

**HILDA MARIA BASSOLI**

**CUSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE DE MÁQUINAS DE COLHEITA  
FLORESTAL: UMA ABORDAGEM ESTOCÁSTICA**

**Botucatu**

**2019**



**HILDA MARIA BASSOLI**

**CUSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE DE MÁQUINAS DE COLHEITA  
FLORESTAL: UMA ABORDAGEM ESTOCÁSTICA**

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 Torres Fenner

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Simões

**Botucatu**

**2019**

B322c	<p>Bassoli, Hilda Maria</p> <p>Custo anual uniforme equivalente de máquinas de colheita florestal: uma abordagem estocástica / Hilda Maria Bassoli. -- Botucatu, 2019 69 p. : tabs.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu Orientador: Paulo Torres Fenner Coorientador: Danilo Simões</p> <p>1. Análise de risco unitário. 2. Colheita de madeira mecanizada. 3. Eucalyptus. 4. Ponto ótimo de substituição. 5. Vida econômica. I. Título.</p>
-------	--

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


Essa ficha não pode ser modificada.

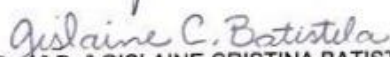
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "CUSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE DE MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL: UMA ABORDAGEM ESTOCÁSTICA"

AUTORA: HILDA MARIA BASSOLI  
ORIENTADOR: PAULO TORRES FENNER  
COORIENTADOR: DANILO SIMOES

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

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

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

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

Botucatu, 27 de agosto de 2019.



*Àos meus amados pais,*

*Edna e Edson,*

*dedico*



## AGRADECIMENTOS

A minha família pelo suporte de sempre, meus amigos pela paciência em entender a minha constante “ausência” devido aos estudos, e meu noivo pelo apoio incondicional e por estar sempre ao meu lado, incentivando minhas buscas.

A minha mãe por ser minha maior incentivadora e meu maior exemplo de vida e meu pai (*in memoriam*) que virou uma estrela logo no início do meu mestrado, antes de presenciar fisicamente a finalização de mais essa conquista em minha vida, porém, sei que está imensamente feliz e aplaudindo aonde quer que esteja.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, pela formação científica, e por oferecer à sociedade um ensino de qualidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Torres Fenner, pela oportunidade, orientação, ensinamentos e amizade.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Danilo Simões, pela paciência, amizade, ensinamentos, suporte, dedicação e, principalmente, por ter sido essencial para a conclusão deste trabalho. Muito obrigada professor!

À Profa. Dra. Gislaíne Cristina Batistela pelo suporte matemático, por aceitar fazer parte da banca examinadora e por todas as demais valiosas contribuições que foram essenciais para a finalização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Rogério Antônio de Oliveira pelas contribuições feitas e por aceitar fazer parte da banca examinadora.

Aos amigos da empresa Eucatex pelo suporte e por terem tornado possível à realização deste trabalho, em especial pela contribuição dos amigos: Robson Fabiano Pimentel, Daiane Domingues, Valquíria Viana, Nilton Eduardo Augusto, Paulo Rocha, Marcelo Ferreira e João Paulo de Oliveira.

Aos amigos que a Universidade me deu: Gilberto Pereira, Ricardo Hideaki Miyajima, Rodrigo Petrongari Tonin e Vinícius Paludo.



*“Existe apenas um canto do universo que você pode ter certeza de aperfeiçoar, que é você mesmo”.*

*Aldous Huxley*



## RESUMO

O sistema de colheita de árvores inteiras é realizado por um conjunto de máquinas autopropelidas que demanda importante aporte de capital, o qual implica diretamente no custo da colheita florestal mecanizada. Nesta perspectiva, torna-se fundamental a determinação da vida econômica, ou melhor, o momento em que a máquina executou suas funções, com o menor custo operacional, conseguinte, com menor custo de produção. Destarte, objetivou-se determinar a vida econômica de máquinas autopropelidas que compõe um modal de colheita florestal mecanizada sob condições de incertezas, utilizando o método de simulação de Monte Carlo para determinar as probabilidades dos valores do custo anual uniforme equivalente. Como premissa foram considerados dados históricos dos custos operacionais de máquinas autopropelidas, com vistas à construção de modelos matemáticos que associou os intervalos de incertezas e permitiu atribuir distribuições de probabilidades. Posteriormente, foram gerados números pseudoaleatórios por meio da simulação de Monte Carlo para mensurar os valores econômicos estocásticos. Os resultados evidenciaram que, o momento ótimo para a substituição do conjunto de máquinas que compõe o modal de colheita florestal mecanizada ocorreu no ano 4 da vida útil. No sistema de árvores inteiras, o *feller-buncher* foi o implemento que apresentou o maior custo médio nas operações e o *grapple skidder* o menor custo médio. Os elementos de custos que mais impactaram as operações das máquinas autopropelidas foram os custos de reposição de peças e custos com reparos e manutenção. As operações no ano 5 da vida útil do modal avaliado representaram um aumento de 18,33% no CAUE médio em relação ao ano da vida econômica encontrada.

**Palavras-chave:** Colheita florestal mecanizada. Custos operacionais. Substituição e renovação de ativos. Horizonte de planejamento. Monte Carlo.



## ABSTRACT

The whole-tree harvesting system is carried out by a set of self-propelled machines, demanding significant capital subsidies, which directly imposes costs upon mechanized forest harvesting. Under this perspective, it is essential to determine the economic life, this is, the moment when the machine performed its functions at lowest operating cost, therefore, at lowest production cost. Thus, the objective of this study was to determine the economic life of self-propelled machines, which compose a mechanized forest harvesting mode under uncertainty conditions, applying the Monte Carlo simulation method to determine the probabilities of the equivalent annual uniform cost values. As a premise, historical data were considered, regarding operating costs of self-propelled machines, with a view to building mathematical models, which associated uncertainty intervals and allowed to assign probability distributions. Subsequently, pseudorandom numbers were generated by the Monte Carlo simulation method, in order to measure stochastic economic values. The results showed that, the optimal time to replace the set of machines composing the mechanized forest harvesting mode occurred in the 4<sup>th</sup> year of its useful life. In the whole-tree system, the *feller-buncher* was the implement that presented the highest average cost in operations and *the grapple skidder* the lowest average cost. The cost elements that most affected the self-propelled machine operations stemmed from parts replacement, as well as repair and maintenance costs. Operations during the 5<sup>th</sup> year of useful life of the evaluated mode represented an increase of 18.33% in the average EAUC in relation to the obtained year of economic life.

**Keywords:** Mechanized forest harvest. Operational costs. Substitution and renewal of assets. Planning horizon. Monte Carlo.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Valor médio do custo operacional das máquinas autopropelidas e coeficiente de variação.....	47
Tabela 2 -	Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do <i>feller-buncher</i> .....	48
Tabela 3 -	Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do <i>grapple skidder</i> .....	50
Tabela 4 -	Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do <i>grapple processor 1</i> .....	51
Tabela 5 -	Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do <i>grapple processor 2</i> .....	52



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1	Objetivo.....	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
2.1	Colheita florestal.....	21
2.2	Mecanização da colheita florestal.....	22
2.3	Modais de colheita florestal mecanizada.....	22
2.3.1	<i>Feller-buncher</i> .....	23
2.3.2	<i>Grapple skidder</i> .....	24
2.3.3	<i>Grapple processor</i> .....	25
2.4	Custo por hora programada da máquina florestal.....	25
2.5	Custo anual uniforme equivalente.....	27
2.6	Custos relevantes.....	28
2.6.1	Custo do financiamento de capital.....	29
2.6.2	Custo de depreciação.....	30
2.6.3	Custos gerados pela ineficiência.....	31
2.6.4	Custos de manutenção.....	32
2.7	Análise de risco unitário.....	33
2.7.1	Método de Monte Carlo.....	34
2.8	Adaptação dos dados aos testes de aderência.....	36
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1	Material.....	37
3.2	Métodos.....	37
3.2.1	Custos operacionais das máquinas autopropelidas.....	37
3.2.2	Estimativa do cálculo da taxa de desconto.....	39
3.2.3	Coeficiente de risco sistemático do ativo.....	40
3.2.4	Custo anual uniforme equivalente.....	41
3.3	Incorporação do risco unitário.....	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
4.1	Taxa do custo de oportunidade dos projetos.....	44
4.2	Análise do custo operacional.....	45
4.3	Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente.....	47
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de colheita de árvores inteiras (*full-tree*) que concerne em remover do talhão às árvores sem raízes como operação subsequente ao corte para que estas sejam processadas nas margens das estradas, é realizado por um modal comumente composto por um conjunto de máquinas autopropelidas equipadas com os implementos florestais *feller-buncher* para as operações de corte, *grapple skidder* para o arraste das árvores cortadas até a margem do talhão e o *grapple processor*, responsável pelo processamento da madeira.

Esse conjunto de máquinas autopropelidas demanda de um aporte financeiro que implica diretamente no custo da colheita florestal mecanizada a qual representa a operação que mais impacta os custos do produto final. Diante do capital aplicado, torna-se necessário a determinação da vida econômica, que se refere ao momento em que a máquina executou suas funções operacionais com o menor custo possível para a empresa, porém, as empresas se limitam a substituição de máquinas pautadas em critérios dos fabricantes, sendo que estes consideram somente a vida útil das máquinas.

Para a identificação da vida econômica umas das técnicas utilizadas é o custo anual uniforme equivalente que é o momento em que todos os fluxos de caixa advindos dos custos que são demandados para manter as máquinas autopropelidas são transformados em uma série anual uniforme.

Na estimativa do custo anual uniforme equivalente os fatores determinantes são os custos operacionais, sendo estes compostos por diversos elementos de custos, que podem ser ponderados pela estimativa direta ou pelo sistema de custeio baseado em atividade. Portanto, em decorrência dessas possibilidades e, sobretudo, pelo método de custeio especificado de cômputo de fatores técnicos, têm-se as incertezas associadas que representa a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos sendo estes considerados como riscos positivos e/ou negativos.

Uma das técnicas para identificar o impacto dessas incertezas sobre um projeto é pelo método de simulação de Monte Carlo, que é utilizado para a incorporação de dados a fim de analisar a sensibilidade destes, demonstrando quais são as variáveis mais expressivas em um modelo estocástico. Por meio de testes com amostragens é possível identificar um resultado mais próximo do real, em que

com o uso desta simulação, é possível prever de forma antecipada quais serão os riscos consideráveis de determinado investimento em diferentes cenários, propiciando assim, um processo de tomada de decisão pautado em informações seguras.

Diante disso, a atribuição de distribuição de probabilidade para um modelo matemático do problema analisado permite a geração de números pseudoaleatórios e obtenção de faixas de valores paramétricos do módulo analisado (valor modal, desvio padrão, coeficiente de variação, entre outros) que irá consentir no gerenciamento do risco dos projetos florestais, em outras palavras, do risco unitário, isto é, a probabilidade de ocorrência dos fluxos de caixa esperados do projeto.

### **1.1 Objetivo**

Objetivou-se determinar a vida econômica de máquinas autopropelidas que compõe um modal de colheita florestal mecanizada sob condições de incertezas, utilizando o método de simulação de Monte Carlo para determinar as probabilidades dos valores do custo anual uniforme equivalente.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Colheita florestal

Define-se como colheita florestal o conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que envolvem desde a preparação, a derrubada da árvore, a extração da madeira até o local de transporte e envio dessa madeira até o pátio da indústria, mediante uso de técnicas e de padrões estabelecidos, com a finalidade de transformar essa mesma madeira em produto final (MACHADO et al., 2014; MALINOVSKI et al., 2014).

As operações de colheita florestal podem ser divididas em duas etapas: corte (derrubada, desgalhamento, destopamento e traçamento) e extração (remoção da madeira do interior do talhão até a margem da estrada), podendo ser utilizados diversos tipos de máquinas, métodos ou combinações de sistemas, sendo que, atualmente, o grande desafio é a otimização das operações, que devem ocorrer por meio de melhorias na qualidade do produto e serviço, redução de perdas, melhorias na eficiência das máquinas, maximização da produtividade e minimização dos custos de produção (PEREIRA; LOPES; DIAS, 2015; REZENDE et al., 1997).

É importante ressaltar que a colheita florestal representa a operação final de um ciclo de produção florestal, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade das empresas atuantes no segmento florestal (ARCE; MACDONAGH; FRIEDL, 2004). De acordo com Barrios, López e Nieto (2008), o processo de colheita florestal representa aproximadamente 40% dos custos do setor florestal e por isso, faz-se necessário um melhor planejamento das operações para a obtenção de um melhor aproveitamento dos equipamentos e por consequência uma maior rentabilidade financeira.

De acordo com Lopes et al. (2008), independente do grau de mecanização utilizado, a avaliação dos sistemas de colheita florestal é um procedimento fundamental para alteração ou correções do processo de produção, bem como a racionalização e otimização dos recursos utilizados. Neste aspecto, Carmo et al. (2015), complementam que 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.

## 2.2 Mecanização da colheita florestal

Uma determinada atividade no setor florestal é caracterizada como mecanizada quando realizada com máquinas motoras, com mecanismos que possuam movimentos relativos ao acionamento direto e, quando utilizam equipamentos e ferramentas adaptados a uma determinada máquina. A intensificação da mecanização nos últimos anos provocou um processo contínuo de avaliação dos rendimentos operacionais e de estimativa dos custos envolvidos (LIMA; LEITE, 2014; SIMÕES; FENNER; ESPERANCINI, 2010).

A mecanização das operações florestais vem sendo adotada pela maioria das empresas do setor, possibilitando uma evolução significativa na produtividade, na redução de custos e na melhoria da qualidade das operações (FENNER, 2014; SAMPIETRO; LOPES; REICHERT, 2015), a produtividade da colheita florestal está relacionada diretamente com a produtividade das máquinas e dos equipamentos empregados nas operações e diretamente proporcional à eficiência operacional que depende do grau de utilização e da disponibilidade mecânica das máquinas e equipamentos (JACOVINE; TRINDADE, 2014).

Malinovski et al. (2006), identificaram 37 variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita florestal, relacionadas ao povoamento, às características físicas do terreno e ao planejamento das operações. A declividade do terreno e a distância de extração são exemplos de variáveis que podem afetar as operações de corte e extração. Dessa forma, o máximo aproveitamento das funções da máquina com o aperfeiçoamento das técnicas de operações de colheita, resulta na maximização da utilização das funções dos fatores de produção e aumento do rendimento operacional de forma contínua (PEREIRA; LOPES; DIAS, 2015).

## 2.3 Modais de colheita florestal mecanizada

Para Machado, Gurgel e Gameiro (2015), os modais utilizados nas operações de colheita florestal consistem na combinação de equipamentos com a finalidade de corte, descasque, extração, carregamento, transporte e descarregamento da madeira. A integração de máquinas relacionadas com atividades parciais é um fator que caracteriza sistemas de madeira a serem adotados. A combinação “*feller-buncher*” + “*grapple skidder*” + “*grapple processor*” é

um dos principais modais de colheita mecanizada que são utilizados quando se trata de uma operação em sistema de colheita de árvores inteiras (MALINOVSKI et al., 2014).

### 2.3.1 *Feller-buncher*

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 que, ligado ao motor de uma máquina base, acionava duas lâminas em forma de tesoura, efetuando, desta maneira, o corte da árvore (SANT'ANNA, 2014). Caracterizado como trator derrubador-acumulador, sua estrutura consiste em um trator de pneus ou esteiras, com um implemento frontal que faz o corte, acumula as árvores cortadas e deposita-as no chão para facilitar a operação posterior (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

O procedimento de corte do *feller-buncher* consiste em fixar a árvore por duas garras na altura aproximada do diâmetro a altura do peito (DAP) 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 repetindo a operação até atingir a capacidade total de carga (LIMA; LEITE, 2008). Operando no sistema de árvores inteiras (*full-tree*), a combinação *feller-buncher + grapple skidder* é considerada representativa, onde o volume de madeira por hectare é a variável que mais influencia na operação de corte (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002).

Em relação à capacidade total de carga do implemento florestal acoplado a máquina, o que determina o número de árvores cortadas para completar a carga é o volume das árvores, uma vez que, em áreas com árvores de maior volume a máquina completa a carga em menos tempo e menos movimentos vazios entre as árvores o que tende a aumentar a efetividade do ciclo operacional de corte da máquina (ACOSTA et al., 2017; AKAY; ERDAS; SESSIONS, 2004).

O *feller-buncher* constitui um dos mais típicos implementos acoplados em máquinas autopropelidas para a operação de derrubada na colheita mecanizada e são altamente produtivos em declives suaves, inferior a 30% e, ocasionalmente, são usados em terrenos mais íngremes (NASCIMENTO et al., 2011; HAN; RENZIE, 2005, MOREIRA et al., 2004). As máquinas autopropelidas equipadas com implementos florestais, em geral e, especificamente o *feller-buncher*, têm sido

avaliados sob diversos aspectos, em diversas partes do mundo, com objetivos diversos como, por exemplo, avaliar a produtividade, necessidade de manutenção mecânica e eletrônica, entre outros (SILVA; FENNER; CATANEO, 2007).

### 2.3.2 *Grapple skidder*

O *grapple skidder* é um implemento florestal que quando acoplado em uma máquina autopropelida é utilizado para a realização da atividade de extração de madeira, sendo disponibilizados ao setor florestal por diferentes fabricantes, modelos, tamanhos e tipos (MIYAJIMA et al., 2017). A extração de madeira é uma operação que exige um planejamento detalhado sobre a escolha das máquinas próprias para o sistema mais indicado de trabalho, o *grapple skidder* surgiu na década de 60, e é conhecido por ser um implemento potente, fácil de operar e econômico, que pode trabalhar com diferentes tamanhos de árvores (OLIVEIRA et al., 2008).

O *grapple skidder* acoplado a máquinas autopropelidas pode possuir o sistema rodante de pneus, semi-esteiras ou esteiras e sua principal ferramenta de trabalho é uma pinça, também chamada de garra, que fica localizada na parte traseira da máquina (LOPES et al., 2007). A garra é acionada hidráulicamente de forma a coletar os feixes de árvores que ficam depositados no chão após a operação de corte, para início da coleta a garra é posicionada próxima aos feixes de árvores que estão depositados no chão e aberta para efetuar a coleta, em seguida, a barra é fechada e suspensa dando assim início ao arraste das árvores até a margem das estradas (MACHADO et al., 2014).

Na colheita florestal, é importante destacar que na operação de extração, que é considerada a etapa mais complexa, são amplamente utilizados os tratores florestais arrastadores, *grapple skidders*, que realizam a extração das árvores do interior do talhão até as margens das estradas (LOPES et al., 2011). A extração de madeira corresponde à movimentação de toretes por meio de arraste, suspensos por teleféricos ou em tratores autocarregáveis até a margem das estradas, exigindo um planejamento detalhado da operação, de maneira a empregar os equipamentos próprios dentro do sistema mais indicado de trabalho (MACHADO et al., 2002).

Dentre os vários tipos de *skidders*, os que mais se destacam são: o *skidder* com cabo indicado para a extração de toras dispersas na área e para terrenos

poucos acidentados e o *grapple skidder*, que é indicado para áreas onde o corte foi realizado com *feller-buncher* e a madeira está empilhada (SEIXAS, 2008). Santos et al. (2013) complementam que independente do tipo de trator florestal adotado para as operações de arraste de madeira, faz-se necessários estudos que auxiliem a otimização dos processos de extração devido ao elevado custo relacionado à aquisição, manutenção e operação dessas máquinas.

### **2.3.3 Grapple processor**

Conhecido também como traçador/processador florestal, o *grapple processor* trabalha próximo à margem da estrada sobre o solo adaptado a uma retroescavadeira de esteiras ou pneus, tem a função de traçar os fustes de madeira em um tamanho preestabelecido realizando traçamento e formando pilhas de toras para posterior carregamento. É uma máquina usada em sistemas mecanizados que adotam o *feller-buncher* e o *grapple skidder* nas operações de colheita (LIMA; LEITE, 2014; MACHADO, 2002).

Referidos como processadores de garras, o *grapple processor* possui um sistema hidráulico, em que a alimentação das árvores para a serra transversal, e também para pressionar os rolos ou cilindros do alimentador contra a árvore, é realizada durante o movimento de limiar (KEETONEN, 1988).

Conforme Silva, Sant'anna e Minette (2003), durante operação, a garra direciona sua lança para a pilha de madeira, apanha o feixe de árvores com o acionamento da garra hidráulica, puxa-o para a margem do talhão e o libera. Novamente a lança é deslocada com auxílio de um gabarito a seis metros da base do feixe, apanhando-o e suspendendo-o ativando assim o sabre para o traçamento, desse modo se repetem os movimentos com o mesmo feixe de madeira até o traçamento completo. O volume de árvores traçadas pode estar relacionado ao tamanho do cabeçote, potência da máquina base e diâmetro médio das árvores (LOPES et al., 2008).

## **2.4 Custo por hora programada da máquina florestal**

Embora as máquinas florestais apresentem custos operacionais e custos de aquisição elevados, a sua utilização é justificada pelo aumento da produtividade, o

que reduz significativamente os custos por unidade produzida (VIEIRA et al., 2016). Existem várias metodologias utilizadas para o cálculo econômico-financeiro das máquinas de colheita florestal, que podem diferenciar de acordo com o tipo de máquina, fabricante ou empresa. Para o cálculo do custo de máquinas, considera-se a soma do custo fixo com o custo variável (SILVA et al., 2014).

Os custos fixos são definidos como aqueles que não variam em relação à produção, e os custos variáveis dizem respeito aos dispêndios com fatores de produção variáveis (MARTINS, 2010). Esses custos fixos e variáveis são ainda decompostos em custos operacionais e alternativos (ou de oportunidade). Os operacionais constituem os valores correspondentes às depreciações e aos gastos com insumos, mão de obra, manutenção e despesas gerais. Somando-se o custo operacional ao custo alternativo, obtém-se o custo econômico (CASTRO; REIS; LIMA, 2006).

Segundo Freitas et al. (2004), as diferentes metodologias para o cálculo de custo operacional têm uma vantagem de oferecer maior flexibilidade e adaptação para os diferentes equipamentos. A utilização do método de custeio de máquinas *Food and Agriculture Organization of the United Nations/Economic Commission for Europe/Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (FAO/ECE/KWF)*, tem como base dividir os custos de máquinas entre custos fixos, semifixos e variáveis, divisão essa vantajosa nos casos quando se pretende calcular o custo por hora de uma máquina que não alcançou total capacidade de produção, uma vez que se houvesse uma divisão somente de custos fixos e variáveis já não seria possível considerar essa situação (STÖHR, 1977).

De acordo com Santos et al. (2016), por meio de uma análise de custos é possível determinar os custos resultantes do projeto, sendo possível identificar e verificar quais foram às atividades mais onerosas na composição do custo total, e buscar alternativas para redução desses custos. Machado e Malinovski (1988) descrevem que o cálculo para o custeio de operação de uma máquina florestal deve ser feito na mesma unidade de tempo usada para expressar a produção, sendo essa unidade a hora efetiva de trabalho (he).

Para diminuir os custos de produção em sistemas mecanizados, torna-se necessária a realização de pesquisas a fim de conhecer as reais capacidades produtivas e as possíveis variáveis que interferem no rendimento das máquinas de colheita florestal, visto que, o conhecimento do custo operacional das máquinas

envolvidas no processo produtivo é de suma importância na tomada de decisão, auxiliando, fundamentalmente, o planejamento e controle das operações para a redução dos custos de produção (SILVA; SANT'ANNA; MINETTE, 2003; MACHADO; MALINOVSKI, 1988).

## 2.5 Custo anual uniforme equivalente

A vida útil de um bem é o tempo de sua utilização, que torna máximo o valor atual dos lucros, não considerando o valor residual, isto é, o tempo máximo em que os ganhos provenientes do uso de uma máquina, por período, por exemplo, são superiores às despesas correspondentes aos mesmos períodos, e, devido a sua incapacidade ocorre a substituição (LINS, 1975). Já a vida econômica, envolve a estrutura econômico-financeira da empresa, e está relacionada com a eficiência e a produtividade do bem. Neste caso, a substituição ocorre pelo ponto em que o bem prestou o melhor serviço à empresa (VEY; ROSA, 2004).

A utilização de uma estimativa de vida útil para determinação do momento em que se deve realizar a troca de um bem não é apropriada, em vez disso, utiliza-se o conceito de vida econômica, que se refere aos custos globais de se mantê-lo, portanto, a vida econômica é o período no qual se alcança o menor custo anual uniforme equivalente (CAUE), que é definido como “a transformação de todos os fluxos de caixa (custos operacionais, valor residual, etc.) em uma série anual uniforme” (SOUZA; CLEMENTE, 2009; MOTTA; CALÔBA, 2011; LANDETA; GONZÁLEZ; CORTÉS, 2017).

Os métodos baseados em CAUE partem da premissa de que os fluxos de caixa analisados são os custos do projeto, e são aplicados tanto para avaliar a viabilidade econômica da troca quanto para a decisão de quando a substituição deve ser realizada, testando as possibilidades de retenção do bem em uso até a extinção de sua vida útil (MELO et al., 2018; ABENSUR, 2015).

De acordo com Blank e Tarquin (2012), a vida econômica é o ano (ou anos) em que o CAUE do ativo é mínimo, ou seja, considerando os custos mais as estimativas de custos durante a vida útil de todos os anos possíveis em que o ativo pode fornecer um serviço necessário e transformá-los em constantes fluxos de caixa, sendo a vida econômica determinada quando esse fluxo de caixa se torna mínimo. Casarotto Filho e Kopittke (2010) mencionam que a determinação da vida

econômica consiste em achar os custos ou resultados anuais uniformes equivalentes do ativo para todas as vidas úteis possíveis.

A vida econômica de um bem, segundo Degarmo e Canadá (1973) é o período de tempo (geralmente em anos) em que o CAUE de possuir e de operar o bem é mínimo. Os bens, como equipamentos e instalações, desgastam-se com o uso, necessitando cada vez mais de manutenção, assim, é de se esperar que os custos operacionais aumentem com o passar do tempo, podendo-se dizer que a vida econômica é o tempo de utilização do bem, onde se produz com o mínimo custo para a empresa, sendo este tempo, inevitavelmente, menor ou igual à sua vida útil (SILVA; NOGUEIRA; REIS, 2015).

O CAUE é um dos métodos recomendados para a determinação da vida econômica de um equipamento e é um método utilizado em análises de aquisição ou substituição de equipamentos e veículos, em que se considera os custos operacionais, os valores dos investimentos e o preço de venda do bem ao fim da vida útil deste para a empresa (GOMES, 2013; FELDENS et al., 2010).

## **2.6 Custos relevantes**

Para Dubois, Kulpa e Souza (2009) e Martins (2010), custo é todo o gasto que representa a aquisição de bens e serviços, utilizados para a produção de outros bens ou serviços. Bornia (2010) cita alguns exemplos de custos: materiais, trabalho humano, energia elétrica, máquinas e equipamentos, entre outros.

Conforme Hendriksen e Breda (1999), o custo é medido pelo valor corrente dos recursos econômicos consumidos ou a serem consumidos na obtenção dos bens e serviços a serem utilizados, ou seja, trata-se de valor de troca.

Santos (2018) ressalta que a informação de custo é normalmente utilizada no processo de tomada de decisões no dia-a-dia das organizações, pois sempre há o questionamento sobre quanto custa determinada coisa (como, por exemplo, um serviço) e essa “coisa” é chamada de objeto de custo que é qualquer coisa para a qual se deseja uma mensuração de custo.

### 2.6.1 Custo do financiamento de capital

O custo de capital é a taxa de retorno que a empresa precisa obter sobre seus projetos de investimentos a fim de manter o valor de mercado de suas ações e atrair recursos para si. O resultado dos benefícios esperados é ponderado pelo risco específico do ativo em que se está investindo e das taxas dos demais ativos em um determinado momento (CASTRO JÚNIOR; CONCEIÇÃO; SANTOS, 2011; ALENCAR, 2005).

Segundo Costa et al. (2014), o custo de capital identifica a taxa que remunera todo o capital do investimento, e o percentual do custo de capital é estimado com base no levantamento da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio de uma empresa. Uma apuração do custo de capital distorcida gerará um preço de tarifa e taxa de retorno sobre o capital investido irrealis, prejudicando o investidor e/ou consumidor causando assim um desequilíbrio no setor da economia (CARVALHAES; ALBUQUERQUE; SILVA, 2014).

A tradução do quanto uma empresa consegue ter de retorno sobre os seus investimentos conclui-se que a partir do momento em que se prima por informações de qualidade e se tem um conhecimento correto dos custos de capital ocorrerá uma maior valorização das suas ações, podendo ser usado como uma medida de avaliação da atratividade econômica de um investimento, de referência para a análise de desempenho e viabilidade operacional e de definição de uma estrutura ótima de capital (MOURA et al., 2016; ASSAF NETO; LIMA; PROCÓPIO, 2008).

Para Almeida, Vieira Neto e Zotes (2015), o custo médio ponderado de capital (CMPC), conhecido internacionalmente como *Weighted Average Cost of Capital* (WACC), representa o retorno mínimo requerido pelos fornecedores de capital à companhia, ou seja, a média ponderada entre o custo de capital dos acionistas e o custo de capital de terceiros. Molina (2016) complementa que o CMPC é chamado de custo médio ponderado de capital devido ao fato de que os custos de cada uma das fontes de capital são ponderados, levando em consideração que pode ser por recursos próprios ou de terceiros.

O CMPC é definido como custo de capital ou custo de oportunidade dos provedores de capitais da empresa, ou ainda, o retorno mínimo esperado por esses detentores de capitais, e seu cálculo surge da ponderação entre as participações de terceiros e próprios e seus custos de capital, sendo muito utilizado como o custo de

capital para tomada de decisão em projetos de investimento (CUNHA et al., 2013; CARDONA; GAITAN; VELASQUEZ, 2017).

Para Guthrie (2012), o entendimento conceitual do CMPC, é utilizado como aspecto chave e marco para determinar todo o trabalho em que os custos econômicos total de um projeto individual não são apenas as despesas de capital envolvidas, mas também inclui a redução do valor deste custo de capital para o devido crescimento da empresa. O investimento se torna ideal somente quando essa taxa interna de retorno for superior ao CMPC.

O modelo de precificação de ativos de capital (CAPM) oferece conceitos válidos e aceitos para a estimativa do custo de oportunidade do capital próprio e foi desenvolvido por Willian Sharpe e é considerada uma das melhores alternativas para a apuração da taxa de retorno requerida pelos investidores, sendo a ferramenta de maior divulgação e utilização no campo do investimento para calcular o retorno esperado sobre os ativos de capital (MARTÍNEZ; LEDESMA; RUSSO, 2013; FORSTER, 2009).

O CAPM é o estimador implícito mais utilizado para o custo de capital em mercados desenvolvidos (LI; NG; SWAMINATHAN, 2013). Considera-se vários modelos para estimar o custo de capital, com base em diversas hipóteses sobre a integração do mercado de capitais do país no mercado mundial, o CAPM local e o global são os dois extremos do modelo CAPM tradicional (CUNHA; ASSAF NETO; MARTINS, 2018).

### **2.6.2 Custo de depreciação**

A depreciação é um fenômeno contábil que expressa à perda de valor que os imobilizados de utilização sofrem no tempo, por força de seu emprego na gestão, perda de valor pelo uso e enfraquecimento da capacidade de produção do bem, ao longo de sua vida útil (TERRES et al., 2016). A depreciação de máquinas baseia-se na vida útil do equipamento, bem como no desempenho da capacidade de campo efetiva, quando a depreciação ocorre na produção é reconhecida como custo e quando ocorre nas demais atividades são consideradas como despesa operacional (ROMANELLI; MILAN, 2010; SÁ, 1990).

A depreciação é o custo necessário para substituir os bens de capital quando tornados inúteis pelo desgaste físico, pela ação da natureza ou pela

obsolescência normal, correspondendo ao maior custo da maquinaria florestal (SIMÕES; CERVI; FENNER, 2013; CASTRO JÚNIOR et al., 2015). Associada ao desgaste ou obsolescência natural da máquina ao longo do tempo (perda de valor da máquina), a depreciação é um modo de recuperar o investimento original feito no momento da aquisição (SANTOS et al., 2016).

Para Graham (1965), a depreciação recupera o custo do capital consumido e, assim, provê recursos para aumentos de ativo, inclusive a reposição equivalente do capital consumido, uma vez que o valor do dinheiro diminuiu substancialmente, a recuperação pela depreciação do custo histórico do capital investido não permite, em geral, total recuperação do poder aquisitivo investido inicialmente. O método de depreciação exerce influência direta sobre a renda tributável, podendo influenciar significativamente o fluxo de caixa e, conseqüentemente, a viabilidade do projeto em questão (FREITAS; SILVA; MACHADO, 2007).

Os custos de depreciação correspondem àqueles provenientes de bens que não são consumidos em um ano, como é o caso das máquinas e dos equipamentos de colheita florestal (SILVA et al., 2014). As causas da existência desses custos são a desvalorização que ocorre com o passar do tempo, devido à ferrugem e ao desgaste físico, em razão do uso, ou pela obsolescência tecnológica, com o surgimento de máquinas mais modernas e eficientes, podendo-se afirmar também que a depreciação de máquinas baseia-se na vida útil do equipamento (ROMANELLI; MILAN, 2010).

### **2.6.3 Custos gerados pela ineficiência**

Gerir estrategicamente os custos tem uma aplicabilidade muito importante como instrumento gerencial na condução dos negócios (CABELLO; ALVES, 2017). Os custos invisíveis, também chamados de custos ocultos, são encontrados em empresas que têm como característica fundamental a ineficiência na gestão dos recursos disponíveis e quando esses custos não são gerenciados, ou são mal administrados, podem levar a efeitos negativamente devastadores ao patrimônio da entidade (DUTRA; BORNIA, 2009; BERNARDI, 2004).

Freitas e Severiano Filho (2007) destacam que o termo “custo oculto” pode ser definido como um gasto referente à atividade de produção, no qual sua principal característica é ser de difícil mensuração, ou seja, os custos ocultos não podem ser

reconhecidos facilmente ou atribuídos a um determinado processo produtivo onde são gerados. Para os custos invisíveis, em muitos casos eles são na verdade “escalas comparativas de custos”, isto é, o resultado da comparação dos custos de uma determinada planta de produção com outra de igual natureza ou, então, com a média de um segmento específico de mercado (FEMENICK, 2005).

Do ponto de vista contábil, custos invisíveis ou ocultos são aqueles gastos que normalmente não são contabilizados nas despesas mensais e para os quais não há gerenciamento, por vezes, apesar de se saber que existem (LIMA, 1991). O método dos custos ocultos visa destacar a existência do mau funcionamento e os custos tradicionalmente ignorados pela contabilidade, afetando a eficiência financeira da organização, tornando-se necessário identificar em que ponto aumenta os custos ocultos no momento de uma opção estratégica, para determinar a sua viabilidade (PARRA-ACOSTA; PENÃ-GONZÁLEZ, 2014).

#### **2.6.4 Custos de manutenção**

Para Veloso (2009), a manutenção é toda a ação técnica ou administrativa que visa manter ou repor um item a seu estado de operação normal, com o máximo rendimento, a máxima segurança e os mais baixos custos. Santos (2007) conceitua a manutenção como ato ou efeito de manter-se em perfeito estado de conservação e funcionamento, equipamento, acessórios e tudo o que está ligado ao setor de produção de uma empresa. Para Oliveira e Silva (2013), a manutenção pode ser definida como um conjunto de atividades que visam reestabelecer ou manter um determinado bem em seu estado natural de especificação.

Conforme descrito por Nascif e Dorigo (2010), o gerenciamento adequado do processo de manutenção é importante para assegurar o bom desempenho das operações. Durante muito tempo, as organizações utilizavam-se apenas de manutenções corretivas, ou seja, esperava-se que os equipamentos quebrassem para só então realizar o conserto, mas, nos dias atuais, essa prática foi reduzida, mas ainda ocorrem paradas do equipamento, custos demasiados, excesso de esforço humano e prejuízos diretos e indiretos, decorrentes de falhas de planejamento da manutenção (SOUZA, 2007).

Para Slack, Jones e Johnston (1999), a manutenção preventiva visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação,

substituição e verificação) das instalações em intervalos pré-planejados. Segundo Branco Filho (2006), a manutenção preventiva trata-se de uma intervenção planejada, realizada em equipamentos que ainda estão em funcionamento.

A manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane ou quebra que remete à forma mais comum de conserto de um equipamento com problema, caracteriza-se pelo reparo que ocorre após a falha ter acontecido, ficando dependente da disponibilidade de mão de obra no momento da quebra e de materiais necessários para o conserto (PEREIRA, 2011). A frequência com que a manutenção corretiva ocorre é determinada pela confiabilidade do equipamento, não há formas de se planejar e normalmente acontece quando não se deseja (LAFRAIA, 2001).

Segundo Stefanini (2011), a manutenção corretiva tem o objetivo de reparar as quebras inesperadas tão rapidamente quanto possível e para reduzir o tempo de reparação para a máquina retomar a condição de serviço, é necessário ter foco na qualificação do pessoal quando o treinamento e a gestão adequada das peças de reposição irão trazer uma melhor otimização dos recursos. Já a manutenção detectiva tem como foco a detecção de falhas ocultas, sendo a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009).

Para Mirshawka e Olmedo (1993), o custo de manutenção correspondente aos recursos de mão de obra, ferramentas, instrumentação, materiais aplicados nas intervenções, subcontratação e outros referentes à instalação das equipes, é apenas a ponta de um *iceberg*, devido aos custos por indisponibilidade dos equipamentos poderem levar a uma baixa produtividade do processo produtivo ou até mesmo o não atendimento do cliente.

## **2.7 Análise de risco unitário**

O conceito de risco pode ser definido como a probabilidade de ocorrência do acontecimento gerador da perda ou da incerteza, sendo que, os riscos podem criar oportunidades ou ameaças para o negócio (SILVA; QUEIRÓS, 2011; PARK, 2010). Segundo Sá (1999), os riscos estão relacionados a um conhecimento considerado imperfeito sobre algo, onde, numa situação de risco, a distribuição das

probabilidades de cada um dos eventos relacionados à tomada de decisão é conhecida.

De acordo com Baraldi (2010), o risco é definido como elementos incertos às expectativas, aquilo que age constantemente sobre os objetivos, as metas e os meios estratégicos (pessoas, processos, informação e comunicação), influenciando o ambiente e provocando prejuízos. Purdy (2010) ressalta que, os riscos não devem ser caracterizados como positivos ou negativos, mas sim as consequências experimentadas pela organização. Segundo o autor, os riscos podem ser criados ou alterados de acordo com as decisões tomadas especialmente quando há necessidade de responder a acontecimentos internos ou externos.

O risco unitário é encontrado quando comparado o desvio padrão ao coeficiente de variação (CV), sendo este último considerado um indicador mais exato na comparação de riscos de ativos com diferentes retornos esperados expressos em porcentagem, quanto maior o coeficiente de variação, maior será o risco do ativo (ASSAF NETO, 2010; SOUZA, 2014).

Conforme Martins et al. (2016), um dos métodos mais utilizados na análise de riscos é a análise de sensibilidade cuja função é identificar as variáveis que determinam o sucesso do projeto, mas não mede o risco associado a essas variáveis. O procedimento básico para uma análise de sensibilidade consiste em escolher o indicador a sensibilizar e determinar a sua expressão em função dos parâmetros e variáveis escolhidos a fim de obter os resultados a partir da introdução dos valores dos parâmetros com o intuito de verificar-se de que forma e em que proporções essas variáveis afetam os resultados finais (PONCIANO et al., 2004).

Fica evidente que qualquer estudo de viabilidade econômica tem sempre inerente um fator de incerteza, dada a incapacidade de coletar todas as informações pertinentes à realização de um investimento, o risco passa a ser parte integrante do processo de realização deste, por isso, as decisões devem ser tomadas sob considerável grau de incerteza (FIGUEIREDO et al., 2006).

### **2.7.1 Método de Monte Carlo**

De acordo com Sobol (1994), o Método de Monte Carlo (MMC) é um procedimento computacional para a determinação da probabilidade aproximada de um evento específico resultante de uma série de processos estocásticos, assumindo

que os parâmetros de entrada seguem uma distribuição estatística conhecida. É utilizado para fazer previsões a longo e curto prazo, usando determinado critério para facilitar a tomada de decisão de investidores com base em dados estatísticos e pseudoaleatórios (FERMINO et al., 2012).

Nesse método, definem-se variáveis de entrada que respeitem certo padrão de distribuição, e, a partir disso, geram-se, com o auxílio de *softwares* específicos, números pseudoaleatórios para cada uma das variáveis, seguidos dos diversos parâmetros de distribuição (ROGERS; SANTOS; LEME, 2008). A simulação por meio do MMC consiste na geração de uma série de números pseudoaleatórios previamente estabelecidos com seus valores distribuídos de acordo com uma função e parâmetros identificados na amostra a ser analisada, a fim de avaliar seu comprimento em relação à distribuição dos elementos da amostra (MARTINS et al., 2012).

O uso do MMC destaca-se como uma ferramenta poderosa e útil para reduzir o risco no processo de tomada de decisões econômicas (COELHO JÚNIOR et al., 2008). É aplicado para determinar as incertezas que se apresentam na execução do projeto, em que três cenários são identificados e analisados: o mais provável, otimista e pessimista, e a análise desses cenários demanda o conhecimento da interdependência entre as atividades e o tempo do processo que muitas vezes são difíceis de serem identificados (VERGARA; TEIXEIRA; YAMANARI, 2017).

Segundo Saraiva Júnior, Tabosa e Costa (2011), o resultado da simulação executada pelo MMC é armazenado a cada iteração e, ao final de todas as repetições, a sequência de resultados gerados é transformada em uma distribuição de frequências que possibilita calcular estatísticas descritivas, como média, valor mínimo, valor máximo e desvio padrão. Essa simulação proporciona uma série de vantagens em relação à análise determinística ou de estimativa de um único ponto, tais como: resultados probabilísticos, resultados gráficos, análise de sensibilidade, análise de cenário e correção de *inputs* (MONTEIRO; PONTUAL, 2015).

Para Simões et al. (2018), o uso do MMC permite a incorporação de elementos técnicos e econômicos, essenciais para analisar a sensibilidade das variáveis mais relevantes de um modelo estocástico. A simulação de cenários pelo MMC propicia ao gestor do empreendimento uma tomada de decisão consistente a partir de amostras aleatórias das variáveis de entrada, resultando em tomadas de

decisões mais seguras diante da análise de riscos em diversos cenários, demonstrando que o investimento pode ter riscos consideráveis no caso dos cenários pessimistas (SIMÕES; GOUVEA, 2015; RIBEIRO et al., 2016).

## 2.8 Adaptação dos dados aos testes de aderência

A utilização de funções de distribuição de probabilidade requer o uso de testes para provar a adaptação dos dados ou da série de dados às funções e, esses testes são conhecidos como testes de aderência sendo sua real função, verificar a forma de uma distribuição por meio da análise da adequação dos dados à curva de um modelo de distribuição hipotética (ARAÚJO et al., 2010), sendo o teste de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) o mais comumente utilizado.

A distribuição de probabilidades de uma variável aleatória  $X$  é uma descrição do conjunto das probabilidades associadas com os valores possíveis para  $X$  (MARASCHIN JÚNIOR; FINGER; LORETO, 2017). 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.

A distribuição PERT é uma distribuição que possui vários recursos úteis quando usada como uma distribuição de amostragem no MMC (BENKE; LOWELL; HAMILTON, 2008). Na opinião dos especialistas é considerada uma distribuição muito flexível para modelar podendo ser vista como uma versão suave da distribuição uniforme ou distribuição triangular (GHORABAE et al., 2017).

Sendo a PERT uma distribuição normalmente utilizada em análise de risco, de acordo com Gallab et al. (2016) é considerada uma distribuição alternativa a distribuição triangular, e possui os mesmos três insumos, mínimo, mais provável e máximo, e que apresenta uma curva suave que coloca menos ênfase em valores extremos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

O estudo foi desenvolvido a partir dos dados históricos de um modal empregado no sistema de colheita florestal mecanizada de árvores inteiras. Portanto, as operações foram realizadas em florestas plantadas com *Eucalyptus* sp., com idade média de  $6,21 \pm 1,32$  anos, altura média de  $24,04 \pm 3,17$  metros, com incremento médio anual de  $53,59 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e, produtividade média das florestas de  $332,93 \text{ m}^3$  com casca por hectare, localizadas na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo. À vista disso, durante a vida útil do modal de colheita florestal mecanizada, foram colhidos 22.605 hectares, que resultou em 7.525.914,18  $\text{m}^3$  de madeira colhida e processada em toras com 3,60 metros de comprimento.

O modal era composto por quatro máquinas para a realização da atividade fim, ou melhor, uma máquina autopropelida utilizada para a operação de corte e derrubada das árvores, da marca *John Deere*, modelo 903K, com implemento florestal *feller-buncher* modelo FR22; uma máquina autopropelida da marca *John Deere*, modelo 848H, com implemento florestal *grapple skidder* acoplado, portanto, empregada para a extração das árvores; e duas máquinas autopropelidas ambas da marca *John Deere*, modelo 200D LC, as quais possuíam implementos florestal *grapple processor* da marca J. de Souza de modelo GL 580r, utilizados para a operação de processamento das toras.

#### 3.2 Métodos

##### 3.2.1 Custos operacionais das máquinas autopropelidas

Os custos operacionais (US\$ a.a.<sup>-1</sup>) das máquinas autopropelidas foram determinados sopesando os custos incorridos entre janeiro de 2011 e dezembro de 2015. Destarte, devido à desvalorização da moeda nacional (R\$), foi necessária a correção destes custos, ou melhor, retirou dos custos nominais o efeito da inflação e transformou-os em custos de valor corrente. Isto posto, adotou-se o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) para deflacionar os custos incorridos para que estes pudessem ser comparados e analisados no tempo conforme preconizado

por Mendes e Padilha (2007). Assim, o valor deflacionado teve como mês base janeiro de 2011 e a nova base o mês de dezembro de 2016.

Consequente, os valores monetários foram expressos em dólar comercial americano (US\$) devido ser uma divisa internacional de referência conforme Simões et al. (2015). Diante disso, considerou-se como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira oficial do Banco Central do Brasil a preço de venda, medido em unidades e frações da moeda nacional, que era de R\$ 3,2590 em 30/12/2016 de acordo com o Banco Central do Brasil (2018).

Considerando-se que os custos diretos das máquinas autopropelidas são alocados de forma descomplicada, adotou-se a estrutura de custos operacionais estabelecidas a partir do sistema de custeio baseado em atividade (ABC), pois de acordo com Horngren et al. (2004), este sistema consente identificar a base de alocação para cada conjunto de custos indiretos. Por consequência, o sistema de custeio compreendeu a depreciação contábil e o custo demandado pelos supervisores, ademais, das despesas e gastos para a execução da colheita florestal mecanizada, estruturados em elementos de custo (EC):

Custo da mão de obra dos operadores ( $M_{ope}$ ): despesas com os operadores da máquina, 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 ( $C_{dep}$ ): despesa demandada para recuperar o capital aplicado para aquisição da máquina autopropelida, considerando cotas lineares;

Custo com lubrificantes ( $C_{lub}$ ): compostos pelos gastos com óleo de motor, óleo hidráulico e graxa, 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).

### 3.2.2 Estimativa do cálculo da taxa de desconto

A taxa de desconto aplicada à remuneração do *capital expenditure* (CAPEX), demandado para a aquisição das máquinas autopropelidas, a qual foi denotada por  $i$ , foi determinada por meio do *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) em razão da participação de passivo oneroso no ativo total da empresa em análise expressa na Equação 1.

$$i = k_p(1 - T) \frac{Div}{(Div + PL)} + k_s \frac{PL}{(Div + PL)} \quad (1)$$

em que:

$k_p$  é o custo do capital do credor;

$T$  é a soma das alíquotas do Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL);

$Div$  é o valor de mercado da dívida;

$PL$  é o valor de mercado do capital ordinário;

$k_s$  é o custo de capital ordinário;

$\frac{Div}{(Div+PL)}$  é a proporção do ativo financiado pelos credores;

$\frac{PL}{(Div+PL)}$  é a proporção do ativo financiado pelos proprietários.

Diante disso, o cálculo do custo de oportunidade do financiamento do capital social ordinário foi calculado por meio do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) conforme proposto por Assaf Neto, Lima e Procópio (2008) descrito na Equação 2. Isto posto, considerou-se o risco sistemático das empresas do setor de madeira e papel que possuíam ações negociadas na Brasil, Bolsa, Balcão – B3 S.A., conforme B3BOVESPA (2019).

$$k_s = r_f + \beta_s(r_m - r_f) + \alpha_{Br} \quad (2)$$

em que:

$r_f$  é a taxa de retorno de um ativo livre de risco;

$\beta_s$  é o coeficiente de risco sistemático do ativo;

$r_m$  é a taxa de retorno prevista para a carteira de mercado;

$(r_m - r_f)$  é o ágio pelo risco no mercado;

$\alpha_{Br}$  é o prêmio de risco do país.

### 3.2.3 Coeficiente de risco sistemático do ativo

O coeficiente de risco sistemático do ativo aplicado à estimativa do cálculo do CAPM, isto é, o coeficiente beta considerado uma medida relativa de risco não diversificável das empresas do setor em análise, obtido por meio da mensuração da sensibilidade do ativo em relação a uma carteira de mercado de referência, foi estimado por meio da Equação 3.

$$\beta_A = \frac{Cov(K_j, K_m)}{\sigma_m^2} \quad (3)$$

em que:

$\beta_A$  é o índice beta alavancado do ativo em análise;

$K_j$  é o retorno do ativo em análise;

$K_m$  é o retorno previsto para a carteira de mercado;

$Cov(K_j, K_m)$  é a covariância entre o retorno do ativo em análise e o retorno previsto para a carteira de mercado;

$\sigma_m^2$  é a variância do retorno da carteira de mercado.

Posteriormente foi determinado o coeficiente beta desalavancado utilizando o grau de alavancagem financeira de cada empresa do setor regulado em análise, o Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido do mercado de referência, logo, expresso por:

$$\beta_D = \frac{\beta_A}{\left[1 + \left(\frac{Div}{Div+PL}\right) \times (1 - T)\right]} \quad (4)$$

em que:

$\beta_D$  é o beta desalavancado.

Após o cálculo do beta desalavancado, é necessário calcular-se a média do beta desalavancado, cujo resultado será o beta desalavancado do setor regulado de interesse no mercado de referência, descrito como:

$$\beta_t = \sum_{t=1}^n \frac{\beta_{Dt}}{n} \quad (5)$$

em que:

$n$  é o número de empresas da amostra do setor regulado de interesse no mercado de referência.

Por fim, foi realavancado o coeficiente beta de negócio do setor regulado, dado por:

$$\beta_s = \beta_t \times \beta_D \quad (6)$$

### 3.2.4 Custo anual uniforme equivalente

O método do custo anual uniforme equivalente (CAUE) refere-se ao valor presente do CAPEX para “ $n$ ” períodos de utilização das máquinas autopropelidas, multiplicando esse período pelo Fator de Recuperação de Capital (FRC). À vista disso, no entendimento de Barros e Pimenta (2014) o FRC permite demonstrar o retorno do CAPEX por meio de pagamentos iguais e periódicos, resultando na anualidade de retorno de determinada aplicação, expresso por:

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (7)$$

A metodologia do CAUE consente mensurar a vida econômica dos ativos imobilizados. O desenvolvimento é dado a partir do CAPEX demandando para a aquisição das máquinas autopropelidas ( $I$ ), a taxa de desconto utilizada para a remuneração do CAPEX ( $i$ ), o tempo de vida útil das máquinas autopropelidas ( $n$ ), o valor residual ao fim da vida útil das máquinas autopropelidas ( $VR$ ) e o custo operacional ( $Cope$ ) denotado por:

$$CAUE = I * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - \frac{VR * i}{(1+i)^n - 1} + \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} * \frac{Cope}{(1+i)^n}$$

$$CAUE = \left( I + \frac{Cope}{(1+i)^n} \right) * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - \frac{VR * i}{(1+i)^n - 1}$$

em que:

$$\frac{i}{(1+i)^n - 1} = \frac{i}{[(1+i)^n - 1]} * \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+i)^n} * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Assim,

$$CAUE = \left( I + \frac{Cope}{(1+i)^n} \right) * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - \frac{VR}{(1+i)^n} * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Portanto, a estimativa do cálculo do CAUE das máquinas autopropelidas foi reescrita conforme Equação 12:

$$CAUE = \left[ I - \frac{VR}{(1+i)^n} + \frac{Cope}{(1+i)^n} \right] * FRC \quad (8)$$

### 3.3 Incorporação do risco unitário

A abordagem da análise de risco unitário deve ter como premissa a identificação das incertezas sobre os custos dos projetos. Para isto, deve-se construir um modelo matemático do problema que associa os intervalos de incertezas dos parâmetros, os quais podem ser definidos a partir da opinião dos especialistas da área em análise ou pautados em dados históricos.

Nesta perspectiva, foram atribuídas distribuições de probabilidades para os parâmetros de entrada dos modelos matemáticos, caracterizados como *inputs* sob condições de incertezas, com vistas a demonstrar a ação sobre o Cope e o CAUE, sendo estes parâmetros de saída dos modelos (*output*). Isto posto, para analisar a Cope adotou-se os elementos de custos e, para a análise do CAUE ponderou-se o valor anual uniforme do investimento, o valor anual uniforme do valor residual e o custo operacional anual equivalente

Deste modo, a partir da série dos valores históricos dos *inputs* foi aplicado o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) ao nível de 1% de significância, conforme Miot (2017). Posteriormente, os modelos foram selecionados considerando o menor valor pelo critério *Akaike Information Criterion* (AIC) conforme Bozdogan (1987), a fim de obter a distribuição de probabilidade que melhor descreve os parâmetros de interesse.

Em seguida, foram gerados 100.000 números pseudoaleatórios mediante à simulação de Monte Carlo por intermédio do software *@Risk Copyright © 2018 Palisade Corporation* (2018), com o propósito de mensurar os valores econômicos estocásticos associados aos módulos de colheita florestal mecanizada. O gerador de números empregado foi o *Mersenne Twister* em consonância à Harase (2018), fixando-se o parâmetro inicial para os modelos matemáticos conforme Simões et al. (2018).

Por fim, o estudo pormenorizado do risco unitário ponderou a correlação de *Spearman* ( $\rho_s$ ) para verificar a relação monotônica entre os EC e o Cope e, entre o valor anual uniforme do investimento, valor anual uniforme do valor residual, custo operacional anual equivalente e o CAUE ao nível de significância de 5%, valores médios, valores modais, valores mínimos, valores máximos e coeficientes de variação, portanto, um conjunto de regras que presidiram as probabilidades de ocorrência.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Taxa do custo de oportunidade dos projetos

A estimativa do cálculo do WACC tem como premissa a determinação do custo do capital ordinário, considerado o componente principal, contudo, é um custo complexo, por não ser disponibilizado explicitamente pelo mercado financeiro. Em vista disso, foi estimado o beta médio desalavancado do setor de madeira e papel, por meio das empresas de capital aberto do Brasil conforme os dados disponibilizados pela Brasil, Bolsa, Balcão - B3 S.A. (2019), sendo estas a Celulose Irani S.A., Duratex S.A., Eucatex S.A. Indústria e Comércio, Klabin S.A. e Suzano S.A.

Sopesou-se a proporção do ativo financiado por dívida das respectivas empresas e, o fator de imposto de renda de 34%, que de acordo com Damodaran (2012), permite capturar os benefícios fiscais que resultam do pagamento de juros, resultando, em um beta médio desalavancado para o setor de 0,33, de modo consequente, determinou-se o beta realavancado de 0,42, considerando a proporção do ativo financiado por dívida (40,84%).

Posteriormente, determinou-se por meio da média geométrica do período entre 01/02/1962 e 15/01/2019 da *annual return on Treasury Bonds 10-year Rate* do tesouro americano a taxa de juros livre de risco de 5,51%. Ressalta-se, que foi adotada a média geométrica por ser um melhor indicador de retorno em longo prazo e não superestimar o prêmio (DAMODARAN, 2017). Ainda por meio da média geométrica, calculou-se o prêmio de risco do país, isto é, o risco-Brasil ponderando a série histórica de dados entre 29/04/1994 e 15/01/2019, do *Emerging Markets Bond Index Plus - EMBI+BR* divulgado pela J.P. Morgan (2019), que foi de 4,11%. A taxa de retorno prevista para a carteira de trabalho foi de 9,53% pautada no índice *S&P Global Timber and Forestry Index* dos últimos 10 anos. Desta maneira, estimou-se o CAPM de 11,30%, logo, o percentual que representou o custo do capital ordinário.

Ao considerar o *spread* de 3,62% para países com classificação de crédito especulativo BA2 conforme atribuição da *Standard & Poor's* (2019), determinou-se o custo de capital do credor de 9,11%. Sucessivamente, além de ponderar a proporção do ativo financiado por dívida, considerou-se a proporção do ativo

financiado pelos proprietários (59,16%), que possibilitou determinar a taxa do custo de oportunidade do projeto de investimento em ativos reais, isto é, 9,14%.

## 4.2 Análise do custo operacional

O custo operacional das máquinas autopropelidas empregadas na colheita florestal normalmente são estimados a partir do método de custeio baseado em atividade (custo ABC), ou melhor, são obtidos a partir dos *cost drivers* intrínsecos a esta operação, portanto, ponderam os custos diretos e indiretos e, conseguinte, comumente são específicos às empresas de base florestal. Conforme Megliorini (2007) e Torres et al. (2017), esses custos resultam da combinação de diversos fatores, como a capacitação tecnológica e produtiva relativa a processos, produtos e gestão, importantes para definição da vida útil das máquinas autopropelidas.

Ao analisar o Cope médio do *feller-buncher* ao longo de sua vida útil (Tabela 1), constatou-se que durante esse período os elementos de custo  $C_{pec}$  e  $C_{rem}$  foram os que mais influenciaram, fato explicado pelos valores de correlação entre o EC operacional de entrada e o Cope, ou melhor, respectivamente,  $\rho_s=0,96$  e  $\rho_s=0,77$ , logo, podem ser caracterizadas como associações positivas fortes. Diniz et al. (2011) e Santos et al. (2015) ao avaliarem o *feller-buncher* também identificaram  $C_{rem}$  como o EC que mais influenciou o custo das operações com *feller-buncher*.

Entretanto Teixeira et al. (2018) ao analisar o desempenho técnico e econômico do *feller-buncher* em distintas características dendrométricas do povoamento florestal encontraram resultados distintos quando avaliaram os custos operacionais, obtendo o  $C_{com}$  como o EC que mais influenciou as atividades, contudo, foi considerado para o cálculo dos custos o comportamento da produtividade florestal, que está diretamente ligado ao volume das árvores e número de árvores por ciclo por se tratar de um custo variável.

Em análise o Cope médio do *grapple skidder* durante a vida útil, constatou-se que o  $C_{pec}$  foi o EC com maior predominância, ou seja, apresentou valores de correlação positiva  $0,7 < \rho_s < 0,8$ , portanto, pode ser considerada uma correlação positiva forte. Em continuidade, o  $C_{com}$  apresentou correlações positivas  $0,3 < \rho_s < 0,5$  logo, correlações positivas fracas e moderadas. Em relação aos demais EC os valores de correlações podem ser considerados fracos por apresentarem  $0,1 < \rho_s < 0,2$ . Em estudo realizado por Santos et. al. (2013), Lopes,

Oliveira e Sampietro (2014) e Miyajima et al. (2017), também encontraram o  $C_{com}$  como o EC mais significativo dentre os custos avaliados.

Ao verificar o Cope médio no decorrer da vida útil do *grapple processor 1*, observou-se que o EC que mais influenciou foi o  $C_{pec}$ , com valor de correlação positiva  $0,7 < \rho_s < 0,9$ , logo, referem-se a correlações fortes e muito fortes. Por conseguinte, o  $M_{ope}$  apresentou correlação positiva  $0,4 < \rho_s < 0,5$ , considerada correlações moderadas. Para os demais EC as associações podem ser consideradas fracas devido aos seus valores permanecerem entre  $0,1 < \rho_s < 0,2$ .

Para a interpretação do Cope médio durante a vida útil da *grapple processor 2*, o EC denominado  $C_{pec}$  apresentou valor de correlação positiva  $0,8 < \rho_s < 0,9$  caracterizadas como correlações muito fortes seguido de uma correlação positiva  $0,4 < \rho_s < 0,5$  considerada como uma correlação moderada para o EC  $C_{rem}$ . Para os demais EC verificou-se associações fracas que permaneceram entre  $0,1 < \rho_s < 0,3$ . Em uma análise técnica e econômica com *grapple processor*, Lopes et al (2008), encontraram o  $C_{rem}$  como o EC de maior influência nas operações, porém, o  $C_{pec}$  não foi contemplado como um componente dos custos operacionais com *grapple processor*.

A adoção da correlação de *Spearman*, utilizado para classificar e estimar dados, é justificada por se tratar de um modelo robusto de análise aplicado a dados não paramétricos (THIRUMALAI; CHANDHINI; VAISHNAVI, 2017; ÇILINGIRTÜRK; KOÇAK, 2018). Ressalta-se ainda, que os valores de associação entre os parâmetros do modelo matemático de um problema sempre estarão entre +1 e -1, sendo que o sinal será o que designará se a correlação será positiva ou negativa (SIMÕES; DINARDI; SILVA, 2018).

Salienta-se que a interpretação da associação entre os parâmetros apresenta um caráter dúbio, portanto, a avaliação da magnitude da correlação entre os elementos de custo e o custo operacional das máquinas autopropelidas deve ser interpretado a fim de quantificar o quão os dados dependem monotonicamente cuja nomenclatura da interpretação varia de autor para autor, podendo ser citados, autores como, Kendall (1962), Wherry (1984), Zar (1998), Bussab e Morettin (2010), Devore (2011), Triola (2014).

**Tabela 1 - Valor médio do custo operacional das máquinas autopropelidas e coeficiente de variação**

Vida útil (ano)	<i>Feller-buncher</i> (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	<i>Grapple skidder</i> (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	<i>Grapple processor 1</i> (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	<i>Grapple processor 2</i> (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )
1	369.272,13 (3,12%)	299.652,26 (2,19%)	302.297,30 (3,44%)	279.793,94 (2,91%)
2	498.238,56 (3,69%)	343.839,71 (2,28%)	379.618,63 (3,59%)	364.331,56 (3,35%)
3	597.150,33 (4,54%)	388.744,61 (2,42%)	416.165,00 (3,98%)	398.927,31 (3,96%)
4	465.179,56 (4,61%)	316.733,64 (2,07%)	281.657,47 (3,60%)	320.556,81 (3,51%)
5	654.258,13 (6,08%)	390.610,09 (2,33%)	405.057,67 (4,58%)	411.734,46 (4,05%)

### 4.3 Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente

A estimativa do cálculo da vida econômica de máquinas autopropelidas empregadas na colheita florestal, além de consentir ao gestor um gerenciamento dos custos envolvidos, permite a identificação do momento ótimo para a minimização dos custos de produção, ademais, ao considerar as incertezas associadas têm-se a obtenção de valores estatísticos os quais conferem tomadas de decisões plausíveis.

Conforme Hartman e Tan (2014), o CAUE é um método utilizado para análise de substituição de máquinas autopropelidas. Aplica-se o método CAUE para cada período da vida útil das máquinas autopropelidas avaliadas e, quando o período do CAUE subsequente for superior ao CAUE do período precedente, determina-se neste momento a vida econômica, ou seja, no período em que se obtém o menor CAUE (MARIA; LUZ, 2010).

Nesta perspectiva, ao analisar o CAUE das máquinas autopropelidas (Tabela 2), constatou-se que os melhores ajustes de distribuições foram por meio da distribuição de probabilidade PERT que de acordo com Jing et al. (2013), é uma distribuição que remete resultados que se assemelham a uma probabilidade realista. De acordo com Hernández-Bastida e Fernández-Sánchez (2019), em um cenário PERT é possível com diferentes níveis de informação, obter os valores da média e

da variância por meio de uma abordagem de distribuição de entropia máxima, e conforme Rodriguez (2019) é uma distribuição amplamente utilizada para gerenciamento de projetos em aplicações do mundo real, partindo de uma suposição básica que um projeto sob condições extremas de incertezas pode ser satisfatoriamente modelado.

Destarte, ao analisar a vida econômica do *feller-buncher*, foi possível verificar que a vida econômica da máquina autopropelida foi encontrada no ano 4 da vida útil, portanto, período que ocorreu o menor valor modal (US\$), com a aderência dos dados à distribuição de probabilidade PERT ( $AIC=2,38 \times 10^6$ ) confirmada pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov* ( $K-S=0,1481$ ). Santos et al. (2016), a partir de uma avaliação econômica da colheita florestal mecanizada com *harvester* e *forwarder* encontraram um melhor momento para substituição no ano 5, ano este que representou a vida econômica de operação das máquinas autopropelidas.

O CAUE médio para a vida útil do *feller-buncher* apresentou um valor de 592.864,20 US\$ a.a.<sup>-1</sup> e, após o ano 4, foi possível constatar o aumento de 4,84% do CAUE médio nas operações do ano seguinte. O coeficiente de variação para o ano 4, foi de 4,55%.

Para a interpretação do CAUE mínimo e máximo durante a vida útil, foi verificada uma correlação positiva  $0,8 < s < 0,9$ , caracterizadas como correlações muito fortes para o CAUE. Para os demais componentes verificaram-se associações fracas que permaneceram entre  $0,1 < \rho_s < 0,4$ .

**Tabela 2 - Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do *feller-buncher***

Vida útil (ano)	Valor modal e CV. (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE mínimo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE máximo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	AIC	K-S
1	727.467,57 (5,32%)	555.450,41	910.672,09	$2,45 \times 10^6$	0,1544
2	695.484,33 (4,70%)	561.868,39	841.078,87	$2,40 \times 10^6$	0,1354
3	651.852,22 (4,60%)	534.642,09	806.563,16	$2,39 \times 10^6$	0,1494
4	592.864,20 (4,55%)	482.598,13	721.309,51	$2,38 \times 10^6$	0,1481
5	621.550,89 (4,56%)	506.216,78	762.684,89	$2,37 \times 10^6$	0,1470

Ao considerar as operações com o *grapple skidder*, foi possível verificar que a vida econômica foi encontrada no ano 4 da vida útil pois, foi o ano que apresentou o menor valor modal (US\$) e, com a aderência dos dados à distribuição de probabilidade PERT ( $AIC=2,29 \times 10^6$ ), confirmada pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov* ( $K-S=0,1463$ ) conforme Tabela 3.

Ao avaliar o CAUE de um *forwarder*, implemento utilizado para extração de madeira assim como o *grapple skidder*, com vida útil de 5 anos utilizando diferentes métodos de depreciação, Simões et al. (2013) não encontraram a vida econômica das máquinas, pois, para todos os anos analisados obteve-se um CAUE crescente.

Em um estudo realizado por Cesca (2018), o autor concluiu que o momento ótimo de substituição é único e que podem existir equipamentos sem momento ótimo para substituição. Estes equipamentos possuirão uma curva de custo equivalente de propriedade crescente, ou seja, o custo equivalente de manutenção aumenta com o tempo, embora o custo equivalente de capital diminua. Em uma análise com *grapple skidder*, os autores Miyajima et al. (2017) consideram a vida econômica no ano 5 da vida útil em um estudo com *grapple skidder*.

Por conseguinte, o CAUE médio para a vida útil do *grapple skidder* denotou um valor de 384.994,55 US\$ a.a.<sup>-1</sup> e, após o ano 4, foi possível constatar o aumento de aproximadamente 3,25% do CAUE médio das operações do ano seguinte. O coeficiente de variação para o ano 4, foi de 4,61%. Não obstante, para o CAUE mínimo e máximo durante a vida útil do *grapple skidder*, foi verificado uma correlação positiva  $0,8 < \rho_s < 0,9$  caracterizadas como correlações muito fortes para o CAUE. Para os demais componentes verificaram-se associações fracas que permaneceram entre  $0,1 < \rho_s < 0,4$ .

**Tabela 3 - Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do *grapple skidder***

Vida útil (ano)	Valor modal e C.V (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE mínimo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE máximo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	AIC	K-S
1	432.390,00 (5,27%)	331.340,80	540.487,01	2,34x10 <sup>6</sup>	0,1543
2	426.391,58 (4,71%)	346.082,50	519.033,97	2,31x10 <sup>6</sup>	0,1362
3	411.445,30 (4,63%)	337.978,76	510.942,98	2,34x10 <sup>6</sup>	0,1493
4	384.994,55 (4,61%)	315.885,66	474.040,39	2,29x10 <sup>6</sup>	0,1463
5	397.529,21 (4,60%)	322.950,24	488.192,67	2,29x10 <sup>6</sup>	0,1479

Avaliando o *grapple processor* 1, foi verificado que a vida econômica foi encontrada no ano 4 da vida útil, período este em que se obteve o menor valor modal (US\$) e, aderência dos dados à distribuição de probabilidade PERT (AIC=2,96x10<sup>6</sup>), confirmada pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S=0,1461) conforme apresentando na Tabela 4. Sendo assim, ao verificar o CAUE médio da vida útil encontrou-se o valor de 393.745,03 US\$ a.a.<sup>-1</sup>, constatando-se um aumento de 5,12% para o ano seguinte de operação com a máquina autopropelida. O coeficiente de variação para o ano 4, foi de 4,62%.

Dhillon (2010) expõe que a aquisição de um ativo não deve ser determinada mediante apenas ao seu custo de aquisição, mas por meio de um estudo que leve em conta as despesas de manutenção ao longo de toda sua vida útil inclusive. Visto que se um ativo é mantido por um período longo de anos o seu custo de manutenção tende a aumentar e por um período curto o capital não terá sido amortizado, convém determinar o momento ideal de troca de máquinas, por isso, surge o conceito de vida econômica (CESCA, 2017).

Para a interpretação do CAUE mínimo e máximo durante a vida útil do *grapple processor* 1, também verificou-se uma correlação positiva  $0,8 < \rho_s < 0,9$ , caracterizadas como correlações muito fortes para o CAUE e, para os demais componentes verificaram-se associações fracas que permaneceram entre  $0,1 < \rho_s < 0,4$ .

**Tabela 4 - Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do *grapple processor 1***

Vida útil (ano)	Valor modal e CV (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE mínimo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE máximo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	AIC	K-S
1	457.984,53 (5,21%)	352.540,17	570.433,68	2,35x10 <sup>6</sup>	0,1539
2	450.630,61 (4,72%)	362.727,88	544.855,80	2,36x10 <sup>6</sup>	0,1321
3	436.420,82 (4,65%)	358.589,14	542.847,72	2,31x10 <sup>6</sup>	0,1493
4	393.745,03 (4,62%)	324.325,30	487.292,74	2,96x10 <sup>6</sup>	0,1461
5	413.901,97 (4,62%)	336.040,04	508.744,49	2,30x10 <sup>6</sup>	0,1479

Para a análise estocástica do CAUE do *grapple processor 2*, foi encontrado o menor valor modal (US\$), no ano 4 da vida útil, cujo valor foi de 391.360,93 US\$ a.a.<sup>-1</sup> e, aderência dos dados à distribuição de probabilidade PERT (AIC=2,29x10<sup>6</sup>), confirmada pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S=0,1462) conforme apresentando na Tabela 5. Em relação ao CAUE médio encontrado, verificou-se um aumento de 5,12% para as operações com a máquina autopropelida em relação ao ano subsequente ao da vida econômica encontrada.

O coeficiente de variação para o ano 4 foi de 4,62%. Para a descrição do CAUE mínimo e máximo durante a vida útil do *grapple processor 2*, foi verificado uma correlação positiva  $0,8 < \rho_s < 0,9$  caracterizadas como correlações muito fortes para o CAUE. Para os demais componentes verificaram-se associações fracas que permaneceram entre  $0,1 < \rho_s < 0,4$ .

Sendo a operação de traçamento da madeira considerada de suma importância para a atividade de colheita florestal mecanizada, quando analisada perante as incertezas associadas, possibilita a adoção de modelos probabilísticos, que de acordo com Jastad et al. (2018) são os mais adequados à realidade, porque levam em consideração o fator incerteza, bem como as relações entre as variáveis que o compõem.

**Tabela 5 - Análise estocástica do custo anual uniforme equivalente do *grapple processor 2***

Vida útil (ano)	Valor modal e CV (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE mínimo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	CAUE máximo (US\$ a.a. <sup>-1</sup> )	AIC	K-S
1	453.482,76 (5,22%)	348.812,50	565.003,85	2,35x10 <sup>6</sup>	0,1541
2	445.387,84 (4,71%)	358.512,57	538.371,18	2,31x10 <sup>6</sup>	0,1366
3	428.171,84 (4,64%)	351.788,57	532.372,02	2,31x10 <sup>6</sup>	0,1493
4	391.360,93 (4,62%)	322.395,63	484.313,21	2,29x10 <sup>6</sup>	0,1462
5	411.387,46 (4,62%)	334.020,80	505.607,72	2,30x10 <sup>6</sup>	0,1479

Diante do exposto, constatou-se que no ano subsequente à vida econômica, ano 5 da vida útil, ocorreu um aumento significativo para as operações com as máquinas autopropelidas revelando, 4,84% para do *feller-buncher*, 3,25% para o *grapple skidder*, 5,12% para o *grapple processor 1* e 5,12% para o *grapple processor 2*. De acordo com Tusi et al. (2019), ao término da vida útil de máquinas autopropelidas, as empresas precisam decidir sobre a substituição destes. A avaliação do momento ótimo de substituição de equipamentos tem como ponto de partida a vida útil e vida econômica de um bem, visando diminuir os custos.

Nessa perspectiva, faz-se necessário considerar que os comportamentos dos custos sofrem variações no decorrer da vida útil das máquinas autopropelidas, conforme Diniz et al. (2019), considerando o início da mecanização desde os anos 90, a cada ano que passa, as máquinas florestais estão sendo oferecidas com mais e mais tecnologia, dos componentes mais simples aos mais complexos, envolvendo peças elétricas, hidráulicas e mecânicas.

Todas essas mudanças afirmam a necessidade de mão de obra especializada, planejamento das operações, gestão de manutenção e mais do que nunca, estudos que avaliem o ponto ótimo de substituição das máquinas a fim de substituí-las no momento em que os custos são os menores possíveis para as empresas atuantes no segmento florestal.

## 5 CONCLUSÕES

A vida econômica das máquinas autopropelidas avaliadas foi encontrada no ano 4 da vida útil, evidenciado assim, o momento ótimo para a substituição do conjunto de máquinas que compõe o modal avaliado, período em que ocorreu o menor valor modal monetário.

No sistema de árvores inteiras o modal avaliado apresentou custo médio de 592.864,20 US\$ a.a.<sup>-1</sup> para o CAUE ao longo de sua vida útil nas operações com o *feller-buncher*, 384.994,55 US\$ a.a.<sup>-1</sup> nas operações com o *grapple skidder*, 393.745,03 US\$ a.a.<sup>-1</sup> nas operações com o *grapple processor 1* e 391.360,93 US\$ a.a.<sup>-1</sup> nas operações com o *grapple processor 2*.

O custo de reposição de peças ( $C_{pec}$ ) e o custo com reparos e manutenção ( $C_{rem}$ ) foram os elementos de custos (EC) que mais impactaram as operações das máquinas autopropelidas.

As operações no ano 5 da vida útil do modal avaliado representaram um aumento de 18,33% no CAUE médio em relação ao ano da vida econômica encontrada.

## REFERÊNCIAS

- ABENSUR, E. O. A substituição de bens de capital: um modelo de otimização sob a óptica da engenharia de produção. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 3, p. 525-538, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/2015nahead/0104-530X-gp-0104-530X1690-14.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2017.
- 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, mai./jun. 2017. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/4176/3664>>. Acesso em: 04 mar. 2018.
- ALENCAR, R. C. Custo do capital próprio e nível de disclosure nas empresas brasileiras. **BBR Brazilian Business Review**, Vitória, v. 2, n. 1, p. 01-12, jan./jun. 2005. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=123016184001>>. Acesso em: 24 mai. 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://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jas/2004/100-105.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2019.
- ALMEIDA, L. S. F.; VIEIRA NETO, J.; ZOTES, L. P. Comparação dos indicadores financeiros tradicionais com eva® em empresas da construção civil brasileira: um estudo documental. **Sustainable Business International Journal**, Rio de Janeiro, n. 45, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.uff.br/sbijournal/issue/view/619>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- ARAÚJO, E. M.; SILVA, I. N.; OLIVEIRA, J. B.; CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.; ALMEIDA, B. M. Aplicação de seis distribuições de probabilidade a séries de temperatura máxima em Iguatu – CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 36-45, jan./mar. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v41n1/1806-6690-rca-41-01-0036.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.
- 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, mar./abr. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n2/20985.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2018.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G.; PROCÓPIO, A. M. P. Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 43, n. 1, art. 6, p. 72-83, 2008. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/4402/uma-proposta-metodologica-para-o-calculo-do-custo-de-capital-no-brasil>>. Acesso em: 28 mai. 2017.

BANCO CENTRAL do BRASIL. **Conversão de moedas**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>> Acesso em: 16/03/2018.

BARALDI, P. **Gerenciamento de riscos empresariais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2010. 345 p.

BARRIOS, A.; LÓPEZ, A. M.; NIETO, V. M. Influencia del diámetro medio del rodal y las distancias medias de extracción en los costos de un sistema de cosecha en bosques de *Eucalyptus globulus* en la zona central de Chile. **Colombia Forestal**, Bogotá, v. 11, p. 83-92, dez. 2008. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939611006.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

BARROS, K. M.; PIMENTA, A. C. Matemática financeira Com o auxílio de planilhas eletrônicas: série de pagamentos na prática. **Estudos**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 95-105, jan./mar. 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/User/Desktop/3368-9802-1-PB.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

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 jun. 2019.

BERNARDI, L. A. **Manual de formação de preços: políticas, estratégias e fundamentos**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 312 p.

BLANK, L. T.; TARQUIN, A. J. **Engineering economy**. 7. ed. New York: McGraw-Hill Companies, 2012. 621 p.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos: Aplicação em empresas modernas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 232 p.

B3BOVESPA. 2019. **Ações**. Disponível em: <[http://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm](http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm)>. Acesso em: 30 jan. 2019.

BOZDOGAN, H. Model selection and Akaike's information criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**, v. 52, n. 3, p. 345-370, 1987. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02294361>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de "harvesters" na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, dez. 2002. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr62/cap06.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

BRANCO FILHO, G. **Indicadores e índices de manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006. 160 p.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 6. ed. 2010, 540 p.

CABELLO, A.; ALVES, J. Custos invisíveis – conflitos de interesses e o não registro de juros, multas e atualizações monetárias: o caso da universidade de Brasília.

**Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 68, n. 1, p. 213-246, 2017. Disponível em: <<https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/1254/799>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

CARDONA, E. D.; GAITAN, R. S.; VELASQUEZ, C. H. Variables macroeconómicas y microeconómicas que influyen en la estimación del costo de capital: un estudio de caso. **Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión**, Bogotá, v. 25, n. 1, p. 105-116, 2017. Disponível em:

<[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-68052017000100008&script=sci\\_abstract&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-68052017000100008&script=sci_abstract&lng=en)>. Acesso em: 24 nov. 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, mai./jun. 2015.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v39n3/0100-6762-rarv-39-03-0561.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

CARVALHAES, M. V.; ALBUQUERQUE, A. A.; SILVA, D. M. Comparação de duas metodologias de apuração do custo de capital das distribuidoras de energia elétrica brasileiras. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 106-127, mai./ago. 2014. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/rcc/article/view/35154/23561>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010. 432 p.

CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicasos no oeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1146-1153, nov./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n6/a17v30n6>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

CASTRO JÚNIOR, F. H. F.; CONCEIÇÃO, P. M.; SANTOS, D. A. A relação entre o nível voluntário de transparência e o custo de capital próprio das empresas brasileiras não financeiras. **Revista eletrônica de administração**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 617-635, set./dez. 2011. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/read/v17n3/02.pdf>>. Acesso em: 10. jun. 2017.

CASTRO JÚNIOR, W. L.; OLIVEIRA, R. A.; SILVEIRA, S. F. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Viabilidade econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, na região dos Cocais-MA. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 406-418, mai./jun. 2015. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134311/1/ArtigoAdersonEngenhariaAgricola.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

CESCA, I. G. Desdobramentos da tomada de decisão em problemas de substituição de equipamentos por meio de funções contínuas e análise não suave. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 850-874, 2018. Disponível em:

<<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2977/1690>>. Acesso em 19 out. 2019.

ÇILINGIRTÜRK, A. M.; KOÇAK, H. Human Development Index (HDI) rank-order variability. **Social Indicators Research**, v. 137, n. 1, p. 481-504, 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11205-017-1605-5.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D.; COIMBRA, L. A. B.; SOUZA, A. N. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 368-378, out./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/744/74411119011.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

COSTA, A. P. R.; NOSSA, V.; TEIXEIRA, A. M. C.; TEIXEIRA, A. J. C. Otimização de custos do transporte público urbano: comprar ou vender um ônibus usado?. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, Salvador, v. 4, n. 2, p. 73-92, mai./ago. 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.uneb.br/index.php/financ/article/view/544/572>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

CUNHA, M. F.; ASSAF NETO, A.; MARTINS, E. Evidências empíricas das taxas de desconto na avaliação de empresas no Brasil. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 15, n. 34, p. 21-41, jan./mar. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2018v15n34p21/37648>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

CUNHA, M. F.; PEREIRA, E. D.; CRUZ, A. F.; RECH, I. J. Custo de capital médio ponderado na avaliação de empresas no Brasil: uma investigação da aderência acadêmica e a prática de mercado. **Revista ambiente contábil**, Natal, v. 5, n. 2, p. 20-36, jul./dez. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/ambiente/article/view/4142>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

DAMODARAN, A. Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications – The 2012 Edition, mar., 2012. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2027211](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2027211)>. Acesso em: 30 mai. 2019.

DAMODARAN, A. **Narrative and Numbers – The Value of Stories in Business**. Columbia University Press, 2017. 288 p.

DEGARMO, E. P.; CANADA, J. R. **Engineering economy**. 5. ed. New York: Macmillan Publishing Co, 1973. 573 p.

DEVORE, J. L. **Probability and statistics for engineering and the sciences**. 8. ed. Belmont: Brooks/Cole, 2011. 776 p.

DHILLON, B. S.: **Life Cycle Costing for Engineers**. CRC Press, 2010. 224 p.

DINIZ, 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.scielo.br/pdf/cerne/v17n1/v17n1a02.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2019.

DINIZ, C. C.; LOPES, E. S.; MIRANDA, G. M.; KOEHLER, H. S.; SOUZA, E. K. C. Analysis of indicators and cost of world class maintenance (WCM) in forest machines. **Floresta**, Curitiba, v. 49, n. 3, p. 533-542, jul./set. 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/334549567\\_ANALYSIS\\_OF\\_INDICATOR\\_S\\_AND\\_COST\\_OF\\_WORLD\\_CLASS\\_MAINTENANCE\\_WCM\\_IN\\_FOREST\\_MACHINES](https://www.researchgate.net/publication/334549567_ANALYSIS_OF_INDICATOR_S_AND_COST_OF_WORLD_CLASS_MAINTENANCE_WCM_IN_FOREST_MACHINES)>. Acesso em: 20 out. 2019.

DUBOIS, A.; KULPA, L.; SOUZA, L. E. **Gestão de custos e formação de preços: conceitos, modelos e instrumentos: abordagem do capital de giro e da margem de competitividade**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 258 p.

DUTRA, M.; BORNIA, A. C. Gestão estratégica dos custos invisíveis: o caso das empresas estatais transmissoras de energia elétrica do Brasil. **ABCustos**, São Leopoldo, v. 4, n. 2, p. 01-25, mai./ago. 2009. Disponível em: <<https://revistagt.fpl.edu.br/abcustos/article/view/74/279>>. Acesso em: 13 mai. 2018.

FELDENS, A. G.; MULLER, C. J.; FILOMENA, T. P.; KLIEMANN NETO, F. L.; CASTRO, A. S.; ANZANELLO, M. J. Política para avaliação e substituição de frota por meio da adoção de modelo multicritério. **ABCustos**, São Leopoldo, v. 5, n. 1, p. 61-91, jan./abr. 2010. Disponível em: <<https://www.abcustos.emnuvens.com.br/abcustos/article/view/86>>. Acesso em: 26 mai. 2017.

FEMENICK, T. R. A problemática e a solução para os “custos invisíveis” e “custos ocultos”. **Revista da FARN**, Natal, v. 4, n. 1/2, p. 49-61, jul./dez, 2005. Disponível em: <<http://www.revistaunirn.inf.br/revistaunirn/index.php/revistaunirn/article/view/106/118>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

FENNER, P. T. Compactação do solo. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. cap. 13, p. 426-447.

FERMINO, M.; DANTAS, F.; CÂNDIDO, J.; COSTA, A. E.; PAULA, G. A.; PAULA, G. L. S. método Monte Carlo para análise de risco. In: **Book of Proceedings–Tourism and Management Studies International Conference Algarve**, Algarve, v. 3, p. 818-831, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3887/388743876010.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, P. A.; SANTOLIN, R.; REIS, B. S. Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa – MG: viabilidade econômica e análise de risco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 44, v. 4. p. 713-730, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032006000400005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032006000400005)>. Acesso em: 28 fev. 2019.

FORSTER, G. Modelo de precificação de ativos – CAPM. Um estudo sobre a apuração do custo de oportunidade do capital próprio. **Revista TECAP**, Toledo, n. 03, v. 3, p. 72-78, 2009. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/CAP/article/viewFile/932/543>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

FREITAS, J. B.; SEVERIANO FILHO, C. Apreciação dos custos ocultos do processo sucroalcooleiro em uma usina de álcool na Paraíba. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 3, n. 1, p. 52-63, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/80/77>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FREITAS L. C.; SILVA, M. L.; MACHADO, C, C. Influência do cálculo de depreciação no imposto de renda e no fluxo de caixa de uma atividade de transporte florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 257-264, mar./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n2/a08v31n2.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

FREITAS, L. C.; MARQUES, G. M.; SILVA, M. L.; MACHADO, R. R.; MACHADO, C. C. Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 855-863, nov./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n6/23986.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

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.researchgate.net/publication/319751043\\_Simulation\\_of\\_Failure\\_Scenarios\\_related\\_to\\_Maintenance\\_Activities](https://www.researchgate.net/publication/319751043_Simulation_of_Failure_Scenarios_related_to_Maintenance_Activities)>. Acesso em: 28 set 2019.

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 mai. 2019

GOMES, J. M. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos: tópicos práticos de finanças para gestores não financeiros**. São Paulo: Atlas, 2013. 176 p.

GRAHAM, W. J. Depreciação e reposição de capital em economia inflacionária. **Revista de administração de empresas**. São Paulo, v. 5, n. 17, p. 169-187, out./dez. 1965. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75901965000400006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901965000400006)>. Acesso em: 21 jul. 2018.

GUTHRIE, G. Regulated prices and real options. **Telecommunications Policy**, Wellington, v. 36, n. 8, p. 650-663, sep. 2012. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865777420&partnerID=40&md5=940423818ca95411aeb12ef3aabcbbced>>. Acesso em: 22 nov. 2013.

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/9826/9946>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

HARASE, S. Conversion of Mersenne Twister to double-precision floating-point numbers. **Mathematics and computers in simulation**, Imacs, set. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378475418302040>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

HENDRIKSEN, E. S.; BREDA, M. F. V. **Teoria da contabilidade**. São Paulo: Atlas, 1999. 550 p.

HARTMAN, J. C.; TAN, C. H. Equipment Replacement Analysis: A Literature Review and Directions for Future Research. **The Engineering Economist**, v. 59, p. 136-153, mai. 2014. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0013791X.2013.862891>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

HERNÁNDEZ-BASTIDA, A.; FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, M. P. How adding new information modifies the estimation of the mean and the variance in PERT: a maximum entropy distribution approach. **Annals of Operations Research**, v. 274, n. 1-2, p. 291-308, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-018-2857-4>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

HORNGREN, C. T.; DATAR, S. M.; FOSTER, G.; SUNDEM, G. L.; STRATTON, W. O. **Contabilidade gerencial**, 12 ed. Pearson, 2004.

JACOVINE, I. A. G.; TRINDADE, C. Qualidade total da atividade de colheita florestal. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. cap. 12, p. 379-425.

JASTAD, E. O.; MUSTAPHA, W. F.; BOLKESJO, T. F.; TROMBORG, E.; SOLBERG, B. Modelling of uncertainty in the economic development of the Norwegian forest sector. **Journal of Forest Economics, Amsterdam**, v. 32, p. 106-115, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1104689917300909>>. Acesso em 20 out. 2019.

JING, L.; CHEN, B.; ZHANG, B.; LI, P.; ZHENG, J. Monte Carlo simulation-aided analytic hierarchy process approach: Case study of assessing preferred non-pointsource pollution control best management practices. **Journal of environmental engineering© ASCE**, v. 139, n. 5, p. 618-626, mai. 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: 16 jun. 2019.

J. P. MORGAN. **Emerging Markets Bond Index Plus**. Disponível em: <<https://www.jpmorgan.com/country/BR/pt/jpmorgan>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods**. 3 ed. London: Charles Griffin & Company LTD, 1962. 202 p.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 388 p.

LANDETA, J. M. I.; GONZÁLEZ, J. G.; CORTÉS, C. B. Y. Determinación de la vida económica de un equipo. Análisis de sensibilidad de las variables intervinientes. **ConCiencia tecnológica**, Hildalgo, n. 53, jan./jun. p. 43-53. 2017. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6407911>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

LI, Y.; NG, D. T.; SWAMINATHAN, B. Predicting market returns using aggregate implied cost of capital. **Journal of Financial Economics**. New York, v. 110 p. 419-436, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfineco.2013.06.006>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

LIMA, M. A. A. A estrutura e as ferramentas da intervenção-pesquisa socioeconômica nas empresas e demais organizações. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 21-30, jan./mar, 1991. Disponível em: <[https://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/10.1590\\_S0034-75901991000100004.pdf](https://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/10.1590_S0034-75901991000100004.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2018.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008, cap. 2, p. 43-65.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014, cap. 2, p. 46-73

LINS, G. E. **Análise econômica de investimentos**. Rio de Janeiro, RJ: Apec Editora S. A., 1975. 264 p.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; SANTOS, N. T.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 215-222, set. 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr79/cap05.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

LOPES, E. S.; MISSEL, J. W. P.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica do trator florestal arrastador "skidder" com diferentes tipos de rodados na extração de madeira em povoamentos de pinus. **Revista árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1053-1061, nov./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n6/a10v31n6.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, D.; SAMPIETRO, J. A. Influence of wheeled types of a skidder on productivity and cost of the forest harvesting. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 53-62, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/31356/22126>>. Acesso em: 09. out. 2019.

LOPES, E. S.; SAMPIETRO, J. A.; PEREIRA, A. L. N.; OLIVEIRA, D. Compactação de um latossolo submetido ao tráfego de *skidder* com diferentes rodados. **Floresta**,

Curitiba, v. 41, n. 3, p. 471-480, jul./set. 2011. Disponível em:  
<<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/24038/16073>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa-MG: UFV, 2002. 468 p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa: Editora UFV, Impr. Univ., 1988. 65 p.

MACHADO, L. R.; GURGEL, A. C.; GAMEIRO, A. H. Dimensionamento e análise financeira de sistema de corte, carregamento e transporte de eucalipto. **Empreendedorismo, gestão e negócios**, Pirassununga, v. 4, n. 4, p. 212-237, mar. 2015. Disponível em:  
<<http://www.fatece.edu.br/arquivos/arquivos%20revistas/empreendedorismo/volume4/11.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

MACHADO, C. C.; SANTOS, S. L. M.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C. Análise de custos de subsistemas de colheita de toras de eucalipto de diferentes comprimentos e volumes por árvore. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 73-81, 2002. Disponível em:  
<[https://books.google.com.br/books?id=nzWaAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=nzWaAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 01 mar. 2019.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; CASTRO, G. P. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. cap. 1, p. 15-45.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF, 1998. 138 p.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; CASTRO, G. P. Sistemas. In: MACHADO, C.C. **Colheita florestal**. 3. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Editoria UFV, 2014. cap. 6, p. 178-205.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 169-182, mai./ago. 2006. Disponível em:  
<<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6459/4650>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

MARASCHIN JÚNIOR, D. A.; FINGER, A. F.; LORETO, A. B. Definição intervalar e análise de qualidade da função densidade de probabilidade da variável aleatória contínua com distribuição Beta. **Scientia Plena**, v. 13, n. 4, 2017. Disponível em:  
<<https://scientiaplenu.emnuvens.com.br/sp/article/view/3657/1720>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

MARIA, R. C.; LUZ, J. A. M. Aspectos da avaliação técnico-econômica de circuitos de flotação. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 645-651, out./dez. 2010. Disponível em:  
<[https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5017/1/ARTIGO\\_AspectosAvalia%ca7%ca3oT%ca9cnico.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5017/1/ARTIGO_AspectosAvalia%ca7%ca3oT%ca9cnico.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2019.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 376 p.

MARTINS, E. A.; CAMPOS, R. T.; CAMPOS, K. C.; ALMEIDA, C, S. Rentabilidade da produção de acerola orgânica sob condição determinística e de risco: estudo do distrito de irrigação Tabuleiro Litorâneo do Piauí. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 54, n. 1, jan./mar. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032016000100009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032016000100009)>. Acesso em: 13 jul. 2018.

MARTINS, J. L. F.; FERREIRA, M. L. R.; PARDAL, J. M.; MORANO, C. A. R. Comparación de la estimación de la productividad del proceso de soldadura eléctrica por los métodos de simulación de Monte Carlo e Hipercubo Latino. **Información tecnológica**, La Serena, v. 23, n. 4, p. 21-32, 2012. Disponível em: <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642012000400004](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000400004)>. Acesso em: 03 jul. 2018.

MARTÍNEZ, C. E.; LEDESMA, J. S.; RUSSO, A. O. Particularidades del modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM) en mercados emergentes. **Análisis financiero**, Buenos Aires, n. 121, p. 37-47, 2013. Disponível em: <<http://fepi.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/39/2014/12/Particularidades-del-Modelo-de-Fijaci%C3%B3n-de-Precios-de-Activos-de-Capital-CAPM-en-Mercados-Emergentes.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

MEGLIORINI, E. **Custos análise e gestão**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 304 p.

MELO, I. C.; ALVES JÚNIOR, P. N.; GUIMARÃES, P. S.; REBELATTO, D. A. N. Substituição de equipamentos aplicada ao mercado brasileiro de automóveis: uma abordagem via custo anual uniforme equivalente. **Latin American Journal of Business Management**, Taubaté, v. 9, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://lajbm.com.br/index.php/journal/article/view/461>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

MENDES, J. T. G.; PADILHA, J. P. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Education-Br, 2007. 384 p.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. C. **Manutenção – combate aos custos na não-eficácia: a vez do Brasil**. São Paulo: Editora Makron Books do Brasil, 1993. 373 p.

MIOT, H. A. Assessing normality of data in clinical and experimental trials. **J. Vasc. Bras.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 88–91, abr./jun. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jvb/v16n2/1677-5449-jvb-16-2-88.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MIYAJIMA, R. H.; TONI, R. P.; FENNER, P. T.; SIMÕES, D. Análise quantitativa do risco técnico-econômico de um trator florestal *skidder*. **BIOFIX Scientific Journal**, Paraná, v. 2, n. especial I MECFOR, p. 06-11, nov. 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/56339/33954>>. Acesso em: 20 out. 2018.

MOLINA, L. A. G. Impacto del costo de uso del capital sobre la inversión corporativa: ejercicio a través del costo promedio ponderado de capital (WACC) para Colombia. **Económicas CUC**, La Costa, v. 37, n. 2, p. 157-176, jul./dez. 2016.

Disponível em:

<[https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/1150/pdf\\_114](https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/1150/pdf_114)>.

Acesso em: 24 nov. 2018.

MONTEIRO, J. S.; PONTUAL, F. Uma análise acerca dos riscos existentes em investimento no mercado imobiliário tendo como base parâmetros de mensuração do modelo CAPM e simulação Monte Carlo. Um estudo de caso no mercado imobiliário da cidade do Recife. **HumanAE**, Recife, ed. esp. p. 01-22, 2015.

Disponível em:

<<http://humanae.esuda.com.br/index.php/humanae/article/view/515/155>>. Acesso

em: 02 jul. 2018.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Editora Atlas, 2011. 391 p.

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/rarv/v28n2/20984.pdf>>.

Acesso em: 25 fev. 2019.

MOURA, G. D.; MACEDO, F. F. R. R.; MAZZIONI, S.; KRUGER, S. D. Análise da relação entre gerenciamento de resultados e custo de capital em empresas brasileiras listadas na BM&FBOVESPA. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, Florianópolis, v. 15, n. 44, p. 9-23, jan./abr. 2016. Disponível em:

<<http://revista.crcsc.org.br/index.php/CRCSC/article/view/2152/1878>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

NASCIF, J.; DORIGO, L. C. **Manutenção orientada para resultados**. Rio de Janeiro: Qualymark, 2010. 296 p.

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://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/7>>. Acesso em: 29 set. 2018.

OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, A. P. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **GEPROS**, Bauru, v. 8, n. 3, p. 53-69, jul./set. 2013. Disponível em:

<<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1021/501>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

OLIVEIRA, R. J.; MACHADO, C. C.; FERNANDES, H. C.; CANTO, J. L. Clambunk skidder: avaliação econômica no arraste de madeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 547-556, jul./set. 2008. Disponível em:

<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2766/2367>>.

Acesso em: 27 fev. 2018.

PARK, Y. H. A study of risk management and performance measures on new product development, **Asian Journal on Quality**, v. 11, n. 1, p. 39-48. 2010.

Disponível em:

<<https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/15982681011051813>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

PARRA-ACOSTA, J. F.; PENÃ-GONZÁLEZ, Y. C. Lá teoría de los costos desempeños ocultos: una aproximación teórica. **Cuadernos de Contabilidad**, Bogotá, v. 15, n. 39. p. 725-743, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v15nspe39/v15nspe39a02.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2011. 228 p.

PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. S.; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do feller-buncher e skidder na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 4, p. 981-989, out./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v25n4/0103-9954-cflo-25-04-00981.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

PITTENGER, D.; GRANSBERG, D. D.; ZAMAN, M.; RIEMER, C. Stochastic lifecycle 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: 13 jun. 2017.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M., MATA, H. T. C.; VIEIRA, J. R.; MORGADO, I. F. Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte Fluminense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v 42, n. 4, out./dez. 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032004000400005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032004000400005&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acesso em: 14 out. 2019.

PURDY, G. ISO 31000:2009 - Setting a new standard for risk management, **Risk Analysis**, Denver, v. 30, n. 6, p. 881-886, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01442.x>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

REZENDE, J. L.; FIEDLER, N. C.; MELLO, J. M.; SOUZA, A. P. Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal. **Boletim Agropecuário**, Lavras: UFLA, n. 22, 1997. 50 p.

RIBEIRO, R. H.; NOBRE, L. H. N.; NOBRE, F. C.; CALIL, J. F. Análise de viabilidade financeira de um investimento em uma empresa da indústria salineira com simulação de Monte Carlo. **Exacta**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 511-525, 2016. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81047687013>>. Acesso em: 10 out. 2017.

RODRIGUEZ, R. A. S. C. Pert using Fuzzy variables and probability distribution function randomly selected. **Independent Journal of Management & Production**, v. 10, n. 1, p. 41-55, 2019. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6796291>>. Acesso em: 18 jun. 2019.

ROGERS, P.; SANTOS, E. J.; LEMES, S. Precificação em empresas comerciais: um estudo de caso aplicando o custeio variável através do método de Monte Carlo. **Revista FAE**, Curitiba, v. 11, n. 1, p.55-67, jan./jun. 2008. Disponível em:

<<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/259/177>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

ROMANELLI, T. L.; MILAN, M. Material flow determination through agricultural machinery management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p.375-383. jul./ago. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v67n4/v67n4a01.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

SÁ, A. L. **Dicionário de contabilidade**. 8. ed. Editoria: Altas, São Paulo, 1990. 443 p.

SÁ, G. T. **Administração de investimentos, teorias de carteiras e gerenciamento de riscos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. 376 p.

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/cienciaflorestal/article/view/17482/pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

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

SANTOS, D. W. F. N.; LEITE, E. S.; SOUZA, D. R.; FERNANDES, H. C. Análise técnica-econômica de sistemas de colheita: toras curtas e toras longas sob métodos mecanizado e semimecanizado. **Magistras**, Cruz das almas, BA, v. 27, n. 3/4, p. 412-423, jul./dez. 2015. Disponível em: <<https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/408/85>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SANTOS, L. N.; FERNANDES, 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. 27-34, jan./mar. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v22n1/2317-6342-cerne-22-01-00027.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

SANTOS, M. A. **Contabilidade de custos**. Salvador: UFBA, 2018. 103 p.

SANTOS, P. H. A.; SOUZA, A. P.; MARZANO, F. L. C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com *clambunk skidder*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, mai./jun. 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622013000300014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622013000300014)>. Acesso em: 02 mar.2019.

SANTOS, V. A. **Manual prático da manutenção industrial**. 2. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2007. 301 p.

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, jan./mar. 2011. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/pdf/prod/v21n1/aop\\_t6\\_0003\\_0208.pdf](http://www.scielo.br/pdf/prod/v21n1/aop_t6_0003_0208.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2018.

SEIXAS, F. Extração. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 2008. cap. 4, p. 97-145.

SILVA, B. A. O.; NOGUEIRA, S. G.; REIS, E. A. Determinação do momento ótimo para substituição de equipamentos sob as óticas da gestão econômica e da engenharia econômica. **Revista de Administração e Contabilidade**, Feira de Santana, v. 7, n. 1, p. 35-52, mai./ago. 2015. Disponível em: <<http://www.reacfat.com.br/index.php/reac/article/view/106/108>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, 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.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/18175/Cerne\\_v9\\_n1\\_p119-127\\_2003.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/18175/Cerne_v9_n1_p119-127_2003.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> Acesso em: 30 jun. 2018.

SILVA, E. S.; QUEIRÓS, M. **Gestão financeira - análise de investimentos**. 2. ed. Porto: Grupo editorial Vida Económica, 2011. 480 p.

SILVA, J. R.; FENNER, P. T.; CATANEO, A. Avaliação do desempenho operacional de trator florestal feller-buncher. **Revista de Ciência Agroveterinária**, Lages, v. 6, n. 1, p. 29-34. 2007. Disponível em: <<http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5356/3561>>. Acesso em: 15 set. 2018.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, E. S. Custos. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. Cap. 8, p. 254-287.

SIMÕES, D.; CERVI, R. G.; FENNER, P. T. Análise da depreciação do forwarder com aplicação do custo anual uniforme equivalente. **Tékhn e Logos**, Botucatu, v. 4, n. 2, p. 33-49, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/view/198/179>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

SIMÕES, D.; DINARDI, A. L.; SILVA, M. R. Investment Uncertainty Analysis in Eucalyptus Bole Biomass Production in Brazil. **Forests**, v. 9, n. 7, p. 384-396. Jun. 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1999-4907/9/7/384>>. Acesso em: 15. Abr. 2019.

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: 17 jan. 2018.

SIMÕES, D.; GOUVEA, A. C. F. Método de Monte Carlo aplicado a economicidade do cultivo de Tilápia-do-Nilo em tanques-rede. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, n. 64, n. 245, p. 41-48, 2015. Disponível em:

<<http://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/373/352>>. Acesso em: 11 jan. 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: 17 jul. 2018.

SIMÕES, D.; RIBEIRO, J. P.; GOUVEIA, P. R.; SANTOS, J. C. D. Economical and financial Analysis of aviaries for the integration of broilers under conditions of risk. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 3, p. 240-247, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542015000300240&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542015000300240&script=sci_abstract)>. Acesso em: 01. Jun. 2019.

SLACK, N.; JONES, A. B.; JOHNSTON, R. **Administração de produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 526 p.

SOBOL, I. M. **A primer for the Monte Carlo method**. Florida: CRC Press, 1994. 126 p.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 186 p.

SOUZA, A. B. **Curso de administração financeira e orçamento**. São Paulo: Atlas S.A., 2014. 384 p.

SOUZA, V. C. **Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle da manutenção**. 2. ed. São Paulo: All Print Editora, 2007. 280 p.

STANDARD&POOR'S. **Lista de Rating de Emissor na América Latina da S&P Global Ratings**. 2019. Disponível em: <[https://www.standardandpoors.com/pt\\_LA/delegate/getPDF?articleId=2171149&type=COMMENTS&subType=REGULATORY](https://www.standardandpoors.com/pt_LA/delegate/getPDF?articleId=2171149&type=COMMENTS&subType=REGULATORY)>. Acesso em: 30 jan. 2019.

STEFANINI, P. **Metodi di ricerca e prevenzione dei guasti**. 2. Ed. Milano: Tecniche Nuove, 2011. 200 p.

STÖHR, G. W. D. Cálculo de custos de máquinas florestais. **Floresta**, p. 23-30, 1977. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6200/4419>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

TEIXEIRA, R. C.; SANTOS, D. W. F. N.; FERNANDES, H. C.; DADALTO, J. P. Desempenho técnico e econômico do *feller-buncher* em distintas características dendrométricas do povoamento florestal. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. especial, p. 782-786, dez. 2018. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193155689>>. Acesso em: 13 out. 2019.

TERRES, J. C.; CORREA, D. L.; COSTA, G. M.; CORREA, L.; FERNANDES, S. G. Depreciação do ativo imobilizado: um estudo a respeito do grau de conhecimento dos profissionais de contabilidade das cidades de Itajaí e Navegantes – SC.

**Caderno Científico Ceciesa – Gestão.** Itajaí, v. 2, n. 1, p. 149-158, 2016.  
Disponível em: <://siaiap32.univali.br/seer/index.php/cceg/article/view/10214/5753>.  
Acesso em: 02 abr. 2017.

THIRUMALAI, C.; CHANDHINI, S. A.; VAISHNAVI, M. Analysing the concrete compressive strength using Pearson and Spearman. **International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)**, Vellore, IND, 2017. p. 215-218. Disponível em:  
<<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8212799/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

TORRES, O.; FAGUNDES, M. B. B.; FIGUEIREDO, A. M. R.; TREDEZINI, C. A. O. Impacto da Implantação do Custo do Pedágio na BR-163 em Relação ao Transporte de Soja do Estado de Mato Grosso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 55, n. 3, p. 533-550, 2017. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032017000300533&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032017000300533&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acesso em: 20 jun. 2019.

TRIOLA, M. F. **Essentials of Statistics**. 5 ed. Pearson, 2014. 696 p.

TUSI, M. I.; RUOSO, A. C.; TOWNSEND, J. C. M.; SANTOS, L. A. M.; ROSA, L. C. Análise do cálculo da vida econômica de veículos de um centro de formação de condutores. **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia**, São Gotardo, MG, n. 20, p. 137-149, 2019. Disponível em:  
<<http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia/article/view/492>>.  
Acesso em 19 out. 2019.

VELOSO, N. **Gerenciamento e manutenção de equipamentos móveis**. 1. ed. São Paulo: Sobratema, 2009. 279 p.

VERGARA, W. R. H.; TEIXEIRA, R. T.; YAMANARI, J. S. Análise de risco em projetos de engenharia: uso do PERT/CPM com simulação. **Exacta**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 75-88, 2017. Disponível em:  
<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81050129006>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

VEY, I. H.; ROSA, R. M. Utilização do custo anual uniforme equivalente na substituição de frota em empresas de transporte de passageiros. **Revista eletrônica de contabilidade**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p. 150-173, set./nov. 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/contabilidade/article/view/150/3532>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

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://www.bibliotekevirtual.org/revistas/NATIVA/v04n05/v04n05a12.pdf>> Acesso em: 07 jun. 2018.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4. ed. Prentice Hall, 1998. 929 p.

WHERRY, R. J. **Contributions to correlational analysis**. Orlando: Academic Press, 1984. 463 p.