buncher* foi o corte; o qual consumiu 53% do tempo do ciclo operacional, sendo que este tempo variava de acordo com o modo de produção dos operadores da máquina, fato devido alguns operadores preferiam acumular um maior número de árvores.

Um aspecto importante ao empregar o *feller-buncher* é o aspecto biótico. Nesse sentido, Freitas et al. (2011) constataram atenuação dos danos ambientais em relação à floresta do entorno, a qual foi proporcionada pela melhor eficiência no direcionamento de queda das árvores. Em relação ao aspecto antrópico, verificaram retração na oferta de empregos pela substituição do corte semimecanizado pelo mecanizado, porém houve também alterações positivas, principalmente em relação aos fatores salários e qualificação profissional.

3.4 Custos de colheita florestal

Dentre as atividades florestais a colheita é a operação que gera maior custo à madeira posta na fábrica compreendendo as atividades de corte, extração e carregamento da madeira nos veículos de transporte. Esta atividade é geralmente realizada de forma mecanizada com intuito de aumentar o rendimento e assim reduzir os custos de produção (SANTOS et al., 2016a).

De acordo com Oliveira et al. (2017), devido a grande representatividade da colheita florestal no custo da madeira posto em fábrica e no custo final do produto, todas as operações que compõem este processo devem ser planejadas em todos os aspectos da produção, tornando-se primordial para o crescimento das empresas florestais. Para Spinelli, Wardb e Owendec (2009) e Magalhães e Katz (2010) a colheita foi mecanizada na maioria das grandes empresas florestais brasileiras e a utilização de equipamentos de alta tecnologia, aumentou o rendimento operacional, a segurança no trabalho, reduziu os custos, contudo, estes estão entre os mais competitivos do mundo, pois segundo Castro et al. (2017) é a mais dispendiosa em termos de custo de produção.

Várias são as metodologias de cálculo econômico-financeiro das máquinas de colheita florestal e podem variar de acordo com o tipo de máquina, fabricante ou empresa. Basicamente, no cálculo de custos de máquinas, considera-se o somatório do custo fixo e do custo variável (SILVA et al., 2014). O controle da produção e dos custos operacionais é essencial para a organização de uma empresa, que influenciará diretamente sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão de obra e da máquina (MACHADO, 1984).

No entendimento de Speidel (1966) e Malinovski et al. (2006) o custo de colheita florestal é inversamente proporcional à produtividade das operações de

colheita, sendo que estes custos são representados pela soma de todos os valores consumidos no processo produtivo. Santos et al. (2017) salientam que antes da realização de qualquer análise financeira é necessário que os custos sejam calculados, estes devem permitir além do planejamento e controle do uso de máquinas a comparação entre diferentes alternativas de investimento.

Fiedler et al. (2017) afirmam que a atividade de colheita florestal deve ser planejada juntamente com uma logística da máquina e a otimização do corte sequencial, buscando obter a menor distância do transporte para a unidade cortada, o que pode resultar em custos mais baixos com a atividade e também aumentar a produtividade do sistema de colheita florestal. Segundo Carmo et al. (2015) é de suma importância verificar o melhor sistema de colheita que resulte no menor custo por volume produzido, levando-se em consideração as condições do terreno, a finalidade de uso da madeira e os recursos financeiros disponíveis na execução das atividades.

A mecanização das atividades de produção de madeira tornou-se fundamental para a sustentabilidade dos negócios florestais. O objetivo foi minimizar os custos de produção, diminuir a dependência do trabalho, aumentar a produtividade, reduzir as taxas de acidentes de trabalho e danos ao ambiente, além de garantir um fluxo contínuo de suprimento de madeira às unidades consumidoras (SCHETTINO et al., 2017).

3.5 Análise de risco operacional-econômico

Segundo Fernandes (2012) a ideia de risco, de forma mais específica, está diretamente associada às probabilidades de ocorrência de determinados resultados em relação a um valor médio esperado. É um conceito voltado para o futuro, revelando uma possibilidade de perda. Para Mendonça et al. (2009) todos os projetos de investimento, independente do setor ou de seu prazo de duração, estão sujeitos ao risco e à incerteza, inerentes a uma economia de mercado, a análise de risco é de fundamental importância no processo de tomada de decisão.

Em um contexto geral, risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um evento adverso específico sobre saúde humana, bens materiais ou o meio ambiente, como consequência da exposição a um "perigo" que podem se materializar por meio de um evento acidental. Análise de risco significa o uso de

informações disponíveis para identificar riscos existentes e estimar o nível de risco presente (HERRERA-GALÁN, 2017).

Após a identificação dos riscos, estes devem ser analisados de acordo com a sua probabilidade de ocorrência e seu impacto nos objetivos do projeto. A análise dos riscos tem como objetivo priorizar as respostas, uma vez que dificilmente o projeto tem tempo, dinheiro e recurso para responder a todos os riscos (VARGAS, 2016). A análise de riscos permite a identificação de fatores que podem afetar o sucesso de um projeto, e ainda, a probabilidade desses fatores assumirem valores que possam prejudicar, total ou parcialmente, o projeto, e as consequências destes fatores assumirem aqueles valores em particular (ALENCAR; SCHMITZ, 2010).

Segundo Castro, Peixoto e Rio (2005) a análise de risco compreende a identificação de perigos e pressupõe uma quantificação ou qualificação dos seus efeitos para a coletividade em termos de prejuízos materiais e imateriais. Para Oliveira e Cunha (2015) a análise de risco tem como fim fornecer informações científicas para a tomada de decisão. A análise de risco contribui para as organizações por permitir elaborar os fundamentos das melhores decisões no planejamento de investimentos e oferece uma posição estratégica em relação à incerteza contextual (CLEMENTE; ALMEIDA-FILHO, 2015).

A análise de risco permite determinar a probabilidade dos retornos (TIMOFEICZYK JUNIOR et al., 2016). Do ponto de vista acadêmico, é notável uma maior quantidade de estudos na área de análise de riscos financeiros voltados à tomada de decisão entre projetos internos das empresas (ETGES; SOUZA, 2016). Identificar, medir e organizar opções para controle dos riscos é o chamado gerenciamento de riscos (KERZNER, 2002). Uma das preocupações mais evidentes de executivos e profissionais envolvidos com projetos, principalmente diante da crise financeira que assolou o mundo em 2008, foi, sem dúvida, sobre a eficácia do gerenciamento de riscos (RABECHINI JUNIOR; CARVALHO, 2013).

A aplicação de simulações é uma técnica de análise de riscos em que os acontecimentos futuros prováveis são simulados em computador, gerando taxas de retorno e índice de riscos estimados (BORDEAUX-REGO et al., 2013). Para realizar análises de risco pode ser utilizada a simulação de Monte Carlo, desenvolvendo modelos de possíveis resultados, substituindo uma gama de valores, na forma de uma distribuição de probabilidade, por qualquer fator em um projeto que tenha incerteza inerente (JOUBERT; PRETORIUS, 2017).

3.6 Método de Monte Carlo

A utilização de métodos matemáticos e estatísticos pode auxiliar gestores a lidar com dificuldades do processo de tomada de decisão no ambiente de negócios. Algumas dessas decisões estão relacionadas à otimização da utilização da capacidade produtiva visando a obtenção de melhores resultados econômicos para a empresa (SARAIVA JÚNIOR; TABOSA; COSTA, 2010).

Para Parra, Arenas e Cogollo (2015) o método de Monte Carlo é um dos métodos numéricos mais versáteis e amplamente utilizados para lidar com aleatoriedade. O poder da modelagem de simulação de Monte Carlo nos permite incluir mais complexidade no modelo matemático determinista ao incorporar o impacto da aleatoriedade nas variáveis dependentes. O método de Monte Carlo, também conhecido como simulação de Monte Carlo, consiste basicamente na geração de números aleatórios associados a técnicas probabilísticas, utilizado para solução de problemas não convencionais, cuja solução por métodos determinísticos seria muito trabalhosa, quando não inviável (MACHADO; FERREIRA, 2012).

É o método mais utilizado quando o modelo é complexo, ou não linear, ou quando envolve parâmetros de risco. É possível analisar riscos indiretos associados ao projeto, além de servir como auxílio durante a análise de viabilidade econômica de projetos de investimentos (RITTER et al., 2014), pois os cenários de riscos exemplificados pelo método de Monte Carlo tornam possível melhorar a tomada de decisão nas organizações frente às contingências (SABBAG; COSTA, 2015). De acordo com Carvalho et al. (2016) o método de Monte Carlo é utilizado para a determinação da probabilidade aproximada de um evento específico resultante de uma série de processos estocásticos, assumindo que a distribuição estatística dos parâmetros de entrada é conhecida.

Conforme Correia Neto, Moura e Forte (2002) o método de Monte Carlo é uma forma de se efetuarem projeções econômico-financeira considerando o risco, pois esse método gera números aleatórios para as receitas previstas, baseados em premissas adotadas. Para Reis e Armond (2008) é uma técnica que usa geração de números aleatórios para simular a realidade, assim, pode prever situações com base em modelos estatísticos e evitar surpresas quando do investimento em um novo negócio. A simulação de Monte Carlo possibilita a geração de cenários a partir da geração de variáveis aleatórias aderentes à uma distribuição de probabilidade

estabelecida. Por seu caráter genérico, pode ser utilizada em qualquer estudo que pretenda simular cenários (BECK; ANZANELLO; KAHMANN, 2015).

Segundo Coelho, Armellini e Morales (2017) este método fornece resultados satisfatórios, uma vez que está associado à geração de dados numéricos aleatórios para a obtenção de valores deterministicamente difíceis de definir. Foi amplamente utilizado na resolução de vários modelos em que uma resolução analítica não pode ser encontrada. Conforme Ross et al. (2015) a simulação de Monte Carlo é mais uma tentativa de dar forma a incerteza do mundo real. Essa abordagem tem o nome de um famoso casino europeu, pois analisa projetos da forma que se poderia analisar estratégias de jogo. Para Rodríguez e Salgado (2017) é um dos métodos numéricos que permitem a solução de diferentes tipos de problemas por meio de probabilísticas modelos de sistemas e a simulação de variáveis aleatórias.

Para Coelho Júnior et al. (2008) o uso do método de Monte Carlo se destaca como uma ferramenta poderosa e útil para reduzir o risco no processo de tomada de decisões econômicas, devido a facilidade de utilização, e por fornecer várias alternativas de previsão da distribuição de probabilidades para a tomada de decisão, destacando-se, assim, dentro das teorias de simulação. Outra vantagem é a possibilidade de aplicações em problemas de tomada de decisão, nas quais o comportamento de um ou mais fatores (variáveis envolvidas com o problema) são de natureza determinística (SARAIVA JUNIOR; RODRIGUES; COSTA, 2009).

As simulações de Monte Carlo fornecem um dos métodos mais práticos de aproximação da dinâmica e das incertezas do mundo real (KABUNGO; JENKINS, 2016). Permite que a incerteza do projeto seja quantificada levando em consideração o tempo que leva para realizar cada tarefa em relação aos fatores de tempo sobrepostos (GALVEZ; ORDIERES; CAPUZ-RIZO, 2015). O método de simulação de Monte Carlo é um processo que usa em cada simulação um conjunto particular de valores de variáveis aleatórias geradas artificialmente de acordo com a distribuição de probabilidade que está sendo analisada (MARENGO; ARREGUÍN; ROMERO, 2010).

3.7 Séries históricas

Uma série histórica é uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico (LATORRE; CARDOSO, 2001). As séries históricas são conjuntos de medidas de uma mesma grandeza, relativas a vários períodos consecutivos (DOWNING; CLARK, 2006). De acordo com Freitas, Cortela e Ferreira (2017), a série histórica é uma sequência de dados quantitativos relativos a momentos específicos e estudados segundo sua distribuição no tempo, deve referir-se a um período de tempo suficiente para possibilitar ao pesquisador a percepção da tendência do evento, o período é determinado pela disponibilidade dos dados, e não pelo pesquisador.

As características básicas da série histórica podem ser capturadas por modelos estocásticos (MACEIRA; PENNA; DAMÁZIO, 2006). A qualidade estatística das estimativas baseadas na série histórica é proporcional ao tamanho da amostra utilizada. Quanto maior o tamanho da amostra maior a confiança estatística na estimativa (VARGA, 2001).

De acordo com Pinheiro (2013) nos processos estocásticos, as séries são definidas em estacionárias ou não estacionárias. No último caso, os valores aleatórios são independentes e, identicamente, distribuídos com distribuição normal de média igual a zero e com variância constante. O estudo de séries históricas justifica-se pelo fato de que, em diversas áreas do conhecimento, é possível entender os fatores que exercem influência sobre o comportamento dos componentes de uma série, como por exemplo, tendências, variações cíclicas, variações sazonais e variações irregulares. Dessa maneira, identificar as ocorrências que alteram o padrão de uma série é importante para estabelecer estratégias de ação e tomada de decisão (NORONHA; SOUZA; ZANINI, 2016).

3.8 Distribuições de probabilidades

Conforme Said (2016) sob condições de incerteza, os gerentes apreciam e preferem a informação que tem previsibilidade dentro de um intervalo em vez de uma estimativa pontual. Para Pittenger et al. (2012), uma distribuição de probabilidade é um “modelo matemático que relaciona o valor da variável com a probabilidade de ocorrência desse valor na população. De acordo com Qian, Stow e

Cha (2015) uma distribuição de probabilidade é usada para descrever o que nós sabemos sobre o parâmetro. Resume nosso conhecimento antes de observarmos os dados.

De acordo com Gallab et al. (2016) a distribuição PERT é uma distribuição contínua delimitada em ambos os lados. Sendo uma distribuição alternativa ao Triangular, tem os mesmos três insumos, mínimo, mais provável e máximo, mas é uma curva suave que coloca menos ênfase em valores extremos. A distribuição PERT é frequentemente usada em análise de risco. Para Mun (2011) é uma versão da distribuição Beta e costuma apresentar uma assimetria à direita, pois estima valores próximos aos mais prováveis.

A distribuição PERT possui vários recursos úteis quando usada como uma distribuição de amostragem na simulação de Monte Carlo; pode ser prontamente mudada, de uma maneira controlada, de uma distribuição que é simétrica para uma que é altamente distorcida; pode ser usado para fornecer um ajuste próximo às distribuições Normal ou Log-normal quando for necessário; os limites finitos podem ser modificados sistematicamente (BENKE; LOWELL; HAMILTON, 2008). Battke et al. (2013) afirmam que a distribuição PERT pode ser usada para os parâmetros de entrada estocásticos, é explicitamente recomendada para ser usada para modelar estimativas de especialistas, pois é menos sensível a valores extremos.

A distribuição Triangular permite uma boa flexibilidade quanto ao grau de assimetria, permitindo uma característica positiva para a estimação subjetiva da distribuição (CASTRO et al., 2007). É apropriada nos casos em que é possível determinar o valor mais provável da variável aleatória, o seu valor mínimo, o máximo, e quando uma função linear parece apropriada para a descrição da distribuição dos valores dos erros das variáveis (ASSIS et al., 2006).

Bressan (2002) afirma que a distribuição Triangular é usada, mais comumente, quando o objetivo é obter uma aproximação na ausência de dados, a qual permite ajustar uma distribuição mais adequada, ou quando se conhece apenas os valores mais prováveis, mínimo e máximo da variável, mas não se conhece muito sobre a distribuição empírica dos dados. Para Gottschalk, Scholz e Nowack (2010) é usado se o resultado mais provável for vagamente conhecido, fornece uma avaliação menos evidente da incerteza e do desvio padrão, como a distribuição uniforme.

Timo e Acácio (2012) afirmam que o problema de distribuições assimétricas é tratado na estatística clássica e a mais conhecida das distribuições assimétricas é a distribuição Log-normal. Conforme Oikawa e Ishiki (2013) na distribuição Log-normal é considerada que a distribuição de variáveis aleatórias tem a propriedade em que os logaritmos dos seus valores sejam normalmente distribuídos. A distribuição Beta é muito flexível, podendo assumir várias formas para uma ampla faixa de distribuições (SCOLFORO, 1998). Para a estimativa dos valores de ocorrência de probabilidade, através da distribuição Beta, a equação deve ser adimensionalizada para um intervalo compreendido entre [0 e 1] (MARQUES JÚNIOR et al., 1995).

De acordo com El-Zaart (2010) a distribuição Gamma é uma distribuição estatística que pode modelar modos simétricos e não simétricos. Pascoa, Ortega e Cordeiro (2011) afirmam que este modelo possui capacidade de modelar funções de taxa de falha monótona e não monótona, que são bastante comuns na análise e confiabilidade de dados ao longo da vida. É o modelo mais popular para analisar dados distorcidos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O estudo foi realizado a partir da série de dados históricos da derrubada de *Eucalyptus* sp. em corte raso, implantadas a partir de mudas clonais. A idade média do plantio era de $6,65 \pm 1,45$ anos, altura média de $25,73 \pm 3,55$ m e o incremento médio anual de $54,55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e, a produtividade média das florestas era de $349,32 \text{ m}^3$ com casca por hectare.

As áreas ponderadas no estudo estavam localizadas na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo. De acordo com Santos et al. (2018b) as áreas possuíam unidades de solos, predominantemente do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, Distrófico Psamítico. Além disso, tinha classe de relevo plano, isto é, declividades que variaram entre 0 e 3 %, obtidas por meio do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (2018).

Os dados ponderados compreenderam o período de derrubada de *Eucalyptus* sp. entre os meses de julho de 2011 e agosto de 2016, caracterizando uma série histórica. Assim, a área total colhida foi de 1.096,20 hectares, que resultou em 466.954,74 metros cúbicos de madeira derrubada em duas áreas com condições operacionais distintas, caracterizadas em consonância ao volume médio individual (VMI) e a densidade populacional, descritas como:

Área 1: espaçamento de três metros entre linhas de plantio e dois metros entre árvores, com número médio de 1.487 árvores, isto é, 89% de sobrevivência e, VMI de $0,22 \text{ m}^3$;

Área 2: espaçamento de três metros entre linhas de plantio e dois metros e meio entre árvores, com sobrevivência média de 1.318 árvores, logo, 99% de sobrevivência e, VMI de $0,28 \text{ m}^3$.

4.2 Análise técnica

4.2.1 Operação de derrubada de *Eucalyptus* sp.

A operação de derrubada foi realizada por uma máquina autopropelida da marca John Deere, modelo 903 k, com potência nominal de 224 hp, com rodados de esteira, com cabeçote de corte *feller-buncher* modelo FR22B, para capacidade de corte de 558,8 mm e capacidade de acúmulo de 0,48 m² e com alcance máximo do braço de 6,71 m.

O eito de operação da máquina autopropelida foi composto por quatro linhas de plantio, com o deslocamento sobre a terceira linha e com os rodados nas entrelinhas. O direcionamento dos feixes foi com vistas a permitir o aumento da produtividade por hora efetiva da operação seguinte após a derrubada, ou seja, da operação de extração dos feixes das árvores de *Eucalyptus* sp. até as margens das estradas florestais.

4.2.2 Produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida

O volume de madeira foi obtido por meio da quantidade de árvores de *Eucalyptus* sp. derrubadas, mensuradas a partir do sistema de registro diário de operação do *feller-buncher*, o qual possuía um contador digital de pulsos, da marca Autonics, modelo LCD LA8N-BN. Isto posto, esta quantidade foi multiplicada pelo VMI, obtido por meio do inventário pré-corte.

Em relação a quantidade de horas efetiva da máquina autopropelida (Equação 1), foram ponderados os tempos despendidos com a operação fim, ou seja, com a derrubada e disposição dos feixes das árvores, aferidos diariamente por meio do sistema de controle da empresa de base florestal. Portanto, a quantidade de horas operacionais paradas decorrentes de acidentes, atrasos com transporte de pessoal, instruções de segurança e treinamento, condições climáticas adversas, manutenções preditivas, manutenções preventivas, manutenções corretivas, deslocamento para abastecimento de combustível e deslocamento entre talhões, e necessidades fisiológicas, não foram consideradas para o cômputo das horas efetivamente trabalhadas.

A produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida foi determinada pela razão entre o volume de madeira derrubada e a quantidade de horas efetivas de operação (Equação 1).

$$PHM = \frac{V_{mad}}{h} \quad (1)$$

em que:

PHM é a produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida ($m^3 PHM^{-1}$);

V_{mad} é o volume de madeira derrubada ($m^3 h^{-1}$);

h é a quantidade de horas efetivas da operação (h).

4.3 Análise econômica

Os valores monetários foram expressos em dólar comercial americano (US\$), oficial do Banco Central do Brasil a preço de venda (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018). Logo, considerou-se como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira medido em unidades e frações da moeda nacional, que era de R\$ 3,3237 em 31/03/2018.

4.3.1 Custo por hora programada da máquina autopropelida

O custo por hora programada da máquina autopropelida foi determinado considerando o custo real histórico corrigido, portanto, utilizou-se dados reais já registrados, com atualização monetária pautada no Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI). Esta forma de custeio, compreendeu o custo contábil (depreciação), despesas e gastos demandados para a operação de derrubada de *Eucalyptus sp.*, estruturados em elementos de custo (EC) da seguinte forma:

Custo da mão de obra dos operadores (M_{ope}): despesas com os operadores da máquina autopropelida, ou seja, foram inclusos os valores monetários com equipamentos de proteção individual, refeições, transporte, plano de saúde, benefícios e encargos sociais;

Custo da mão de obra dos supervisores (M_{sup}): despesas com os supervisores e encarregados florestais, que pondera os valores monetários com

equipamentos de proteção individual, refeições, transporte, plano de saúde, benefícios e encargos sociais;

Depreciação econômica (C_{dep}): despesa demandada para recuperar o capital aplicado para aquisição da máquina autopropelida, considerando cotas lineares;

Custo com lubrificantes (C_{lub}): foram compostos pelos gastos com óleo de motor, óleo hidráulico e graxas utilizados na máquina autopropelida;

Custo com oficina móvel (C_{ofi}): foram formados pelos custos diretos e indiretos despendidos com caminhão oficina, que era utilizado para reparos e manutenções a campo;

Custo com combustível (C_{com}): gasto com óleo diesel consumido pela máquina autopropelida;

Custo de reposição de peças (C_{pec}): gastos com filtros, peças, recuperação de componentes hidráulicos utilizados nas manutenções preventivas e corretivas da máquina autopropelida;

Custo de reparos e manutenções (C_{rem}): foram formados pelos gastos com terceiros (mão de obra e reformas realizadas na máquina autopropelida).

4.3.2 Custo de produção da máquina autopropelida

O custo de produção da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus sp.* demonstra a razão entre o custo por hora programada e a produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida (Equação 2).

$$CPM = \frac{CHP}{PHM} \quad (2)$$

em que:

CPM é o custo de produção da máquina autopropelida (US\$ m⁻³);

CHP é o custo por hora programada da máquina autopropelida (US\$ CHP⁻¹).

4.4 Relação linear entre os elementos de custo e o custo por hora programada da máquina autopropelida

Para analisar o grau de interdependência linear das variáveis quantitativas discretas, isto é, a associação linear entre os EC e o CHP, empregou-se o coeficiente de correlação linear de *Pearson*, denotado por r , e de acordo com Triola

(2015) o valor de r está sempre entre -1 e 1. Diante disso, o coeficiente de correlação linear foi interpretado em consonância à Sullivan (2017), descrito como: relação linear perfeita positiva ($\rho = 1$), relação linear forte positiva ($0,9 \leq \rho < 1$), relação linear moderada positiva ($0,4 \leq \rho < 0,9$), relação linear forte negativa ($\rho = -1$), relação linear forte negativa ($-0,9 \leq \rho < -1$), relação linear moderada negativa ($-0,4 \leq \rho < -0,9$).

4.5 Incorporação do risco técnico-econômico

O método de Monte Carlo foi utilizado aos modelos matemáticos para incorporar soluções estocásticas, com 100.000 iterações, assegurando a convergência dos dados para uma distribuição normal, realizadas por meio do software @Risk 7.6 Copyright © 2018 (PALISADE CORPORATION, 2018). O gerador de números pseudoaleatórios empregado foi o *Mersenne Twister*, outrossim, manteve-se o mesmo parâmetro inicial para o modelo executado. As variáveis de entrada do modelo (*inputs*), consideradas como variáveis estocásticas após as atribuições de probabilidades, foram: M_{ope} , M_{sup} , C_{dep} , C_{lub} , C_{ofi} , C_{com} , C_{pec} , C_{rem} , quantidade de horas efetivas de operação e o volume de madeira derrubada.

A partir da série dos valores históricos destes *inputs*, foi adotado o teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS), ao nível de 1% de significância para verificar a normalidade dos dados. Posteriormente, foram ajustadas distribuições de probabilidade pelo critério de seleção *Bayes Information Criterium* (BIC) e, por conseguinte, foram construídos os modelos estocásticos para expressar o CHP, a PHM e o CPM de derrubada de *Eucalyptus sp.* com máquina autopropelida e cabeçote *feller-buncher* acoplado, caracterizados como *outputs*.

E por fim, com vistas a mensurar o coeficiente de correlação entre os *inputs* e *outputs*, isto é, entre a variável de saída e as amostras para cada variável de entrada, adotou-se o coeficiente de correlação de postos de *Spearman* (ρ_s) devido a estas variáveis possuírem relações não lineares, e sobretudo, de acordo Rachev et al. (2010) em finanças, particularmente em análise de riscos, é importante ter uma medida de dependência que se concentre apenas no comportamento de duas variáveis. Além disso, considerou-se o nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise da relação linear dos elementos de custo

Ao sopesar a derrubada em plantios de *Eucalyptus sp.* na Área 1 (Tabela 1), constatou-se correlação linear moderada positiva entre o C_{ofi} e C_{dep} ($\rho = 0,89$), demonstrando que a vida útil econômica do ativo determinada pela empresa pode aumentar os dispêndios monetários para a realização das manutenções, seguido do C_{rem} e o C_{com} ($\rho = 0,88$) evidenciando que ao decorrer da vida útil econômica ocorreu um aumento dos valores monetários demandados com reparos e manutenções e do consumo de combustível, e entre a C_{dep} e o M_{ope} ($\rho = 0,80$). Apesar destas correlações não apresentarem significância estatística, estas variáveis, podem influenciar positivamente o CHP. Neste contexto, devem-se adotadas ações mitigadoras para a redução dos valores monetários do CHP.

Não obstante, há uma correlação negativa forte entre o C_{rem} e o C_{lub} ($\rho = -0,98$), contudo, não é estaticamente significativa. Além disso, também há uma correlação moderada negativa ($\rho = -0,82$) entre o C_{lub} e o C_{ofi} , as quais apresentaram significância estatística ($\rho < 0,05$), corroborando que a lubrificação preditiva dos componentes mecânicos e hidráulicos da máquina autopropelida podem diminuir os dispêndios com a oficina móvel, utilizada como apoio às operações de colheita florestal.

Tabela 1 - Coeficiente da correlação linear de Pearson para os elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 1

EC	M _{ope}	M _{sup}	C _{dep}	C _{lub}	C _{ofi}	C _{com}	C _{pec}	C _{rem}
M _{ope}	1							
M _{sup}	0,68 ^{ns}	1						
C _{dep}	0,80 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1					
C _{lub}	-0,43 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,72 ^{ns}	1				
C _{ofi}	0,77 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,89 [*]	-0,82 [*]	1			
C _{com}	0,42 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1		
C _{pec}	-0,27 ^{ns}	0,44 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1	
C _{rem}	0,25 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,47 ^{ns}	-0,98 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1

* - significativo a 5%; ns - não significativo.

Ao analisar a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 2 (Tabela 2), constatou-se que o maior grau de correlação linear positiva foi entre o C_{rem} e o C_{pec}, o qual é considerado moderado ($\rho = 0,78$), com significância estatística ($\rho < 0,05$), fato que pode ser explicado devido à necessidade da substituição de peças. Verificou-se também que houve uma correlação moderada entre o C_{ofi} e o C_{dep} ($\rho = 0,75$), corroborando que ao decorrer da vida útil econômica a máquina autopropelida demandou maiores gastos para a realização das manutenções corretivas, e entre o C_{dep} e o M_{sup} ($\rho = 0,65$), estatisticamente significativas ($\rho < 0,01$). O C_{pec} e o C_{com} apresentaram uma correlação positiva de 0,52 considerada fraca com $\rho < 0,05$.

Por conseguinte, ao analisar os demais EC da máquina em operação na Área 2, constatou-se que os valores da correlação linear menores do que 0,50, definindo-os como correlações fracas ou até mesmo ínfimos, demais, não foram estatisticamente significativos.

Tabela 2 - Coeficiente da correlação linear de Pearson para os elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 2

EC	M _{ope}	M _{sup}	C _{dep}	C _{lub}	C _{ofi}	C _{com}	C _{pec}	C _{rem}
M _{ope}	1							
M _{sup}	0,47 ^{ns}	1						
C _{dep}	0,34 ^{ns}	0,65 ^{**}	1					
C _{lub}	0,02 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	1				
C _{ofi}	0,38 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,75 ^{**}	-0,21 ^{ns}	1			
C _{com}	0,16 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,42 ^{ns}	0,50 [*]	-0,24 ^{ns}	1		
C _{pec}	0,30 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,52 [*]	1	
C _{rem}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,78 ^{**}	1

** e * - significativos a 1 e 5%, respectivamente; ns - não significativo

5.2 Ajuste das distribuições de probabilidades dos elementos de custo

Quanto aos ajustes das distribuições de probabilidades dos EC na Área 1, 75% dos EC, isto é, C_{lub}, C_{ofi}, C_{pec}, M_{ope} e M_{sup} (Tabela 3) obtiveram os melhores ajustes por meio do modelo de distribuição Triangular, caracterizada por valores mínimo, máximo e mais provável para cada EC. De acordo com Nguyen e McLachlan (2016a) e Nguyen e McLachlan (2016b) as distribuições triangulares são uma classe de probabilidades bem conhecida e frequentemente utilizadas, além disso, de acordo Glickman e Xu (2008) com é uma maneira de envolver os gerentes ou especialistas no processo analítico, considerando suas estimativas subjetivas dos valores mínimos, mais prováveis e máximos das variáveis aleatórias distribuídas triangularmente.

Para os demais EC desta condição de operação (C_{com} e C_{dep}), as distribuições ajustadas foram a PERT, que também confere aos gestores florestais a atribuição dos valores mínimo, máximo e provável aos EC. Conforme Kamiya et al. (2016) a distribuição PERT é comumente usada para aproximar a distribuição em torno do valor médio com valores mínimos e máximos obtidos a partir da opinião de especialistas. No entendimento de Ghorabae et al. (2017) esta é uma distribuição

flexível para modelar as opiniões de especialistas e, pode ser vista como uma versão suave da distribuição uniforme ou da distribuição Triangular.

Sob esta perspectiva, se não houverem séries de dados que permitam os ajustes das distribuições, pode ser aplicada de forma empírica esta distribuição aos EC, pautando-se na em valores que poderão ser expressos por meio da opinião dos especialistas, isto é, pelos gestores florestais.

Tabela 3 - Ajuste das distribuições de probabilidades dos componentes do custo operacional horário da máquina autopropelida durante a derrubada de árvores de *Eucalyptus* sp. na Área 1

Componentes do custo operacional horário	Distribuição	Parâmetros	Valores	
			ajustados (US\$ h ⁻¹)	BIC
M _{ope}	Triangular	Mínimo	12.93	318.68
		Máximo	23.49	
		Mais provável	12.93	
M _{sup}	Triangular	Mínimo	2.95	228.79
		Máximo	8.30	
		Mais provável	2.95	
C _{dep}	PERT	Mínimo	0.61	200.51
		Máximo	8.51	
		Mais provável	8.50	
C _{lub}	Triangular	Mínimo	0.86	236.91
		Máximo	6.56	
		Mais provável	0.86	
C _{ofi}	Triangular	Mínimo	1.11	26.77
		Máximo	7.93	
		Mais provável	7.90	
C _{com}	PERT	Mínimo	16.57	325.60
		Máximo	38.48	
		Mais provável	38.45	
C _{pec}	Triangular	Mínimo	10.11	58.16
		Máximo	105.80	
		Mais provável	10.05	
C _{rem}	Triangular	Mínimo	14.31	466.33
		Máximo	51.23	
		Mais provável	14.13	

Ao interpretar os EC da máquina autopropelida durante a derrubada na Área 2, dos oito EC, somente o M_{sup} teve o melhor ajuste por meio da distribuição PERT. De acordo com Jing et al. (2013) os resultados gerados a partir desta distribuição, se assemelham com uma probabilidade realista. Em relação aos demais EC, portanto,

C_{com} , C_{dep} , C_{lub} , C_{ofi} , C_{pec} , C_{rem} e M_{ope} , que representaram 87,5% dos EC (Tabela 4), tiveram os melhores ajustes de distribuições pelo modelo Triangular.

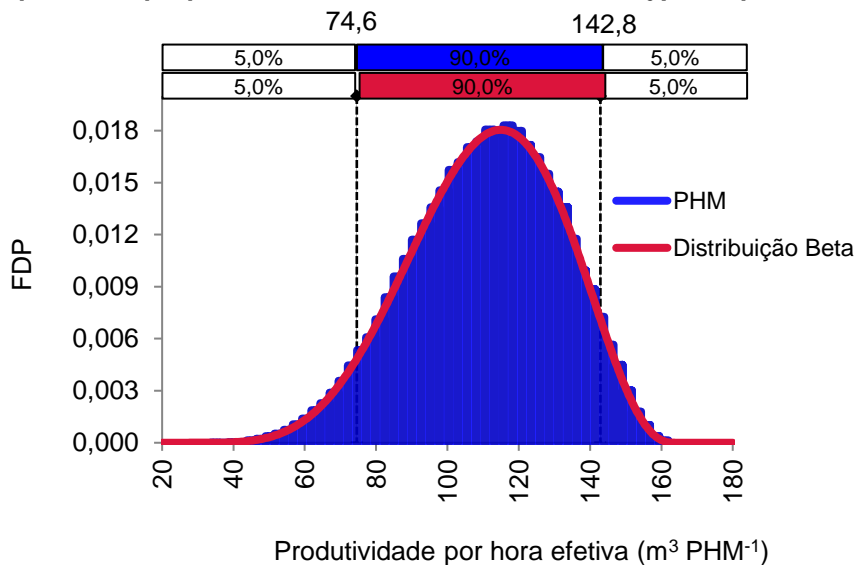
Tabela 4 - Ajuste das distribuições de probabilidades dos componentes do custo operacional horário da máquina autopropelida durante a derrubada de árvores de *Eucalyptus* sp. na Área 2

Componentes do custo operacional horário	Distribuição	Parâmetros	Valores	BIC
			ajustados (US\$ h ⁻¹)	
M_{ope}	Triangular	Mínimo	14.14	910.77
		Máximo	26.23	
		Mais provável	14.13	
M_{sup}	PERT	Mínimo	4.04	658.16
		Máximo	14.80	
		Mais provável	4.03	
C_{dep}	Triangular	Mínimo	5.68	620.91
		Máximo	10.94	
		Mais provável	6.65	
C_{lub}	Triangular	Mínimo	3.70	695.85
		Máximo	7.20	
		Mais provável	2.16	
C_{ofi}	Triangular	Mínimo	3.77	644.58
		Máximo	9.60	
		Mais provável	3.77	
C_{com}	Triangular	Mínimo	29.27	955.11
		Máximo	42.51	
		Mais provável	29.27	
C_{pec}	Triangular	Mínimo	26.17	1,669.09
		Máximo	119.81	
		Mais provável	26.17	
C_{rem}	Triangular	Mínimo	4.75	898.34
		Máximo	54.15	
		Mais provável	4.75	

5.3 Análise estocástica da produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida

Ao decompor a PHM, foi possível demonstrar que para a Área 1, o pressuposto de normalidade foi rejeitado ($KS=0,0296$). A distribuição de probabilidade ajustada foi a Beta ($BIC=886.910,52$), com assimetria fraca e negativa e, com cauda mais longa à esquerda ($A=0,10$) e grau de curtose platicúrtica ($K=4,13$) em torno do valor médio, indicando segundo Miguel et al. (2014) a tendência de maior concentração dos dados em relação ao ponto central (Figura 1).

Figura 1 - Função densidade de probabilidade (FDP) da produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 1

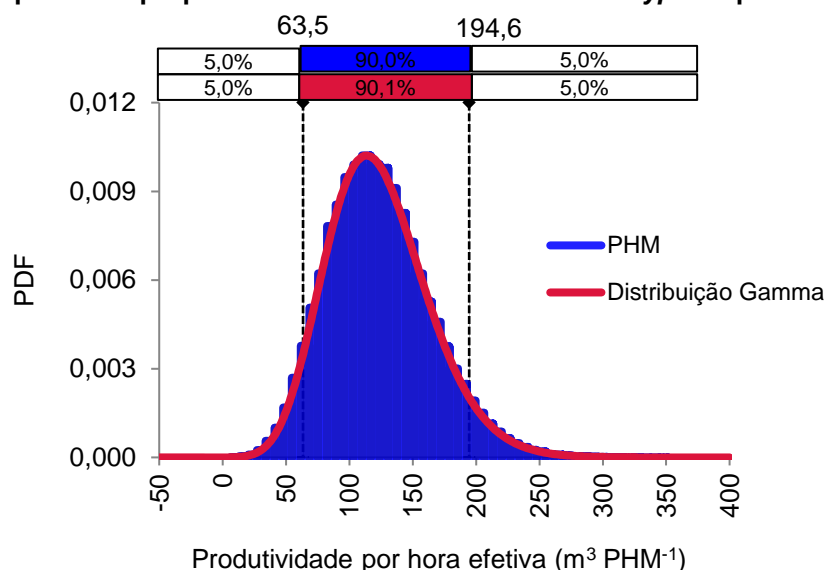


Assim, o valor médio da PHM foi $109,78 \text{ m}^3 \text{ PHM}^{-1}$ e desvio padrão de $20,96 \text{ m}^3 \text{ PHM}^{-1}$, sendo este superior aos resultados obtidos por Simões et al. (2010) os quais analisaram a PHM de um *feller-buncher* em diferentes condições de trabalho, contudo, em plantios com espaçamentos de $3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ e, obtiveram produtividades que variaram entre $70,03 \text{ m}^3 \text{ PHM}^{-1}$ e $91,60 \text{ m}^3 \text{ PHM}^{-1}$.

Em observação a PHM durante na Área 2 rejeitou-se a hipótese nula de que os valores seguem uma distribuição normal ($KS=0,0190$), a qual tem uma curva simétrica em torno da média, conseguinte, apresentou assimetria fraca e positiva, contudo, com cauda mais longa à direita ($A=0,47$) conforme a Figura 2 e, grau de curtose platicúrtica ($K=3,38$). Logo, o melhor ajuste para os valores observados foi a

distribuição Gamma (BIC=1.017.362,50) com valor médio de 123,52 m³ PHM⁻¹ e desvio padrão de 39,80 m³ PHM⁻¹.

Figura 2 - Função densidade de probabilidade (FDP) da produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 2



Todavia Mauya et al. (2011), Alam, Acuna e Brown (2013), Miyajima et al. (2016), Acosta et al. (2017) e Bilici, Akay e Abbas (2018) ao avaliarem a colheita florestal com máquinas com cabeçote de corte *feller-buncher*, obtiveram em seus estudos PHM que variaram entre 80 e 158 m³ PHM⁻¹. Contudo, esta variabilidade entre os valores da PHM pode ser explicada por diversas razões, como características técnicas da máquina autopropelida e do cabeçote de corte florestal, ângulo de disposição dos feixes, tempo de experiência profissional dos operadores da máquina autopropelida, condições do terreno, espécie, volume individual das árvores, índice de mortalidade de plantio florestal, dentre outros, que justificam o monitoramento constante da produtividade por hora efetiva, com vistas à otimização da operação.

Ao comparar a diferença do valor médio da PHM (13,74 m³ PHM⁻¹) de derrubada de *Eucalyptus* sp. nas Área 1 e Área 2, esta pode ser explicada devido ao VMI, que Área 2 o VMI era de 0,28 m³, o qual foi maior quando comparado a Área 1, que obteve um VMI de 0,22 m³. A influência do VMI sobre a produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida com cabeçote de corte *feller-buncher* também foi confirmada por estudos realizados por Fernandes et al. (2009) e Fiedler et al. (2008).

A correlação de postos de *Spearman* é um teste não paramétrico, que permite avaliar a associação não linear entre duas variáveis, a partir de dados de uma amostra aleatória. Deste modo, ao testar a associação entre o V_{mad} e a PHM em plantios na Área 1, constatou-se que existe uma correlação não linear forte positiva ($\rho_S = 0,94$) e, uma correlação não linear fraca negativa ($\rho_S = -0,31$) entre o tempo dispendido para a operação e a PHM.

Para a derrubada de *Eucalyptus sp.* na Área 2, verificou-se a existência de uma correlação não linear moderada positiva ($\rho_S = 0,78$) entre o V_{mad} e a PHM e, uma correlação não linear moderada negativa ($\rho_S = -0,56$) entre o tempo efetivo dispendido e a PHM. Estas correlações não lineares, corroboram para ambas as áreas experimentais, que a quantidade de horas máquina autopropelida trabalhada é a variável estocástica que mais influenciam a produtividade por hora da máquina autopropelida.

5.4 Análise estocástica do custo por hora programada da máquina autopropelida

Para a análise estocástica do CHP em ambas as áreas experimentais, foram utilizados os valores dos coeficientes de correlação linear de *Pearson* entre os EC, descritos anteriormente por meio das matrizes de correlações (Tabela 1 e Tabela 2). Portanto, na simulação de Monte Carlo foram adicionados os coeficientes de correlação entre os EC devido às suas dependências, dado que, os valores da distribuição de um *input* afetam os valores da distribuição de outro *input* do CHP.

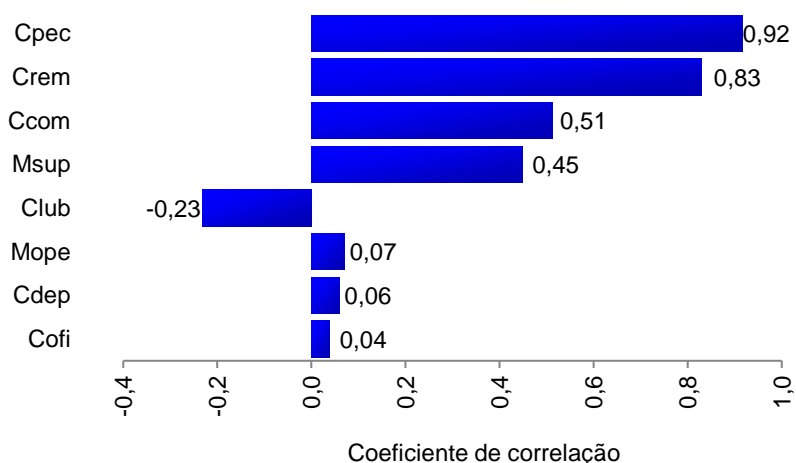
Neste sentido, ao analisar o CHP na Área 1, constatou-se que os valores não seguem a uma distribuição normal ($KS=0,0284$). Ademais, a distribuição de probabilidade que melhor se ajustou foi a Beta ($BIC=955,775.21$) a qual resultou em assimetria fraca e positiva ($A=0,47$), com cauda mais longa à direita e, grau de curtose platicúrtica ($K=2,51$), caracterizada pelo valor médio de 140.18 US\$ CHP^{-1} e desvio padrão de 30.15 US\$ CHP^{-1} .

Ao expressar as classificações das associações dos EC, ficou evidente que o C_{pec} possui uma correlação não linear forte positiva com o CHP ($\rho_S = 0,92$), isto é, quanto maior o dispêndio monetário com peças, maior será o CHP, além disto, o C_{pec} exerceu uma influência de 85,39% sobre a variação do valor médio do CHP. Ainda sob este prisma, o C_{rem} também apresenta uma correlação não linear

moderada positiva com o CHP ($\rho_s = 0,83$), provocando um impacto de 11,49% sobre o valor médio do CHP.

Apesar do C_{lub} apresentar um grau de correlação que pode ser considerado fraco, ressalta-se que este é negativo (Figura 3), isto é, um aumento dos gastos monetários com lubrificantes poderá diminuir o custo por hora programada, o que indica que a lubrificação preventiva e preditiva da máquina autopropelida poderá proporcionar uma redução dos gastos com reposição de peças e gastos com reparos e manutenções.

Figura 3 - Coeficiente de correlação de postos de Spearman dos elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus sp.* na Área 1



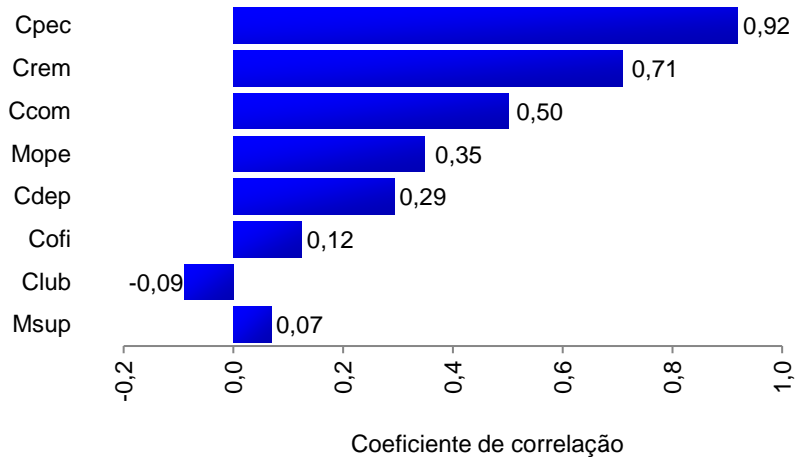
Em relação ao CHP na Área 2, comprovou-se que os valores não seguem a uma distribuição normal ($KS=0,0161$). Além disto, a distribuição de probabilidade ajustada que ($BIC=964,827.49$) foi a Beta ($BIC=964,827.49$), com assimetria fraca e positiva ($A=0,49$) e com cauda mais longa à direita, e grau de curtose platicúrtica ($K=2,57$). O valor médio foi $152.76 \text{ US\$ CHP}^{-1}$ com desvio padrão de $31.92 \text{ US\$ CHP}^{-1}$.

É possível observar na Figura 4 que existe uma correlação positiva forte ($\rho_s = 0,92$) do C_{pec} com o CHP, de outra forma, este EC contribui 85,17% para a variância do valor médio CHP. Outro EC que também contribuiu para variância (11,62%) do valor médio do CHP foi o C_{rem} que apresentou uma correlação positiva, contudo, considerada moderada ($\rho_s = 0,71$).

A relação não linear C_{lub} com o CHP também teve um comportamento análogo em plantios de *Eucalyptus sp.* na Área 1, ou seja, a tendência dos *inputs* é

mover-se na direção oposta, pois a correlação não linear foi negativa (Figura 4), ainda que, caracterizada como fraca.

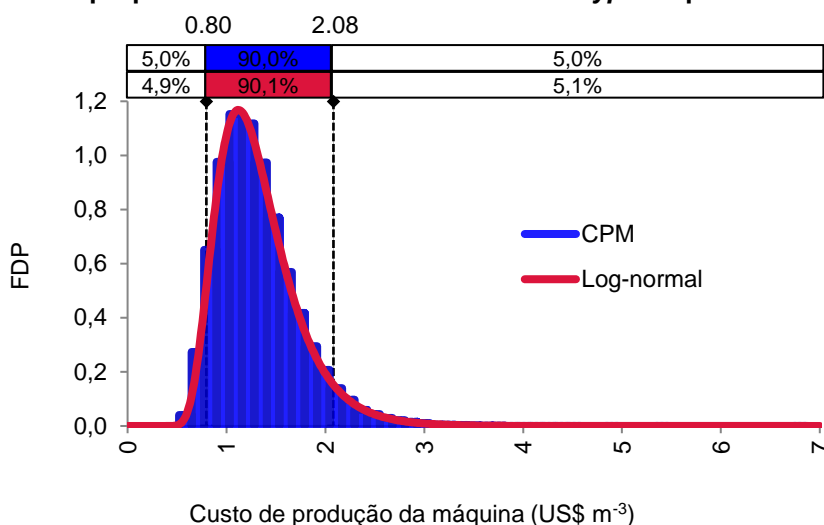
Figura 4 - Coeficiente de correlação de postos de Spearman dos elementos de custo da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 2



5.5 Análise estocástica do custo de produção da máquina autopropelida

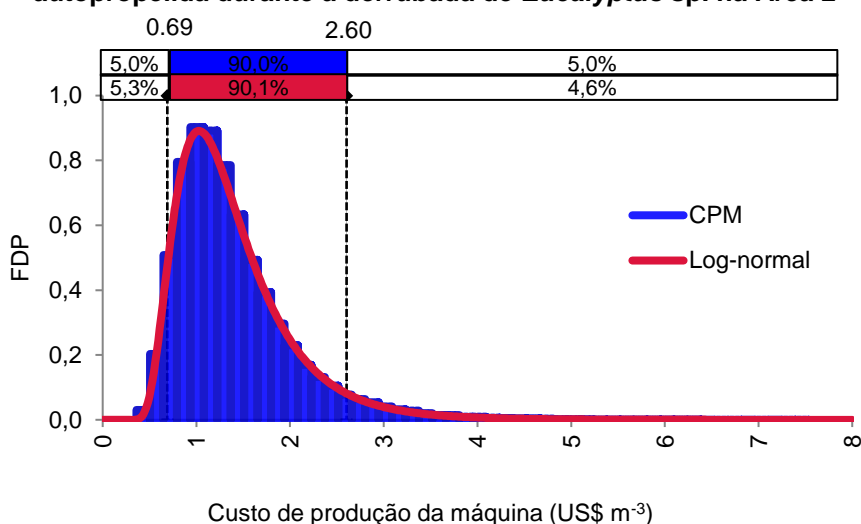
O estudo pormenorizado do CPM na Área 1, aferiu que o pressuposto de normalidade foi rejeitado ($KS=0,0018$). A despeito, o melhor ajuste para os dados observados (Figura 5) foi a distribuição Log-normal ($BIC=84,171.98$) com assimetria fraca e positiva ($A=1,26$) e com cauda mais longa à direita e grau de curtose platicúrtica ($K=6,86$). Ainda, o valor médio do CPM foi $1.32 \text{ US\$ m}^{-3}$ e desvio padrão $0.41 \text{ US\$ m}^{-3}$ e, notou-se, que a variância do valor médio do CPM (46,86%) foi explicada pela PHM.

Figura 5 - Função densidade de probabilidade (FDP) do custo de produção da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 1



Com referência ao CPM na Área 2, constatou-se que a hipótese de normalidade dos dados foi rejeitada ($KS=0,0109$). Pautado no BIC, observou-se que o melhor ajuste da distribuição de probabilidade foi a Log-normal ($BIC=219,308.06$), a qual permitiu a modelagem assimétrica dos dados (Figura 6), pois resultou em uma assimetria fraca e positiva com cauda mais longa a direita ($A=1,81$) e com grau de curtose platicúrtica ($K=8,44$), sendo o valor médio do CPM de $1.39 \text{ US\$ m}^{-3}$ com desvio padrão de $0.63 \text{ US\$ m}^{-3}$ e, em termos de variância do valor médio (45,26%) explicada pela PHM.

Figura 6 - Função densidade de probabilidade (FDP) do custo de produção da máquina autopropelida durante a derrubada de *Eucalyptus* sp. na Área 2



À vista disso, constatou-se que o custo de produção da máquina autopropelida com cabeçote de corte *feller-buncher* em florestas plantadas com *Eucalyptus sp.* em espaçamento de três metros entre linhas de plantio e dois metros entre árvores apresenta um custo de produção inferior (0.07 US\$ m⁻³) quando comparado ao custo de produção da máquina autopropelida em florestas plantadas com *Eucalyptus sp.* com espaçamento de três metros entre linhas de plantio e dois metros e meio entre árvores. Este fato pode ser explicado pela densidade populacional, quer dizer, em florestas plantadas com menor quantidade de árvores, tem-se um maior volume médio individual, contudo, há um aumento de interrupções operacionais devido aos desgastes das peças mecânicas e hidráulicas, resultante da intensificação mecânica demandada para executar os elementos do ciclo operacional, como exemplo, cortar e derrubar as árvores.

Ao colacionar o valor médio do CPM obtido para ambas as áreas experimentais (1.35 US\$ m⁻³) de forma empírica com os custos de produção de 0.72 US\$ m⁻³, 0.71 US\$ m⁻³, 0.75 US\$ m⁻³ e 0.58 US\$ m⁻³, concomitantemente, determinados por Simões et al. (2014) Pereira et al. (2015), Santos et al. (2018a) e Simões et al. (2018) a partir de estimativas dos valores técnico-econômico para a obtenção do custo por hora programada da máquina autopropelida realizadas por estes autores, pode ser assumida diferenças dos valores monetários.

No entanto, estas diferenças não representam equívocos, visto que as distintas possibilidades de cálculo do custo por hora programada da máquina autopropelida não são totalmente precisas e podem apresentar disparidades. À vista disso, o método de custeio a ser empregado deve estar em consonância aos centros de custos das empresas de base florestal, visando a determinação dos custos de produção próximos às condições realistas.

6 CONCLUSÕES

Os valores monetários demandados para a substituição de peças da máquina autopropelida com cabeçote de corte *feller-buncher* possui o maior grau de associação com o custo por hora programada, descrevendo uma forte relação positiva.

Há uma relação não linear forte negativa entre os valores monetários necessários para a aquisição de óleos lubrificantes e graxas e, entre o custo por hora programada, evidenciando que quanto maior o investimento em lubrificação menor será o custo por hora programada da máquina autopropelida.

O valor médio do custo de produção para a derrubada de *Eucalyptus sp.* é explicado por 46% em termos de variância da produtividade por hora efetiva da máquina autopropelida com cabeçote de corte *feller-buncher*.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, F. C.; LAROCCA, J. V. S.; SANTOS, O. I. V.; SILVA, J. P. P. Productividad y costo del corte de árboles com feller buncher en plantaciones de Eucalyptus. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 3, p. 218-223, maio/jun. 2017. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/4176/3664>>. Acesso em: 12 out. 2017.
- AKAY, A.E.; ERDAS, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. **Journal of applied Sciences**, Dubai, v. 4, n. 1, p. 100-105, 2004. Disponível em: <<http://www.docsdrive.com/pdfs/ansinet/jas/2004/100-105.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2016.
- ALAM, M.; ACUNA, M.; BROWN, M. Self-levelling feller-buncher productivity based on Lidar-derived slope. **Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering**, v. 34, n. 2, p. 273-281, jun. 2013. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=172652>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A. **Análise de Risco em Gerência de Projetos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.
- ARCE, J. E.; MACDONAGH P.; FRIEDL R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 383-391, abr. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rarv/v28n2/20985.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2018.
- ASSIS, J. P.; DOURADO NETO, D. D.; NASS, L. L.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; MARTIN, T. N. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 3, p. 539-543, mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2006000300024&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 13 out. 2016.
- AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; ARCE, J. E.; SILVA, A. C. L. Planejamento espacial da colheita considerando áreas máximas operacionais. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p. 649-655, nov. 2015. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/1115/876>>. Acesso em: 7 jul. 2017.
- BANCO CENTRAL do BRASIL. **Conversão de moedas**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>>. Acesso em: 01 maio 2018.
- BATTKE, B.; SCHMIDT, T. S.; GROSSPIETSCH, D.; HOFFMANN, V. H. A review and probabilistic model of lifecycle costs of stationary batteries in multiple applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 240-250, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211300275X>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

BECK, T.; ANZANELLO, M. J.; KAHMANN, A. Análise da gestão de estoques utilizando simulação de Monte Carlo. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 11, n. 4, p. 190-207, set. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/2967/2476>>. Acesso em: 9 maio 2017.

BENKE, K. K.; LOWELL, K. E.; HAMILTON, A. J. Parameter uncertainty, sensitivity analysis and prediction error in a water-balance hydrological model. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 47, n. 11-12, p. 1134-1149, jun. 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717707002373>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

BILICI, E.; AKAY, A. E.; ABBAS, D. Assessing the effects of site factors on the productivity of a feller buncher: a time and motion analysis. **Journal of Forestry Research**, p. 1-8, maio 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-018-0696-4>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

BORDEAUX-REGO, R.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. A.; ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

BRESSAN, G. **Modelagem e simulação de sistemas computacionais**: abordagem sistemática de modelagem e análise de desempenho de sistemas. São Paulo: Larc-PCS/Epusp: 2002.

BUHARA, O.; PEHLIVAN, S. Monte Carlo simulation of reasons for early failure of implants: effects of two risk factors. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, Edinburgh, v. 57, ed. 1, p. 12–20, jan. 2019. Disponível em: <[https://www.bjoms.com/article/S0266-4356\(18\)30641-7/fulltext](https://www.bjoms.com/article/S0266-4356(18)30641-7/fulltext)>. Acesso em: 24 fev. 2019.

BURLA, E. R.; FERNANDES, H. C.; MACHADO, C. C.; LEITE, D. M.; FERNANDES, P. S. Avaliação técnica e econômica do harvester em diferentes condições operacionais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 20, n. 5, p. 412-422, set./out. 2012. Disponível em: <<https://reveng.ufv.br/index.php/reveng/article/view/202/231>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

CARMO, F. C. A.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Otimização do uso do trator florestal forwarder em função da produtividade, custos e capacidade de carga. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p. 561-566, maio/jun. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v39n3/0100-6762-rarv-39-03-0561.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2017.

CARVALHO, H. P.; ARMIGLIATO, A.; ALMEIDA, L. L.; CORREIA, A. R.; MUSIS, C. R. Análise probabilística de colisões veiculares pelo método de Monte Carlo. **Revista Brasileira de Criminalística**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p. 46-50, mar. 2016. Disponível em:

<http://rbc.org.br/ojs/index.php/rbc/article/view/111/pdf_48>. Acesso em: 3 nov. 2016.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 11-30, dez. 2005. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6292/4889>>. Acesso em: 8 out. 2017.

CASTRO, M. B.; AMARAL, E. J.; GOMIDE, L. R., ÁVILA, P. A.; NASCIMENTO, F. B. Efeito da largura do eito de derrubada pelo harvester na operação de colheita. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 466-478, jun. 2017. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2017a/agrар/Efeito%20da%20largura.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

CASTRO, R. R.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, M. L. R. Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, set. 2007. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/637/537>>. Acesso em: 5 maio 2018.

CLEMENTE, T. R. N.; ALMEIDA-FILHO, A. T. An approach to financial risk in a portfolio for planning the industrial production of products derived from sugarcane. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 3, p. 599-615, set. /dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382015000300599&script=sci_arttext>. Acesso em: 6 jun. 2017.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D.; COIMBRA, L. A. B.; SOUZA, Á. N. Análise de investimento de um sistema agroflorestral sob situação de risco. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 368-378, out. /dez. 2008. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/649/548>>. Acesso em: 4 out. 2018.

COELHO, P. H. S. L.; ARMELLINI, V. A. D.; MORALES, A. R. Assessment of Percolation Threshold Simulation for Individual and Hybrid Nanocomposites of Carbon Nanotubes and Carbon Black. **Materials Research**, São Carlos, SP, v. 20, n. 6, p. 1638-1649, nov. /dez. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-14392017000601638&script=sci_arttext>. Acesso em: 1 ago. 2018.

CORREIA NETO, J. F.; MOURA, H. J.; FORTE, S. H. A. C. Modelo prático de previsão de fluxo de caixa operacional para empresas comerciais considerando os efeitos de risco, através do método de Monte Carlo. **REAd-Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 1-23, maio/jun. 2002. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/read/article/view/44231/27782>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

DOWNING, D; CLARK, J. **Estatística Aplicada**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

EL-ZAART, A. Images thresholding using ISODATA technique with gamma distribution. **Pattern Recognition and Image Analysis**, v. 20, n. 1, p. 29-41, 2010.

Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1134/S1054661810010037>>.
Acesso em: 4 mar. 2019.

ETGES, A. P. B. S.; SOUZA, J. S. Estruturação de uma metodologia para análise do risco financeiro envolvido em empreendimentos imobiliários. **Revista ESPACIOS**, Caracas, v. 37, n. 9, p. 22, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370922.html>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

FERNANDES, H. C.; BRITO, A. B.; MINETTI, L. J.; SANTOS, N. T.; RINALDI, P. C. N. Avaliação ergonômica da cabine de um trator florestal. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 307-314, maio/jun. 2010. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/viewFile/3749/1575>>. Acesso em: 9 maio 2016.

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**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 225-232, set. 2009. Disponível em: <<http://ipef.br/publicacoes/scientia/nr83/cap01.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; RINALDI, P. C. N.; FERNANDES, P. S. Avaliação técnica e econômica de um “feller-buncher” operando em diferentes produtividades. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 210-218, maio/jun. 2011. Disponível em: <<https://reveng.ufv.br/index.php/reveng/article/view/308/164>>. Acesso em: 15 set. 2018.

FERNANDES, L. M. Retorno financeiro e risco de preço da cultura do feijão irrigado via pivô central na região noroeste de Minas Gerais. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 41-53, jan. /fev. 2012. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/ie/2012/tec4-0112.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2016.

FIEDLER, N. C.; CARMO, F. C. A.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Operational analysis of mechanical cut-to-length forest harvesting system. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 41, n. 3, p. 1-8, ago. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v41n3/0100-6762-rarv-41-03-e410301.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

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**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 577-586, out. /dez. 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/13153/8900>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

FREITAS, B. H. B. M.; CORTELA, D. C. B.; FERREIRA, S. M. B. Trend of leprosy in individuals under the age of 15 in Mato Grosso (Brazil), 2001-2013. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 51, p. 1-9, abr. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-

89102017000100226&lng=en&nrm=iso&tlng=en&ORIGINALLANG=en>. Acesso em: 19 nov. 2018.

FREITAS, L. C.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; SILVA, M. L.; LEITE, A. M. P.; FERNANDES, H. C. Avaliação ambiental do processo de inovação tecnológica na colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 329-339, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n2/a17v35n2.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

GALLAB, M.; BOULOIZ, H.; TKIOUAT, M.; GARBOLINO, E.; ELKILANI, M. A. Simulation of Failure Scenarios related to Maintenance Activities. **International Journal of Applied Engineering Research**, Rohini, v. 11, n. 24, p. 11935-11949, 2016. Disponível em: <<https://www.ripublication.com/Volume/ijaerv11n24.htm>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

GALVEZ, E. D.; ORDIERES, J. B.; CAPUZ-RIZO, S. F. Evaluation of project duration uncertainty using the dependency structure matrix and Monte Carlo simulations. **Revista de la Construcción. Journal of Construction**, Santiago, v. 14, n. 2, p. 72-79, ago. 2015. Disponível em: <<http://revistadelaconstruccion.uc.cl/index.php/rdlc/article/view/538/109>>. Acesso em: 12 maio 2017.

GHORABAE, M. K.; AMIRI, M.; ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; ANTUCHEVICIENE, J. A new hybrid simulation-based assignment approach for evaluating airlines with multiple service quality criteria. **Journal of Air Transport Management**, v. 63, p. 45-60, ago. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699717301229>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

GLICKMAN, T. S.; XU, F. The distribution of the product of two triangular random variables. **Statistics & Probability Letters**, Amsterdam, 78, n. 16, p. 2821-2826, 2008.

GOTTSCHALK, F.; SCHOLZ, R. W.; NOWACK, B. Probabilistic material flow modeling for assessing the environmental exposure to compounds: Methodology and an application to engineered nano-TiO₂ particles. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, p. 320-332, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815209002394>>. Acesso em: 3 abr. 2016.

HAN, H. S.; RENZIE, C. Effect of ground slope, stump diameter, and species on stump height for feller-buncher and chainsaw felling. **International Journal of Forest Engineering**, Abingdon, v. 16, n. 2, p. 81-88, jul. 2005. Disponível em: <<https://journals.lib.unb.ca/index.php/IJFE/article/view/9826>>. Acesso em: 8 set. 2017.

HERRERA-GALÁN, M. Aplicación de la gestión de riesgo a equipos y sistemas productivos. **Dyna**, Medellín, v. 84, n. 202, p. 247-254, jul. /set. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v84n202/0012-7353-dyna-84-202-00247.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

IGC - Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo. Produtos. Disponível em: <<http://www.igc.sp.gov.br/servicos/index.html>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

JING, L.; CHEN, B.; ZHANG, B.; LI, P.; ZHENG, J. Monte Carlo simulation-aided analytic hierarchy process approach: Case study of assessing preferred non-point-source pollution control best management practices. **JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING© ASCE**, v. 139, n. 5, p. 618-626, maio 2013. Disponível em: <[https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000673](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000673)>. Acesso em: 27 nov. 2018.

JOUBERT, F. J.; PRETORIUS, L. Using Monte Carlo simulation to create a ranked check list of risks in a portfolio of railway construction projects. **South African Journal of Industrial Engineering**, Pretoria, v. 28, n. 2, p. 133-148, ago. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S2224-78902017000200012&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 23 maio 2018.

KABUNGO, A. M.; JENKINS, G. P. Contract farming risks: A quantitative assessment. **South African Journal of Economic and Management Sciences**, Pretoria, v. 19, n. 1, p. 35-52, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S2222-34362016000100003&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: 3 mar. 2017.

KAMIYA, H.; CHO, B. H.; MESSONNIER, M. L.; CLARK, T. A.; LIANG, J. L. Impact and cost-effectiveness of a second tetanus toxoid, reduced diphtheria toxoid, and acellular pertussis (Tdap) vaccine dose to prevent pertussis in the United States. **Vaccine**, v. 34, n. 15, p. 1832-1838, abr. 2016. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0264410X16001699/1-s2.0-S0264410X16001699-main.pdf?_tid=1ebf7f76-0d5c-431b-b1c2-a189272be529&acdnat=1543667352_da1e0a9374e1af78bec9ba04f9a3d0a9>. Acesso em: 30 nov. 2018.

KERZNER, H. **Gestão de Projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 4, p. 145-152, nov. 2001. Disponível em: <<https://www.scielosp.org/article/rbepid/2001.v4n3/145-152/pt/>>. Acesso em: 6 jul. 2017.

LeDOUX, C. B. **Mechanized systems for harvesting eastern hardwoods**. Newtown Square: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2010.

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem técnica e de custos do harvester no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 205-215,

jun. 2013. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr98/cap06.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

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**, Viçosa, MG, v. 38, n. 1, p. 000-000, nov. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v38n1/09.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2016.

LEONELLO, E. C.; GONÇALVES, S. P.; FENNER, P. T. Efeito do tempo de experiência de operadores de harvester no rendimento operacional. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1129-1133, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n6/13.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. cap. 1, p. 46-73.

LINFATI-MEDINA, R.; PRADENAS-ROJAS, L.; FERLAND, J. Planificación agregada en la cosecha forestal: Un modelo de programación matemática y solución. **Maderas. Ciencia y tecnología**, Concepción, v. 18, n. 4, p. 555-566, jun. 2016. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2016000400004&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 7 jul. 2018.

MACEIRA, M. E. P.; PENNA, D. D. J.; DAMÁZIO, J. M. Geração de cenários sintéticos de energia e vazão para o planejamento da operação energética. **CADERNOS DO IME – Série Estatística**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 11-35, dez. 2006. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadest/article/view/15760/1193>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

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**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/509/437>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

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

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; CASTRO, G. P. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG, Editora UFV, 2014. cap. 1, p. 15-45.

MACHADO, N. R. S.; FERREIRA, A. O. Método de simulação de Monte Carlo em planilha Excel: desenvolvimento de uma ferramenta versátil para análise quantitativa de riscos em gestão de projetos. **Revista de Ciências Gerenciais**, Londrina, v. 16, n. 23, p. 223-244, nov. 2012. Disponível em: <<http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/rcger/article/view/2032/1933>>. Acesso em: 10 out. 2017.

MAGALHÃES, P. A. D.; KATZ, I. Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita florestal com harvester em uma indústria madeireira.

Tékhnē e Lógos, Botucatu, v. 2, n. 1, p.72-91, out. 2010. Disponível em:

<<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/view/89/50>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

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. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 169-182, maio/ago. 2006. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/viewFile/6459/4650>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

MARENGO, H.; ARREGUÍN, F. I.; ROMERO, I. Evaluación de riesgos en proyectos hidráulicos de ingeniería: Incertidumbres y confiabilidad. **Tecnología y ciencias del agua**, Jiutepec, v. 1, n. 4, p. 5-35, out. /dez. 2010. Disponível em:

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222010000400001>. Acesso em: 23 nov. 2017.

MARQUES JÚNIOR, S. M.; VALADÃO, L. T.; VIEIRA, A. R. R.; MOURA, M. V. T. Análise de dados de vento para a região de Botucatu-SP utilizando a distribuição Beta. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 129-132, maio 1995. Disponível em: <<http://www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/69.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

MAUYA, E. W.; MIGUNGA, G. A.; KWEKA, A. E.; SILAYO, D. A. Productivity and cost analysis of feller buncher at Sao Hill Forest Plantations, Tanzania. **Tanzania Journal of Forestry and Nature Conservation**, v. 81, n. 1, p. 20-29, 2011.

Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/tjnc/article/view/89378>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

MENDONÇA, T. G.; LÍRIO, V. S.; MOURA, A. D.; REIS, B. S.; SILVEIRA, S. F. R.. Avaliação da viabilidade econômica da produção de mamão em sistema convencional e de produção integrada de frutas **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 699-724, out. /dez. 2009. Disponível em:

<<https://ren.emnuvens.com.br/ren/article/view/373/320>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A.; ONO, H. A.; LEAL, U. A. S. Modelagem na predição do volume individual em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 584-598, 2014. Disponível em:

<<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; FREITAS, K. E.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 659-665, abr. 2008. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662008000600014>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MIYAJIMA, R. H.; TONIN, R. P.; FENNER, P. T.; SIMÕES, D. Análise quantitativa do risco técnico-econômico de um trator florestal skidder. **BIOFIX Scientific Journal**. Curitiba, v. 2, n. Especial I MECFOR 2017, p. 6-11, nov. 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/biofix/article/viewFile/56339/33954>>. Acesso em: 18 out. 2018.

MIYAJIMA, R. H.; TONIN, R. P.; PASSOS, J. R. S.; FENNER, P. T. A Influência da declividade do terreno e do tempo de experiência dos operadores no rendimento do feller buncher. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 443-451, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr110/cap17.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

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**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 199-205, abr. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rarv/v28n2/20984.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2018.

MUN, J. **Simulador de Riesgo**. Manual de Usuario en Español. Real Options Valuation, Dublin: 2011.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller buncher. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 9-15, jan. /mar. 2011. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/7/4>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

NGUYEN, H. D.; MCLACHLAN, G. J. Maximum likelihood estimation of triangular and polygonal distributions. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 102, p. 23-36, 2016a. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0167947316300561/1-s2.0-S0167947316300561-main.pdf?_tid=99bdc055-463c-4ad4-9a17-60adc6f56be9&acdnat=1543664477_0d2f79d921d0fa43b1c6c39504e91dc6>. Acesso em: 30 nov. 2018.

NGUYEN, H. D.; MCLACHLAN, G. J. Progress on a conjecture regarding the triangular distribution. **Communications in Statistics-Theory and Methods**, v. 46, n. 22, p. 11261-11271, nov. 2016b. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03610926.2016.1263742>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

NORONHA, M. O.; SOUZA, A. M.; ZANINI, R. R. Aplicação da metodologia Box & Jenkins para modelagem da emissão de Certificados ISO 14001 no Brasil. **Revista ESPACIOS**, Caracas, v. 37, n. 12, p. 28, mar. 2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n12/16371228.html>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

OIKAWA, R. T.; ISHIKI, H. M. Modelos estatísticos e de redes neurais artificiais utilizados na predição de precipitação. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 9, n. 8, p. 19-34, 2013. Disponível em:

<http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/463/489>. Acesso em: 13 fev. 2018

OLIVEIRA JÚNIOR, E. D.; SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Produtividade de feller-buncher em povoamento de eucalipto em relevo acidentado. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 905-912, out. /dez. 2009. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/16327/10799>>. Acesso em: 18 maio 2016.

OLIVEIRA, A. M.; CUNHA, A. C. Análise de risco como medida preventiva de inundações na Amazônia: estudo de caso de enchente de 2000 em Laranjal do Jari-AP, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 37, Ed. Especial SIC, p.110 – 118, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/16224/pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2017.

OLIVEIRA, G. S.; SILVA, M. T. S.; LAMBERT, L.; SOARES, P. R. C.; SAMPIETRO, J. A.; NICOLETTI, M. F. Análise técnica, econômica e da qualidade em primeiro desbaste mecanizado. **Revista ESPACIOS**, Caracas, v. 38, n. 26, p. 5, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n26/a17v38n26p05.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2017.

Palisade Corporation. **Palisade Corporation @Risk for Excel**. v. 7.5.2; Palisade Corporation: Ithaca, NY, USA, 2017.

PARRA, G. G.; ARENAS, A. J.; COGOLLO, M. Analytical-numerical solution of a parabolic diffusion equation under uncertainty conditions using DTM with Monte Carlo simulations. **Ingeniería y Ciencia**, Medellín, v. 11, n. 22, p. 49-72, jul. /dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-91652015000200003&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 4 jul. 2016.

PASCOA, M. A. R.; ORTEGA, E. M. M.; CORDEIRO, G. M. The Kumaraswamy generalized gamma distribution with application in survival analysis. **Statistical methodology**, v. 8, n. 5, p. 411-433, set. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1572312711000323>>. Acesso em: 4 mar. 2019.

PENNA, E. S.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; SILVA, E.; SILVA, E. N. Avaliação ergonômica de modelos de cabos aéreos utilizados na extração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p.565-571, abr. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n3/a19v35n3.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. S. L.; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do feller buncher e skidder na colheita de madeira em diferentes produtividades de povoamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 4, p. 981-989, out. /dez. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaflorestal/article/viewFile/20659/pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

PINHEIRO, C. A. O. Ganhos anormais através das séries históricas de ações de empresas com práticas empresariais corporativas no Brasil. **Revista de Gestão**,

Finanças e Contabilidade, Senhor do Bonfim, v. 3, n. 2, p. 121-133, ago. 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.uneb.br/index.php/financ/article/view/213>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

PITTENGER, D.; GRANSBERG, D. D.; ZAMAN, M.; RIEMER, C. Stochastic life-cycle cost analysis for pavement preservation treatments. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2292, p. 45-51, 2012. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3141/2292-06>>. Acesso em: 12 out. 2017.

PORRAS, A. F. Cálculo de la actividad de una muestra de uranio irradiada por neutrones térmicos para el análisis inicial en protección radiológica usando simulación monte carlo. **MOMENTO**, Bogotá, n. 56, p. 76-86, jan. /jun. 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/momen/n56/0121-4470-momen-56-00076.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

QIAN, S. S.; STOW, C. A.; CHA, Y. Implications of Stein's paradox for environmental standard compliance assessment. **Environmental Science & Technology**, Berkeley, v. 49, n. 10, p. 5913-5920, abr. 2015. Disponível em: <https://ciler.snre.umich.edu/wp-content/uploads/2017/05/Qian-S._et_al-2015.pdf>. Acesso em: 7 maio 2017.

RABECHINI JUNIOR, R.; CARVALHO M. M. Relacionamento entre gerenciamento de risco e sucesso de projetos. **Produção**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 570-581, jul. /set. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2012nahead/aop_t6_0005_0757.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

RACHEV, S. T.; HÖCHSTÖTTER, M.; FABOZZI, F. J.; FOCARDI, S. M. **Probability and statistics for finance**, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 2010. 654 p.

REIS, E. P.; ARMOND, A. C. **Empreendedorismo**. Curitiba: IESDE Brasil, 2008.

RITTER, F.; PANDOLFO, A.; BARCELLOS, L. J. G.; RITTER, S. V. R.; PANDOLFO, L. M.; TAGLIARI, L. D.; BARBACOV, N. E. Utilização do método monte carlo para avaliação econômica de policultivos de jundiás, carpas e tilápias-do-nilo como uma alternativa de modelo de cultivo de peixes para pequenas propriedades. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 14, n. 4, p. 1292-1315, out. /dez. 2014. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/1590/1216>>. Acesso em: 3 set. 2017.

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**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 372-381, jul. /set. 2009. Disponível em: <<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/195/167>>. Acesso em: 18 out. 2018.

RODRÍGUEZ, C. R. B.; SALGADO, R. I. U. Proposal of a bootstrapping methodology to calculate reliability indexes. **Ingeniería y competitividad**, Cali, v. 19, n. 2, p. 107-113, jul. /dez. 2017. Disponível em:

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332017000200107>. Acesso em: 3 fev. 2018.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J.; LAMB, R. **Administração financeira**: versão brasileira de corporate finance 10. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2015.

SABBAG, O. J.; COSTA, S. M. A. L. Análise de custos da produção de leite: aplicação do método de Monte Carlo. **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, RS, v. 22, n. 1, p. 125-145, jan. /mar. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/extensaorural/article/view/14153>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

SAID, H. A. Using Different Probability Distributions for Managerial Accounting Technique: The Cost-Volume-Profit Analysis. **Journal of Business and Accounting**, San Diego, v. 9, n. 1, p. 3, 2016. Disponível em: <<https://search.proquest.com/openview/b0e4f0df77175d6bf785f0ed0b8287fb/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2030636>>. Acesso em: 6 set. 2016.

SAMPIETRO, J. A.; LOPES, E. S.; REICHERT, J. M. Compactação causada pelo tráfego de feller buncher e skidder em um neossolo regolítico sob distintas umidades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 1, p. 239-248, jan. /mar. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaflorestal/article/view/17482>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

SANT'ANNA, C.M. Corte. In. MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG. Editora UFV, 2014. cap. 3, p. 74-105.

SANTOS, D. W. F. N.; FERNANDES, H. C.; VALENTE, D. S. M.; LEITE, E. S. Análise técnica e econômica de dois subsistemas de colheita de madeira de toras curtas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 2, p. 1-6, fev. 2018a. Disponível em: <http://agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v13i2a5516>. Acesso em: set. 2018.

SANTOS, D. W. F. N.; VALENTE, D. S. M.; FERNANDES, H. C.; FORASTIERE, P. R.; SILVA R. M. F. Análise técnica e econômica do harvester operando em dois subsistemas de colheita de madeira. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 24, n. 6, p. 484-490, nov. /dez. 2016. Disponível em: <<https://reveng.ufv.br/index.php/reveng/article/view/725/458>>. Acesso em: 9 set. 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA. 2018b. 356 p.

SANTOS, L. N.; FERNADES, H. C.; SILVA, M. L.; TEIXEIRA, M. M.; SOUZA, A. P. Avaliação de custos da operação de extração da madeira com forwarder. **Cerne**,

Lavras, v. 22, n. 1, p. 27-33, jan. /mar. 2016a. Disponível em:
<<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/1155/901>>. Acesso em:
11 dez. 2016.

SANTOS, L. N.; FERNANDES, H. C.; SILVA, R. M. F.; SILVA, M. L.; SOUZA, A. P. Evaluation of costs of harvester in cut and processing of eucalyptus wood. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 41, n. 5, p. 1-9, abr. 2017. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v41n5/0100-6762-rarv-41-05-e410501.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2018.

SANTOS, L. N.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; SILVA, M. L.; SOUZA, A. P. Economic evaluation of forest harvesting with harvester and forwarder. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 40, n. 6, p. 1077-1082, nov. /dez. 2016b. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v40n6/0100-6762-rarv-40-06-1067.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2018.

SARAIVA JUNIOR, A. F.; RODRIGUES, M. V.; COSTA, R. P. Método de determinação da margem de contribuição de produtos com variabilidade de preços e custos diretos unitários: uma aplicação em uma indústria de produtos plásticos. **ABCustos**, São Leopoldo, v. 4, n. 3, p. 37-69, set. /dez. 2009. Disponível em: <<https://www.abcustos.emnuvens.com.br/abcustos/article/view/84/616>>. Acesso em: 2 mar. 2017.

SARAIVA JÚNIOR, A. F.; TABOSA, C. M.; COSTA, R. P. Simulação de Monte Carlo aplicada à análise econômica de pedido. **Produção**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 149-164, maio 2010. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/prod/2011nahead/aop_t6_0003_0208.pdf>. Acesso em: 6 out. 2016.

SCHETTINO, S.; CAMPOS, J. C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Work precariousness: ergonomic risks to operators of machines adapted for forest harvesting. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 41, n. 1, p. 1-9, maio 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v41n1/1806-9088-rarv-41-01-e410109.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 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**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 935-942, jun. 2015. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v39n5/0100-6762-rarv-39-05-0935.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2017.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. v. 1. p. 443.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTI, L. J. Avaliação ergonômica do feller-Buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003. Disponível em:
<<http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/616/523>>. Acesso em: 15 out. 2017.

SILVA, J. R.; FENNER, P. T.; CATANEO, A. Avaliação do desempenho operacional de trator florestal Feller-buncher. **Revista de Ciências Agroveterinária**, Lages, v. 6, n. 1, p. 29-34, ago. 2007. Disponível em: <<http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5356/3561>>. Acesso em: 22 maio 2018.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, E. S. Custos. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita Florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. cap. 8, p. 253-287.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p.107-114, mar. 2010. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr85/cap10.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 611-618, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr88/cap07.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 24, n. 3, p. 621-630, jul. /set. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/2990/pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2017.

SIMÕES, D.; IAMONTI, I. C.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com feller-buncher em diferentes condições operacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, n. 4, p. 649-656, out. /dez. 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/2423/1490>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

SIMÕES, D.; MIYAJIMA, R. H.; TONIN, R. P.; FENNER, P. T.; BATISTELA, G. C. Incorporation of uncertainty in technical and economic analysis of a feller-buncher. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 3, p. 403-412, jul. /set. 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/56404/35493>>. Acesso em: 1 dez. 2018.

SPEIDEL, G. **Economia florestal**. Curitiba: UFPR, 1966.

SPINELLI, R.; WARDB, S. M.; OWENDEC, P. M. A harvest and transport cost model for Eucalyptus spp. fast-growing short rotation plantations. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 33, n. 9, p. 1265–1270, set. 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953409001007>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

SULLIVAN, M. **Statistics: informed decisions using data plus MyStatLab with Pearson eText**, 5th ed. Boston: Pearson Education, Inc. 2017. 960 p.

SZYM CZAK, D. A.; BRUN, E. J.; REINERT, D. J.; FRIGOTTO, T.; MAZZALIRA, C. C.; DAL'COL LÚCIO, A.; MARAFIGA, J. Compactação do solo causada por tratores

florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região sudoeste do Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 641-648, maio 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v38n4/07.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

TIMO, M. B.; ACÁCIO, C. E. R. S. Proposta de metodologia para cálculo estatístico de dados espeleométricos de acordo com a Instrução Normativa no. 02 do Ministério do Meio Ambiente. **Revista Espeleo-Tema**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 43-58, out. 2012. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v23_n2.pdf>. Acesso em: 18 maio. 2018.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R.; BOUCHARDET, A. D.; FOLMANN, W. T.; HOEFLICH, V. A.; FERNANDEZ, M. L. Q. Simulação econômica de Monte Carlo aplicada à análise de risco florestal. **Revista ESPACIOS**, Caracas, v. 38, n. 28, p. 5, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n28/a17v38n28p05.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

TRIOLA, M. F. **Essentials of statistics**. 5th ed. Boston: Pearson Education, Inc. 2015. 669 p.

VARGA, G. Índice de Sharpe e outros indicadores de performance aplicados a fundos de ações brasileiros. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 215-245, set. /dez. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-65552001000300011&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: 1 dez. 2018.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de Projetos estabelecendo diferenciais competitivos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2016.

VIEIRA, G. C.; FREITAS, L. C.; CERQUEIRA, P. H. A.; SILVA, E. F.; BRITO, G. S.; SOUZA, A. M. Custos operacionais e de produção na atividade mecanizada de corte florestal. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 5, p. 342-346, set. /out. 2016. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3626/2923>>. Acesso em: 3 out. 2018.