

JORGE CARVALHO MARTINS

**INVESTIMENTOS EM FLORESTAS PLANTADAS DE *Pinus elliottii*: ANÁLISE DE
OPÇÕES REAIS EM TEMPO DISCRETO**

Botucatu

2020

JORGE CARVALHO MARTINS

**INVESTIMENTOS EM FLORESTAS PLANTADAS DE *Pinus elliottii*: ANÁLISE DE
OPÇÕES REAIS EM TEMPO DISCRETO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Ciência
Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Simões

Botucatu

2020

M386i Martins, Jorge Carvalho
Investimentos em florestas plantadas de *Pinus elliottii* :
análise de opções reais em tempo discreto / Jorge Carvalho
Martins. -- Botucatu, 2020
150 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Danilo Simões

1. Engenharia florestal. 2. Análise econômico-financeira. 3.
Processo estocástico. 4. Fluxo de caixa. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INVESTIMENTOS EM FLORESTAS PLANTADAS DE *Pinus elliotti*: ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS EM TEMPO DISCRETO

AUTOR: JORGE CARVALHO MARTINS

ORIENTADOR: DANILO SIMOES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DANILO SIMOES

Engenharia de Produção / UNESP - Campus Experimental de Itapeva

Prof.^a Dr.^a GISLAINE CRISTINA BATISTELA

Engenharia de Produção / UNESP - Campus Experimental de Itapeva

Prof.^a Dr.^a MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 17 de agosto de 2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me dar saúde e força para sempre continuar realizando projetos e sonhos.

A minha querida mãe, Juliana, por todo amor, apoio e incentivo nos momentos de dificuldade.

A toda minha família, em especial aos meus avós, pai, irmão e Ronaldo por fazerem parte de meu crescimento, formação e por toda ajuda e incentivo em momentos importantes.

Agradeço a minha namorada, Jéssica, pelo apoio, incentivo e principalmente paciência durante os momentos de ausência.

A meu orientador, Prof. Dr. Danilo Simões, pela instrução, dedicação, ensinamentos e preceitos de pesquisador compartilhados.

Aos professores integrantes da banca de defesa e qualificação: Prof^a. Dr^a. Gislaine Batistela, Prof^a. Dr^a Magali Ribeiro, Prof^a. Dr^a. Miriam Tsunemi, Prof. Dr. Richardson Barbosa.

Aos meus amigos do Departamento de Ciência Florestal, em especial a Diego, Jean, Jheyson, Jhuan, Lara, Rafaele e Ricardo, pelas conversas e experiências compartilhadas.

Ao Lorenzo por compartilhar conhecimento e sua experiência no setor florestal.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal e a Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista - Unesp e a todos os professores e funcionários que fizeram possível a conclusão dessa etapa da minha formação.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.”

RESUMO

Os métodos tradicionais adotados para avaliação de projetos de investimento tendem a subestimar o valor dos ativos biológicos. Isto posto, a Análise de Opções Reais apresenta-se como alternativa para avaliação de projetos de investimento em florestas plantadas por admitir as incertezas inerentes do mercado florestal ao contemplar as flexibilidades gerenciais. Neste sentido, o objetivo foi avaliar se a Análise de Opções Reais agrega valor aos projetos de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii* conduzidas no Brasil. Foram analisados dois projetos de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii* conduzidas no estado de São Paulo, Brasil, os quais diferiram somente em relação a obtenção da terra para o plantio, com arrendamento ou compra da terra. A rotação florestal foi pautada em um horizonte de planejamento de 21 anos, período que houve a geração de receitas com a comercialização da floresta. As Opções Reais utilizadas na análise foram de diferimento, expansão e abandono, que quando combinadas em um único modelo dinâmico, obteve-se a maior taxa de valoração dos projetos de investimento em relação ao método tradicional. A Análise de Opções Reais demonstrou consistência ao abordar investimentos em florestas plantadas de *Pinus elliottii* por ser uma técnica diferenciada quando comparada ao método tradicional de avaliação, demonstrado por meio do valor agregado aos projetos de investimento, tornando-os mais atrativos e viáveis economicamente.

Palavras-chave: Ativos biológicos. Flexibilidade gerencial. Gestão florestal. Modelo binomial. Valor presente líquido.

ABSTRACT

The traditional methods adopted to evaluate investment projects tend to underestimate the value of biological assets. That said, Real Options Analysis presents itself as an alternative for evaluating investment projects in planted forests because it admits the inherent uncertainties of the forest market when contemplating managerial flexibilities. In this sense, the objective was to assess whether the Real Options Analysis adds value to investment projects in planted forests of *Pinus elliottii* conducted in Brazil. It was analyzed two investment projects in planted forests of *Pinus elliottii* conducted in the state of São Paulo, Brazil, which differed only in relation to obtaining land for planting, with lease or purchase of land. The forest rotation was based on a planning horizon of 21 years, a period in which revenue was generated from the sale of the forest. The Real Options used in the analysis were deferral, expansion and abandonment, which when combined in a single dynamic model, obtained the highest rate of valuation for the investment projects compared to the traditional method. The Real Options Analysis demonstrated consistency when approaching investments in planted forests of *Pinus elliottii* for being a differentiated technique when compared to the traditional method of evaluation, demonstrated through the added value to the investment projects, making them more attractive and economically viable.

Keywords: Biological assets. Managerial flexibility. Forest management. Binomial model. Net present value.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de projeto com probabilidades neutras ao risco.....	52
Figura 2 - Modelo de árvore binomial com três períodos.....	77
Figura 3 - Modelo dos projetos sem opções reais	78
Figura 4 - Modelo binomial com opção de diferimento dos projetos	79
Figura 5 - Modelo binomial com opção de expansão dos projetos	80
Figura 6 – Modelo binomial com opção de abandono dos projetos	80
Figura 7 - Modelo binomial com todas as opções combinadas	80
Figura 8 – Simulação do preço da resina com o MBG	86
Figura 9 – Simulação do preço da árvore em pé de desbaste com MBG	86
Figura 10 – Simulação do preço da árvore em pé de corte raso com MBG.....	87
Figura 11 – Árvore binomial executada com opção de diferimento no projeto com arrendamento da terra.....	90
Figura 12 - Árvore binomial executada com opção de diferimento no projeto com compra da terra.....	90
Figura 13 - Probabilidade real de exercício da opção de diferimento no projeto com arrendamento da terra.....	91
Figura 14 - Probabilidade real de exercício da opção de diferimento no projeto com compra da terra.....	91
Figura 15 - Probabilidade real de exercício da opção de expansão no projeto com arrendamento da terra.....	92
Figura 16 - Probabilidade real de exercício da opção de expansão para o projeto com compra da terra	93
Figura 17 - Probabilidade real de exercício da opção de abandono no projeto com arrendamento da terra.....	94
Figura 18 - Probabilidade real de exercício da opção de abandono no projeto com compra da terra.....	94
Figura 19 – Probabilidade real de exercício das opções combinadas no projeto com arrendamento da terra.....	96
Figura 20 - Probabilidade real de exercício das opções combinadas no projeto com compra da terra.....	97

Figura 21 – Sensibilidade do valor das opções reais em relação à volatilidade do projeto com arrendamento da terra..... 98

Figura 22 - Sensibilidade do valor das opções reais em relação à volatilidade do projeto com compra da terra..... 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros para calcular o custo de oportunidade de capital dos projetos de investimentos.....	83
Tabela 2 – Parâmetros necessários para construção da árvore binomial.....	88
Tabela 3 – Valores dos projetos com a opção diferimento	89
Tabela 4 – Valores dos projetos com a opção de expansão	92
Tabela 5 – Valores dos projetos com a opção de abandono	93
Tabela 6 – Valores dos projetos com as opções reais combinadas	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B ³	Brasil, Bolsa, Balcão
BRL	Real Brasileiro
BSM	Black, Scholes e Merton
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i> - Modelo de Precificação de Ativos de Capital
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> – Capital demandando para implantação do projeto
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
CRR	Cox, Ross e Rubinstein
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EDE	Equação Diferencial Estocástica
EMBI+	<i>Emerging Market Bond Index Plus</i> - Índice de Títulos da Dívida de Mercados Emergentes
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
IMA	Incremento Médio Anual
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade interna
IRPJ	Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MBG	Movimento Browniano Geométrico
MAD	<i>Market Asset Disclaimer</i> - Negativa do Ativo Negociado
MMC	Método de Monte Carlo
PIS	Programa de Integração Social
ROA	Análise com Opções Reais
USD	Dólar Americano
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
VPL_{trad}	Valor Presente Líquido tradicional
VPL_{expa}	Valor Presente Líquido expandido
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital</i> - Custo Médio Ponderado do Capital

LISTA DE SÍMBOLOS

CO_2	dióxido de carbono
%	porcentagem
u	fator de subida
d	fator de descida
p	probabilidade neutra ao risco para subida
$1 - p$	probabilidade neutra ao risco para descida
x	variável de um processo estocástico
t	tempo
T	tempo total
$\in$	pertence
Δ	intervalo de uma variável
m	metro
m^3	metro cúbico
ha	hectare
mm	milímetro
FC	fluxo de caixa
RB	receita bruta
TR	tributos pautados no lucro presumido
PC	alíquota referente ao PIS e COFINS
CS	custos operacionais, insumos e manutenção
CR	custos com extração da resina
CA	custos administrativos
CT	custo do arrendamento ou da compra da terra para o plantio florestal
i	taxa do custo de oportunidade de capital dos projetos
k_d	taxa de retorno do capital de terceiros
τ	alíquota do IRPJ e do CSLL
w_d	peso relativo ao componente de capital de terceiros
k_e	taxa de retorno do capital próprio
w_e	peso relativo ao componente de capital próprio
rf	taxa de retorno livre de risco

β	coeficiente beta
R_M	taxa de retorno de mercado do setor florestal
λ	prêmio pelo risco país
r_α	retorno do ativo
r_m	retorno do mercado
$\rho_{\alpha,m}$	correlação entre retorno do ativo e retorno do mercado
σ_α	desvio padrão do retorno do ativo
σ_m	desvio padrão do retorno do mercado
σ_m^2	variância do retorno do mercado
β_U	coeficiente beta desalavancado
β_L	coeficiente beta alavancado
D	valor de mercado da dívida
VM	valor de mercado do patrimônio líquido alavancado
VP	valor presente
n	número de períodos do fluxo de caixa
j	período para qual o fluxo de caixa será descontado
ε_t	variável aleatória com distribuição normal de média 0 e desvio padrão 1
dw	incremento de um processo de <i>Wiener</i>
P	preço do ativo
a	parâmetro de tendência
b	parâmetro de variância
μ	parâmetro de tendência (<i>drift</i>) dos preços
σ	desvio padrão do Logaritmo Neperiano dos retornos dos preços
$\ln$	Logaritmo Neperiano
$\bar{z}$	média do $\ln$ dos retornos das séries de preços
$V\tilde{P}_1$	Valor Presente probabilístico do projeto de investimento no período um
VP_0	Valor Presente determinístico do projeto de investimento na data focal
e	exponencial
$\tilde{v}$	retorno aleatório do projeto de investimento
σ_p	volatilidade do valor presente do projeto de investimento
m	número de ações do título gêmeo no portfólio

S	preço atual da ação do título gêmeo
B	investimento em dólar no ativo (<i>bond</i>) livre de risco
VP_u	valor do projeto no estado de subida
VP_d	valor do projeto no estado de descida
max	função de maximização
CE	custo de expansão
VR	valor residual proveniente do abandono do projeto
V_{OR}	valor da opção real
U	valor do ativo subjacente
X	preço de exercício da opção real

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	Povoamentos de <i>Pinus elliottii</i>.....	25
2.2	Avaliação de investimentos em ativos biológicos.....	27
2.3	Taxa do custo de oportunidade do projeto de investimento.....	28
2.3.1	Custo Médio Ponderado de Capital.....	28
2.3.2	Modelo de precificação de ativos.....	30
2.3.3	Coeficiente de risco sistemático.....	32
2.4	Fluxo de caixa descontado.....	35
2.5	Valor presente líquido.....	36
2.6	Flexibilidade gerencial.....	38
2.7	Análise de Opções Reais.....	41
2.8	Taxonomia das opções.....	43
2.8.1	Opção de diferimento.....	43
2.8.2	Opção de expansão.....	45
2.8.3	Opção de abandono.....	46
2.9	Apreçamento de opções.....	48
2.9.1	Modelo de Black, Scholes e Merton.....	48
2.9.2	Modelo binomial.....	50
2.9.3	Processo estocástico.....	53
2.9.4	Tempo discreto.....	54
2.9.5	Movimento Browniano Geométrico.....	55
2.9.6	Volatilidade.....	57
3	MATERIAL E MÉTODOS	60
3.1	Florestas plantadas de <i>Pinus elliottii</i>.....	60
3.2	Modelo Determinístico.....	61
3.2.1	Fluxo de caixa esperado dos projetos de investimento.....	61
3.2.2	Custo médio ponderado de capital.....	62
3.2.3	Modelo de precificação de ativos.....	63
3.2.4	Coeficiente beta dos projetos de investimento.....	64

3.2.5	Valor presente líquido.....	66
3.3	Modelo estocástico.....	67
3.3.1	Incertezas referentes aos projetos.....	67
3.3.2	Processo estocástico.....	67
3.3.3	Movimento Browniano Geométrico.....	68
3.3.4	Volatilidade dos projetos.....	71
3.3.5	Movimentos de subida e descida do ativo subjacente.....	72
3.3.6	Probabilidade neutra ao risco para subida e descida.....	73
3.3.7	Modelo binomial para precificação das opções reais.....	76
3.3.8	Prêmio das opções reais.....	81
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
4.1	Estimativa do custo de oportunidade de capital dos projetos...	83
4.2	Modelo determinístico.....	83
4.3	Modelo estocástico.....	85
4.3.1	Análise do processo estocástico.....	85
4.3.2	Parâmetros para modelagem da árvore binomial.....	87
4.3.3	Modelagem do ativo subjacente.....	88
4.3.4	Opção de diferimento.....	88
4.3.5	Opção de expansão.....	91
4.3.6	Opção de abandono.....	93
4.3.7	Opções reais combinadas.....	94
5	CONCLUSÕES	99
	REFERÊNCIAS	101

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas por serem projetos de longo prazo demandam de importantes aportes financeiros, além disso, comumente estão sob condições de incertezas, e possuem flexibilidades gerenciais que podem ser exercidas ao longo da vida útil do ativo biológico. Ademais, devido à expansão de florestas plantadas, novas alternativas para avaliação de projetos de investimentos florestais têm a possibilidade de adquirir espaço de destaque na gestão florestal.

Os projetos de investimento florestal apresentam maior custo nos primeiros meses de plantio e as receitas, no geral, ocorrem ao fim da sua vida útil. Assim, os métodos tradicionais de avaliação econômica baseados no fluxo de caixa descontado não fornecem flexibilidades frente às incertezas inerentes a um projeto de longo prazo. Esses métodos são caracterizados por exigirem que a decisão ocorra em um único momento, baseada em um único valor, sem considerar as incertezas que afetam as variáveis do projeto, subvalorizando seu real valor. Com isso, o gestor adota uma postura passiva ao decidir sobre a execução do investimento.

Por outro lado, os métodos estocásticos de análise de investimento contemplam o investidor com possibilidades que agregam valor ao projeto. Essa valoração é propiciada por meio da exploração de incertezas e, consequentemente, da flexibilidade gerencial disponível em projetos florestais. Ao adotar essas flexibilidades, exige-se do gestor postura mais ativa sobre os rumos do investimento. Logo, a flexibilidade gerencial nada mais é do que opções disponíveis ao longo da vida útil do projeto que possibilitam aumentar o valor e o retorno do mesmo.

Neste contexto está a Análise de Opções Reais (*Real Option Analysis* - ROA), que ao trabalhar com fatores de risco é capaz de obter vantagens de incertezas e fornecer valor adicional ao projeto por meio da flexibilidade gerencial nas decisões estratégicas. Posto isso, uma opção real é um direito, porém não uma obrigação, de exercer uma ação a um custo predeterminado chamado de preço de exercício da opção. Deste modo, com uso de opções reais é possível tornar um investimento mais atraente do ponto de vista econômico, em relação aos métodos tradicionais.

Dentre as formas para calcular o valor das opções reais está o modelo binomial em tempo discreto de Cox, Ross e Rubinstein (CRR). O modelo CRR se

caracteriza por ser prático e intuitivo, uma vez que o gestor é capaz de acompanhar os caminhos possíveis para o projeto e agir de acordo com comportamento do mercado e as opções disponíveis.

No Brasil, as primeiras pesquisas com a aplicação de opções reais foram realizadas no início de 1990, ademais, no setor florestal essas aplicações são escassas, especificamente para *Pinus*. Assim, visualiza-se uma oportunidade para contribuir com o desenvolvimento da ROA no setor florestal. Sobretudo, por ser considerada uma cultura de longo prazo, ao longo da vida útil do ativo biológico são demandadas flexibilidades gerenciais, ou seja, ações estratégicas em função do comportamento do mercado em análise.

Diante disso, a ROA pode se tornar aliada para investimentos em florestas plantadas de *Pinus* ao fornecer alternativas estratégicas a investidores, no qual poderão visualizar melhores oportunidades no setor florestal. Assim, o estudo clássico de viabilidade econômica é complementado ao incorporar valores das incertezas e flexibilidades gerenciais.

Desta forma, ao sopesar que a aplicação de capital é irreversível e que possuem incertezas associadas intrínsecas ao setor florestal, tem-se a hipótese que a Análise de Opções Reais agrega valor, por meio da flexibilidade gerencial, aos projetos de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii*. Portanto, o objetivo foi avaliar se Análise de Opções Reais agrega valor aos projetos de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii* conduzidas no Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Povoamentos de *Pinus elliottii*

No Brasil, a atividade florestal contribui para o desenvolvimento do país, gerando renda, impostos e empregos regionais. Além de suas funções produtivas, a maioria das plantações florestais desempenha um papel importante no fornecimento de serviços socioambientais, como a absorção de CO₂ durante seu crescimento, enquadrando-se nas prerrogativas para o desenvolvimento sustentável (DEMIRBAS; BALAT; BALAT, 2009; TREVISAN et al., 2014; VASQUES et al., 2007).

As plantações de florestas homogêneas têm aumentado para atender à crescente demanda por madeira nos mercados mundiais (ROSSATO et al., 2018). Entretanto, sua taxa de crescimento anual no período de 2010 a 2015 foi de 1,2%, abaixo da taxa de 2,4% sugerida como necessária para suprir todas as necessidades mundiais de madeira e fibra (PAYN et al., 2015).

Em florestas plantadas brasileiras predominam os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, e raramente povoamentos expressivos de outras espécies exóticas são encontrados (TREVISAN et al., 2014). No Brasil, as áreas de florestas plantadas correspondem entre 7,83 (IBÁ, 2019) a 9,90 milhões de ha (IBGE, 2018), sendo que aproximadamente 20% dessas áreas são de *Pinus*. Deste modo, *Pinus* é o segundo gênero mais plantado no Brasil, pois sua madeira tem grande importância econômica, principalmente pelo interesse industrial (FERRO et al., 2018).

O gênero *Pinus* constitui um grupo de aproximadamente 100 espécies de árvores da família Pinaceae, originárias, quase que exclusivamente, do Hemisfério Norte (MARCHIORI, 1996). No Brasil, as espécies de *Pinus* tiveram plantações em escala comercial intensificada a partir da segunda metade da década de 1960, após a promulgação da lei dos incentivos fiscais (AGUIAR, SOUSA; SHIMIZU, 2013). Desta maneira, extensas áreas foram plantadas, com destaque para o *Pinus taeda* e *Pinus elliotti*, espécies que constitui a base para importantes atividades industriais (FERREIRA et al., 2004).

As florestas plantadas de *Pinus* fornecem matéria prima ao mercado interno e para exportação, além de contribuir para vários segmentos socioeconômicos, ao agregar valor desde o pequeno produtor até grandes segmentos industriais. O *Pinus*

está presente nas cadeias produtivas de diversos produtos, como resina, madeira serrada, celulose e papel, painéis, energia e móveis (AGUIAR et al., 2011; JUVENAL; MATTOS, 2002; SÁ et al., 2012). Já para os produtos florestais de menores diâmetros, o destino pode ser a geração de biocombustíveis e energia (PEZZUTTI et al., 2016).

Cada espécie de *Pinus* apresenta particularidades quanto à qualidade da madeira, quantidade e qualidade de resina, adaptação, resistência aos fatores ambientais, produtividade e outros valores intrínsecos às espécies (SHIMIZU, 2008). Devido às práticas silviculturais adequadas e métodos de melhoramento genético, a espécie de *Pinus elliottii* se destacou no Sul e no Sudeste brasileiro pelo rápido crescimento e, conseqüentemente, na produção de madeira e resina, tornando-se boa alternativa para suprir as demandas de setores industriais (ABRÃO et al., 2015; SHIMIZU, 2006).

O ciclo econômico não se restringe apenas à madeira, pois a resina do *Pinus* que é utilizado em indústrias químicas caracteriza-se como uma das mais importantes explorações econômicas desses plantios (MISSIO et al., 2015). Salienta-se a relevância do processo de resinagem devido a sua abrangência em termos de mercado consumidor e escala industrial, pois é considerada uma forma rentável de aproveitamento da floresta plantada de *Pinus elliottii* (CADEMARTORI et al., 2012).

Dessa forma, nota-se que o investimento em florestas plantadas apresenta-se como um mercado promissor, entretanto, mensurar a rentabilidade e as condicionantes de riscos e obter informações precisas a respeito do retorno do capital investido são as principais dificuldades dos investidores (OLIVEIRA et al., 2020). Basicamente, a decisão se é viável ou não investir em um projeto florestal depende das muitas variáveis ou fatores envolvidos (FLORIANO et al., 2009).

O manejo florestal envolve a integração de práticas silviculturais e conceitos de negócios, como alternativas econômicas, com intuito de melhor alcançar os objetivos do proprietário (BETTINGER et al., 2019). Com isso, a análise econômica de um investimento florestal envolve o uso de técnicas e critérios que comparam custos e receitas inerentes ao projeto, visando verificar se ele deve ou não ser implementado (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

Investimento em florestas plantadas de *Pinus* apresenta retornos financeiros a longo prazo, fator que pode ser um entrave a novos negócios (BERGER et al., 2011). Desta forma, estimativas confiáveis de preço e produção de madeira, bem como o cálculo de critérios econômicos que incluem incerteza, são necessárias para tornar o processo de tomada de decisão mais robusto (SALLES et al., 2019). Por isso, os projetos florestais devem ser analisados criteriosamente sob o ponto de vista econômico, principalmente no Brasil onde as taxas de juros são relativamente altas (VIRGENS et al., 2015).

Portanto, salienta-se que a execução de projetos florestais de *Pinus* tanto em pequena quanto grande escala, depende da disponibilidade de recursos e deve se nortear por meio de ferramentas de análise econômica, de forma a respaldar os investimentos realizados. Com isso, fica claro que além da viabilidade técnica, social, ambiental, os projetos devem necessariamente ser analisados em relação ao aspecto econômico (OLIVEIRA et al., 2020; VIRGENS; FREITAS; LEITE, 2016).

2.2 Avaliação de investimentos em ativos biológicos

O investimento em ativos pode ser definido como aplicação de recursos em empreendimentos ou projetos durante certo período, com intuito de maximizar o lucro da empresa e do investidor. Utiliza-se métodos quantitativos de análise de investimento para decidir sobre a implantação ou não do projeto, ou escolher entre a alternativa mais atrativa entre várias. Na elaboração de uma análise, os conceitos mais utilizados são o projeto de investimento, o fluxo de caixa, a vida útil do ativo, o valor residual do ativo e o período de análise (FRANCISCHETTI et al., 2013; SANTOS, 2001).

As decisões de investimentos comprometem recursos dos investidores por longo tempo. Assim, para dar suporte a essas decisões, as análises de viabilidade econômica devem ser feitas por meio de técnicas avançadas, que utiliza estatística e matemática financeira com critérios que demonstrem com clareza os retornos sobre os investimentos. Ademais, análise de investimentos envolve estimativas, previsões sobre mercado, cronogramas de desembolso e estruturas e custo de capital, sempre considerando os níveis de risco assumidos (HOJI, 2014; MOTTA; CALÔBA, 2011).

Neste sentido, o investimento em ativos biológicos consiste em uma aplicação de fundos com o objetivo da sua recuperação integral e obtenção de um excedente financeiro, demandando por uma avaliação econômica do projeto de investimento, a qual consiste em identificar todos os fluxos financeiros gerados (SILVA, 2015). Portanto, a avaliação econômica de uma alternativa de investimento requer estimativas do fluxo de caixa ao longo de um intervalo de tempo estabelecido e um critério para a escolha da melhor alternativa (BLANK; TARQUIN, 2008).

Em decisões sobre investimentos em ativos biológicos é necessário quantificar os benefícios esperados e os riscos assumidos em consequência da decisão de investir em projetos cujos resultados ocorrerão em um horizonte de vários anos (COSTA, 2015). Assim, a eficácia de um investimento é tradicionalmente julgada pelo nível que uma proposta de investimento contribui para alcançar o principal objetivo financeiro dos negócios, ou seja, a maximização do valor de mercado de uma empresa (ZINECKER; RAJCHLOVÁ, 2010).

Basicamente, investimentos caracterizam-se como o desembolso feito com o intuito de benefícios futuros, principalmente em projetos de longo prazo (PADOVEZE, 2015; SOUZA; CLEMENTE, 2008). Assim, um método para derivar o valor econômico de um povoamento florestal é calcular a diferença entre os valores presentes de todas as receitas e despesas futuras esperadas (HOLOPAINEN et al. 2010).

2.3 Taxa do custo de oportunidade do projeto de investimento

2.3.1 Custo Médio Ponderado de Capital

O custo de oportunidade capital de uma empresa representa o custo de financiamento, normalmente por uma combinação de dívida e patrimônio líquido, das atividades e investimentos. O custo de capital é fundamental para diversas decisões corporativas, o qual influencia nas operações e na lucratividade, pois determina a taxa de retorno que os investidores exigem dos projetos de investimento e operações da empresa (BREALEY; MYERS; MARCUS, 2001; EASLEY; O'HARA, 2004; KODUKULA; PAPUDESU, 2006).

O custo do capital pode ser estimado por meio da metodologia do Custo Médio Ponderado do Capital, descrito na língua inglesa como *Weighted Average Cost of Capital (WACC)*, que inclui a remuneração de todo o capital da empresa, tanto o patrimônio quanto a dívida, incluindo os benefícios fiscais do endividamento (ROCHA; CAMACHO; BRAGANÇA, 2007). O WACC é a soma do custo de cada componente do capital da empresa, ou seja, dos acionistas e de terceiros, ponderado por suas relativas proporções, a valor de mercado, na estrutura de capital (ALMEIDA et al., 2016; MORARD; BALU, 2009).

O WACC representa o retorno mínimo (taxa interna de retorno deve ser superior ao WACC) que uma empresa precisa ter para satisfazer todos seus investidores, o que o faz ser um fator importante no custo econômico total de um projeto. Posto isso, o WACC não deve ser apenas considerado como despesas de capital envolvidas no sistema, mas é sim necessária a busca pela redução desse custo para o devido crescimento da empresa (GUTHRIE, 2012; ROSS et al., 2015).

O método do WACC comumente utilizado desconta o fluxo de caixa após impostos a um custo médio ponderado de capital que considera a taxa fiscal. Isso garante que o custo da dívida seja reduzido pelo valor dos créditos fiscais associados à dedutibilidade dos juros sobre essa dívida (SCHAUTEN, 2013; LILFORD; MAYBEE; PACKKEY, 2018).

O custo de capital possui duas perspectivas, em que o retorno requerido do ponto de vista dos investidores é o mesmo que o custo de capital do ponto de vista da empresa (SCHLEGEL, 2015). Porém, as empresas utilizam o WACC nas decisões de aceitar ou rejeitar um projeto enquanto que os investidores usam em seu julgamento supervalorizado ou subvalorizado do projeto ou empresa (MOORE, 2016).

Segundo Arnold e Hatzopoulos (2000), a maioria das empresas que adota o WACC utiliza o método do Modelo de Precificação de Ativos de Capital, do inglês *Capital Asset Pricing Model (CAPM)*, para determinar o custo de capital próprio. Em relação ao custo de capital de terceiros utiliza-se a taxa de retorno de mercado. Ademais, os autores relatam que o CAPM é também o método mais promovido na literatura para calcular o componente custo do capital próprio do WACC.

2.3.2 Modelo de precificação de ativos

O impacto do custo de capital próprio no custo total de capital é complexo e depende de como o cálculo é realizado, podendo ser medido pelo método *CAPM* (FRANK; SHEN, 2016). O custo de capital próprio depende tanto do risco do negócio quanto do risco financeiro. Assim, quanto maior o grau de alavancagem de um projeto, maior o risco financeiro para os acionistas (SCHAUTEN, 2013).

O custo de capital próprio é a taxa de retorno mínima requerida pelos investidores para realizar determinado investimento. Ela está associada ao custo de oportunidade que um investidor teria, aplicando em um investimento alternativo equivalente (SILVA; QUELHAS, 2006). Na estimativa do custo de capital próprio, ao contrário dos rendimentos prontamente disponíveis nos mercados de títulos, não existe contrapartida observável para as ações. Isso faz com que os profissionais confiem em métodos mais abstratos e indiretos para estimá-lo (BROTHERSON et al., 2013).

Uma questão fundamental em finanças é como o risco de um investimento afetaria seu retorno esperado, e o *CAPM* forneceu a primeira estrutura coerente para responder a essa questão (PEROLD, 2004). O *CAPM* de William Sharpe (1964) e John Lintner (1965) teve como base o modelo de escolha de portfólio desenvolvido por Harry Markowitz (1952) (CHRYSAFIS, 2012; ZABARANKIN; PAVLIKOV; URYASEV, 2014).

O modelo foi um marco na teoria da precificação de ativos, e décadas depois ainda é amplamente utilizado e com importantes aplicações, tornando-se a metodologia padrão e uma ferramenta fundamental em finanças para estimativa do custo de capital da empresa, taxa de desconto de projetos, avaliação de investimentos e desempenho de carteiras gerenciadas (FAMA; FRENCH, 2004; GALAGEDERA, 2007; GRAHAM; HARVEY, 2001).

Desde a sua introdução, o *CAPM* tem sido um modelo de referência na pesquisa de precificação de ativos (KIM; KIM, 2016; RAY; SAVIN; TIWARI, 2009). Práticos e acadêmicos tradicionalmente utilizam o retorno requerido no *CAPM* como estimativa do componente custo de capital próprio do método *WACC*. Pois o modelo *CAPM* é intuitivo, de fácil utilização e além de estar fundamentado em sólida teoria econômica, representa uma medida adequada, justa e eficiente no cálculo do custo

de capital próprio (CHRYSAFIS, 2012; DA; GUO; JAGANNATHAN, 2012; MOORE, 2016; VENDRAME; GUERMAT; TUCKER, 2018).

De acordo com o modelo *CAPM*, o custo de capital de um projeto e o retorno esperado para o investimento em qualquer ativo é determinado pela taxa de retorno livre de risco, adicionada a um prêmio pelo risco de mercado, proporcional ao grau de risco sistemático do investimento (FAMA; FRENCH 2004; JAGANNATHAN; MEIER, 2002; MOREIRA; LOCATELLI; AFONSO, 2015; SANTOS; FAMÁ; MUSSA, 2012)

O *CAPM* pressupõe equilíbrio linear entre o excesso do retorno esperado de um ativo de risco e o seu respectivo risco não diversificável (risco sistemático), representado pelo coeficiente beta (CAI; REN; YANG, 2015; GRAUER; JANMAAT, 2010; GUERMAT, 2014; TAMBOSI FILHO; COSTA JÚNIOR; ROSSETTO, 2006). Em especial, o retorno esperado sobre um ativo pode ser expresso em função da taxa livre de risco e do coeficiente beta daquele ativo. O ponto fundamental é como medir esse risco sistemático e como representá-lo em um retorno esperado que o compense (DAMODARAN, 2018; ZABARANKIN; PAVLIKOV; URYASEV, 2014).

Especificamente o *CAPM* relaciona o risco sistemático e o retorno esperado de um ativo (HUR; CHUNG, 2017; PICCOLI et al., 2015). O risco sistemático, ou não diversificado, está associado a movimentos gerais no mercado ou na economia em geral e, portanto, é frequentemente chamado de risco de mercado. Este é o componente do risco total que não pode ser eliminado por meio da diversificação da carteira de investimentos (GALAGEDERA, 2007).

O *CAPM* é baseado na ideia de que nem todos os riscos devem afetar os preços dos ativos. Em particular, um risco que pode ser diversificado em uma carteira de investimentos é, de certa maneira, não considerado um risco (PEROLD, 2004). No modelo *CAPM*, a única medida de risco relevante para um projeto é seu coeficiente beta. O beta multiplicado pelo excesso de retorno do mercado sobre a taxa livre de risco determina o prêmio de risco do investimento (JAGANNATHAN; MEIER, 2002).

O prêmio pelo risco de mercado (*equity risk premium*) é comumente definido como o diferencial requerido pelos investidores para exposição de seus recursos a ativos arriscados em detrimento dos classicamente referidos como livres de risco (GONÇALVES JUNIOR et al., 2011). Os ativos livres de risco são desvinculados dos

retornos de outros itens da economia e são livres do risco de inadimplência. A alternativa tipicamente utilizada para estimar a taxa desses ativos é o emprego de títulos governamentais de curto prazo e de preferência indexados à inflação (COPELAND; KOLLER; MURRIN, 2002).

Em países emergentes que apresentam histórico curto e volátil no mercado acionário não é indicado utilizar seu prêmio de risco. Nesses casos, deve ser utilizado o prêmio de risco de economias estáveis. Desta forma, é acrescido um prêmio pelo risco do país, que deve refletir o risco extra em um mercado específico em relação a uma economia madura (DAMODARAN, 2002). Logo, o risco país é adicionado no modelo *CAPM* para ajustar o custo de capital ao risco adicional de países emergentes (ROGGI; GIANNOZZI; BAGLIONI, 2017).

O risco país determina a capacidade do país em pagar sua dívida externa e seus respectivos juros (TIMURLINK; KAPTAN, 2012), e demonstra o risco de crédito que investidores estrangeiros estão expostos quando decidem investir no país emergente. Assim, estes investidores desejam um rendimento que cubra a taxa de juros internacional e mais um *spread*, chamado de risco país (BIAGE; CORREA; NEDER, 2008).

Basicamente, para utilizar o *CAPM*, demandam-se três componentes, a saber: o ativo livre de risco, definido como aquele cujo retorno esperado o investidor tem certeza, dentro do período de tempo da análise; o prêmio de risco exigido pelos investidores, para investir na carteira de mercado para o setor em análise; e o coeficiente de risco sistemático que mensura o risco agregado à carteira de mercado por um investimento (DAMODARAN, 2018).

2.3.3 Coeficiente de risco sistemático

O coeficiente de risco sistemático, definido como coeficiente beta, de uma empresa ou ativo é uma medida do seu risco sistemático, sendo o componente do risco total que não pode ser eliminado por meio da diversificação em uma carteira de investimentos e está diretamente relacionado com o retorno exigido por investidores (AMORIM; LIMA; MURCIA, 2012; GALAGEDERA, 2007; LILFORD; MAYBEE; PACKY, 2018; PEROLD, 2004). Por representar o risco sistemático de um ativo, o

coeficiente beta é o único fator de risco analisado na tomada de decisões de investidores (CAVALCANTI; BOENTE, 2012).

O risco de qualquer ativo individual é medido relativamente à carteira de mercado, ou seja, o beta é definido como a covariância do retorno de um ativo com o retorno sobre a carteira de mercado dividido pela variância do retorno sobre a carteira de mercado (AMORIM; LIMA; MURCIA, 2012; BERNARDO; CHOWDHRY; GOYAL, 2012; CAVALCANTI; BOENTE, 2012; FORTUNATO; MOTTA; RUSSO, 2010; HUR; CHUNG, 2017; LUNDGREN, 2005; RODRIGUES, 2012).

Como alternativa, o coeficiente beta também pode ser estimado por meio da inclinação da reta de regressão linear entre os retornos do título analisado e os retornos da carteira de mercado (ASSAF NETO; LIMA; ARAÚJO, 2008; BREALEY; MYERS; ALLEN, 2013). Essa inclinação da reta representa a sensibilidade dos retornos do título às variáveis econômicas que influenciam os valores de todos os ativos de risco (LILFORD; MAYBEE; PACKY, 2018; OLIVEIRA et al., 2013).

Dessa forma, o coeficiente beta é um índice da variabilidade sistemática do ativo, ou seja, uma medida de volatilidade dos retornos de um projeto de investimento ou ação em relação à volatilidade dos retornos do mercado (ASHTA; OTTO, 2011; BORSATTO JUNIOR; CORREIA; GIMENES, 2015; CHEN, 2015; LUNDGREN, 2005; MOREIRA; LOCATELLI; AFONSO, 2015).

Em ativos com beta maior que um o risco não diversificável é maior que o risco médio de mercado, enquanto que, um beta inferior a um refletirá um risco não diversificável mais baixo em relação ao mercado (LILFORD; MAYBEE; PACKY, 2018). De maneira geral, títulos com valor alto de beta devem ter retorno esperado alto, ou seja, quanto maior o valor de beta, maior retorno esperado é necessário para atrair investidores, pois estes estarão expostos a um risco sistemático maior (CHRYSAFIS, 2012; VENDRAME; TUCKER; GUERMAT, 2016; ROSS et al., 2015).

Este fato ocorre devido à relação linear existente entre o risco do ativo e o retorno exigido (TOMAZONI; MENEZES, 2002). Portanto, fatores como a ciclicidade de receitas, tipo de negócio, alavancagem operacional e financeira da empresa ou do projeto são determinantes do coeficiente beta (ROSS et al., 2015; SANVICENTE, 2012). A alavancagem operacional da empresa diz respeito aos custos fixos elevados em relação aos custos variáveis, sendo que um aumento na alavancagem operacional aumenta o valor de beta (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2013).

Maior alavancagem financeira, medida pela relação dívida e patrimônio líquido, aumenta a variação no lucro líquido e torna o investimento de capital mais arriscado, efeito que deve ser incorporado ao beta alavancado (GARTNER; GARCIA, 2005). Isso significa que os investidores de capital suportam mais riscos de mercado na empresa (DAMODARAN, 2002). Sobretudo, uma empresa alavancada possui algum endividamento em sua estrutura de capital, assim, a alavancagem financeira diz respeito aos custos fixos das finanças da empresa (ROSS et al., 2015).

O cálculo do *CAPM* assume que o coeficiente beta é constante ao longo do tempo e é obtido a partir de dados históricos de períodos de tempos relativamente longos (BELLELAH et al., 2017; NHLEKO; MUSINGWINI, 2016; RAIFUR; SOUSA, 2011). Este processo baseia-se na premissa de que o desempenho passado de uma empresa é um bom estimador dos retornos futuros esperados (NHLEKO; MUSINGWINI, 2016).

Diante do exposto, para calcular o coeficiente beta é necessário definir o índice que representa uma média do comportamento do mercado, o histórico de retornos do ativo e da carteira de mercado e a periodicidade dos retornos (MOREIRA; LOCATELLI; AFONSO, 2015). Entretanto, quando a empresa ou projeto que está sendo avaliado não é negociado publicamente ou não possui histórico de retorno relevante não é possível à aplicação padrão da regressão linear dos retornos de seus títulos e dos retornos do mercado (PEROLD, 2004; TOMAZONI; MENEZES, 2002).

Nesses casos é necessário utilizar a lógica de que empresas dentro do mesmo setor tendem a apresentar coeficientes betas diferindo basicamente pela alavancagem financeira (MOREIRA; LOCATELLI; AFONSO, 2015). Assim, identificam-se as empresas de capital aberto mais similares no setor analisado, pois se presume que estas possuem riscos semelhantes (COPELAND; KOLLER; MURRIN, 2002).

Desta forma, define-se que o coeficiente beta de uma empresa será função do beta médio desalavancado do setor ponderado exatamente pelo grau de alavancagem individual da empresa em análise, ou seja, deve-se adequar o beta desalavancado do setor à estrutura de capital da empresa analisada (BORSATTO JUNIOR; CORREIA; GIMENES, 2015; MOREIRA; LOCATELLI; AFONSO, 2015).

O coeficiente beta afeta os gerenciamentos de projetos, uma vez que é usado na avaliação do custo médio ponderado de capital para descontar o Valor Presente Líquido. Em outras palavras, se o beta é modificado, o prêmio de risco muda, consequentemente o custo do capital se altera, impactando no Valor Presente Líquido do projeto (ASHTA; OTTO, 2011; BERNARDO; CHOWDHRY; GOYAL, 2012).

2.4 Fluxo de caixa descontado

A metodologia do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) baseia-se no conceito de que o dinheiro tem valor diferente no tempo e descreve que o valor fundamental de um projeto ou empresa é o somatório dos valores presentes dos seus fluxos de caixa futuro. A avaliação de um investimento em ativos biológicos normalmente é focada nos fluxos de caixa futuros que se espera que sejam gerados a partir do investimento no ativo. (CHANCE; PETERSON, 2002; GAJEK; KUCIŃSKI, 2017; GALDI; TEIXEIRA; LOPES, 2008).

O FCD é um método de avaliação apto a encontrar o valor justo de mercado de um negócio. Basicamente, para utilizar o FCD é necessário estimar os fluxos de caixa futuros do ativo em um período de avaliação e uma taxa de desconto, que dever ser apropriada as características de risco do projeto (BAKER; ENGLISH, 2011; DAMODARAN, 1994; KRUSCHWITZ; LÖFFLER, 2006; LARRABEE; VOSS, 2013).

Desta forma, o FCD baseia-se na premissa de que o valor da empresa deve ser obtido por meio de sua potencialidade em gerar caixas futuros (KUMAR, 2016). Esse método sinaliza a capacidade de maximização de riqueza que a empresa pode proporcionar aos seus proprietários e acionistas, revelando o potencial econômico residente nos itens patrimoniais da empresa avaliada (MONTE; ARÚJO NETO; RÊGO, 2009).

Para Martins e Gimenes (2015), a avaliação pelo método do fluxo de caixa descontado é uma das mais utilizadas, pois é possível demonstrar a real capacidade de geração de riqueza de um negócio. Além disso, o método do FCD é uma ferramenta bem conhecida para avaliar a viabilidade de projetos de investimento, uma vez que é utilizada como base para formação de uma ampla gama de outras técnicas de avaliação (COPIELLO, 2016; DAMODARAN, 2002).

Assim, o FCD é amplamente utilizado em diferentes campos, como em gerenciamento de projetos e gestão financeira. Entretanto, o problema dos métodos baseado no FCD está no fato de não incorporar incertezas e ignorar o valor referente à flexibilidade do projeto, ou seja, a gestão não é capaz de adaptar e rever decisões em resposta a alterações nas condições de mercado (HENAO et al., 2017; VENETSANOS; ANGELOPOULOU; TSOUTSOS 2002; YAO; CHEN; LIN, 2005). Essa negligência em relação à flexibilidade pode levar a desvalorização do projeto (MARTÍNEZ CESEÑA; MUTALE, 2011).

Ademais, o método do FCD assume um fluxo de caixa definido dado por estratégias predefinidas, portanto não é indicado em investimentos altamente voláteis e incertos. Essa suposição faz com que o FCD subestime as oportunidades de investimento, levando às políticas e processos de tomada de decisão deficientes (AGATON, 2017; ESMAEELI; HERAVI, 2019). Além disso, o FCD não permite que um investidor defina o momento ideal para investir ou para estimar o verdadeiro valor das incertezas do projeto (SANTOS et al., 2014).

Desta maneira, o FCD tem recebido críticas por assumir que todos os investimentos são reversíveis, que os fluxos de caixa futuros e a evolução das variáveis relevantes são certos, que a administração é passiva e as decisões são tomadas apenas no início do projeto sem a possibilidade de adiar ou fazer mudanças dinâmicas no investimento, e que a taxa de desconto pode simplesmente ser ajustada para considerar todos os riscos no projeto (PLESS et al., 2016; SCHACHTER; MANCARELLA, 2016).

2.5 Valor presente líquido

Uma das decisões mais importantes e frequentes que gestores precisam tomar é a seleção de novos projetos de investimento. Para isso, um dos critérios comumente utilizado para a mensuração financeira desses projetos é o Valor Presente Líquido (VPL) (HANAFIZADEH; LATIF, 2011). O VPL é um indicador que permite avaliar a viabilidade econômica do projeto durante seu período de vida útil (CERVI; ESPERANCINI; BUENO 2010).

O VPL está diretamente ligado ao valor presente do fluxo de caixa de um projeto de investimento. Ele consiste em transferir para o instante presente as

receitas e os custos futuros, descontados a uma taxa do custo de oportunidade, e somá-los algebricamente com o investimento realizado na data focal ou data zero do projeto de investimento. Normalmente, a grandeza colocada no ponto zero corresponde ao investimento inicial e tem sinal negativo, uma vez que representa uma saída de caixa (ARAÚJO et al., 2018; PUCCINI, 2001).

De acordo com Bouhal et al. (2018), o VPL é a referência para a escolha de investimentos e, resumidamente, é um critério econômico usado para avaliar o valor presente de uma série de fluxos de caixa futuros a uma determinada taxa de juros. Em outras palavras, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos. Para Carvalho, Abreu e Correia Neto (2017), o VPL traduz a melhor relação entre os custos envolvidos e as receitas esperadas do projeto, quando comparado com a taxa mínima de retorno aceitável.

O projeto de investimento que apresenta o VPL maior que zero é economicamente viável, ou seja, os desembolsos são compensados pelos fluxos de caixa positivos gerados, sendo considerado o melhor projeto aquele que apresentar maior VPL. Caso contrário, se o VPL for negativo, o projeto é inviável, porque os desembolsos não são recuperados financeiramente (CARVALHO; ABREU; CORREIA NETO, 2017; SILVA; FONTES, 2005), ou seja, o gestor decide investir quando o VPL do ativo é positivo (ANTUNES et al., 2012).

Além de comparar propostas econômicas, o VPL pode ser empregado para planejar mais de um projeto, pois é possível somar o VPL dos projetos individuais (MACKEVIČIUS; TOMAŠEVIČ, 2010; SOBEL; SZMEREKOVSKY; TILSON, 2009). Além disso, alterações externas afetam determinados valores de entrada, como rendimentos e custos, que influenciam a avaliação do projeto. Os cálculos do VPL são sensíveis a essas influências externas, tais como mudanças no crescimento econômico, taxas de juros, de inflação ou de câmbio (BOCK; TRÜCK, 2011).

O VPL é considerado um dos métodos mais tradicionais, eficiente e bem estabelecido na avaliação de projetos de investimento e na literatura financeira. Destaca-se que devido a sua objetividade e, principalmente, popularidade como técnica de avaliação econômica, a maioria dos gestores, analistas e investidores o conhecem e entendem a sua aplicação (SCHROEDER et al., 2005; SCHMIT; LUO; TAUER, 2009; ŽIŽLAVSKÝ, 2014).

A técnica do VPL é uma ferramenta de tomada de decisão comumente utilizada para vários projetos de investimento e uma abordagem tradicional conhecida por ser bastante útil. Entretanto, não é ideal no caso de investimentos altamente voláteis e incertos, pois carrega intrinsecamente a suposição de fluxos de caixa definidos (KIM; PARK; KIM 2017). Assim, o VPL tende a subvalorizar o valor de um projeto e não é adequado para projetos de alto risco (LEE; LEE, 2015).

Definir a taxa de desconto adequada e o fato de assumi-la constante ao longo da vida do projeto são dificuldades encontradas na técnica do VPL. Essa taxa desempenha papel importante ao refletir o risco do projeto e ser o fator de tradução do dinheiro presente e futuro. Ademais, normalmente no VPL, a taxa de desconto é mantida a mesma para avaliar projetos que podem possuir riscos diferentes. Isso é um problema quando se deseja obter uma estimativa confiável que seja consistente com os riscos do projeto. (ABADIE, 2009; SUTTINON; NASU, 2010).

O VPL possui o princípio de aceitar ou rejeitar o projeto baseado nas informações disponíveis no momento atual e não considera a opção de mudanças em algum momento após o seu início, o que significa que o VPL tradicional não contabiliza a incerteza no futuro (FRANCISCHETTI et al., 2014; SUTTINON; NASU, 2010). O VPL não pondera o ambiente de incerteza e a flexibilidade no processo de decisão do investimento e isso pode levar a uma estimativa imprecisa dos fluxos de caixa (BOOMSMA; MEADE; FLETEN, 2012; SHAFFIE; JAAMAN, 2016).

Outra desvantagem do VPL é o fato de não considerar a visão estratégica da empresa, pois projetos podem ser rejeitados se não apresentarem VPL positivo quando analisados individualmente, mas que na realidade poderiam fazer sentido estrategicamente para a empresa. Isso significa que existem fatores estratégicos importantes para manter ou aumentar a competitividade da empresa, que podem não ser apropriadamente traduzidos em incremento dos fluxos de caixa futuros (NARDELLI; MACEDO, 2011; SVIECH; MANTOVAN, 2013).

2.6 Flexibilidade gerencial

O conceito de flexibilidade gerencial é definido como a habilidade da administração em ajustar rapidamente e de forma eficaz o rumo de um projeto em resposta às incertezas e instabilidade nas condições de mercado ao longo do tempo

(GUPTA; GOYAL, 1989; MANDELBAUM; BUZACOTT, 1990; OYADOMARI et al., 2018; SALEH; MARK; JORDAN, 2009). Isso a torna uma competência estratégica central em empresas que lidam com alta volatilidade e estão presentes em ambientes caracterizados por eventos externos imprevisíveis que influenciam na gestão do projeto (OYADOMARI et al., 2018).

A flexibilidade gerencial é essencial na adaptação a ambientes estratégicos, econômicos e financeiros que estão em constante mudança. Empresas estão mais concentradas na flexibilidade, pois essa tem sido uma valiosa estratégia para obter vantagens competitivas, principalmente nos ambientes dinâmicos e voláteis que se encontram (MUN, 2006; SCHERRER-RATHJE; DEFLOIRIN; ANAND 2013).

No contexto da flexibilidade gerencial, a gestão deve levar em conta mudanças nos fluxos de caixa e continuamente reunir informações sobre as incertezas do projeto e as características de mercado. À medida que os retornos do investimento são gradualmente resolvidos, o gestor tem a flexibilidade de alterar a estratégia do projeto baseado nas novas informações adquiridas (BISTLINE; COMELLO; SAHOO, 2018 HUCHZERMEIER; LOCH, 2001).

Essa possibilidade de trabalhar com novas informações acrescenta o valor da opção de esperar e a probabilidade de reduzir ou adiar os gastos de investimentos atuais (XIE, 2009). Além disso, a flexibilidade é necessária não apenas para que um sistema seja capaz de reagir às mudanças no ambiente, mas também a mudanças na percepção da realidade pelo tomador de decisão (MANDELBAUM; BUZACOTT, 1990).

A flexibilidade gerencial pode aumentar o valor de um projeto de investimento, pois o potencial de ganhos é melhorado, ao capitalizar futuras oportunidades favoráveis, e o de perdas relativas a uma gestão passiva é limitado. (MINARDI, 2000). Para tanto, os gestores precisam entender as interações entre incerteza, flexibilidade gerencial e seus investimentos de capital (XIE, 2009). Ao considerar a flexibilidade, gestores podem avaliar melhor as alternativas dos projetos e, assim, alocar os recursos de capital de forma mais eficiente (FEINSTEIN; LANDER, 2002).

Um maior número de escolhas disponíveis induz a mais incerteza dos resultados, por conseguinte, maior flexibilidade. Desta forma, o aumento na variabilidade do retorno aumenta o valor da flexibilidade gerencial (HUCHZERMEIER; LOCH, 2001; SHUIABI; THOMSON; BHUIYAN 2005). Além

disso, a flexibilidade gerencial possui maior valor quando o prazo da flexibilidade é estendido (DAVIS, 1996).

O valor da flexibilidade gerencial é definido como o valor esperado da abordagem proativa menos o valor esperado da abordagem estática, sendo que essa diferença pode ser considerável e determinante nas decisões sobre o projeto (JØRGENSEN; WALLACE, 2000). Para Makropoulou (2011), o valor da flexibilidade é proporcionar ao tomador de decisão a possibilidade de decidir o que fazer após algumas das incertezas relacionadas ao futuro estarem resolvidas.

Devido ao fato da flexibilidade possuir valor, ao ignorá-la os gestores podem, além de subestimar os projetos, optar pelo projeto errado (FEINSTEIN; LANDER, 2002). Em um investimento irreversível o período para implantá-lo é importante, bem como o momento ideal para estar no mercado. Desta maneira, a flexibilidade do projeto atribui condições favoráveis para diminuir os problemas proporcionados quando o tempo de implantação não foi adequado, ou seja, a flexibilidade gerencial é utilizada em resposta as mudanças das condições econômicas (SLADE, 2001).

Um sistema que possui incertezas associadas deve administrá-las por meio de respostas adaptativas proporcionadas pelas flexibilidades gerenciais, determinadas pelas opções de decisão e escolhas disponíveis e, ainda, pela liberdade com que essas escolhas podem ser realizadas (SHUIABI; THOMSON; BHUIYAN, 2005). Ao aplicar o conceito de flexibilidade gerencial, as incertezas podem ser transformadas em oportunidades lucrativas (ZHAO; TSENG, 2007).

A flexibilidade gerencial fornece o contexto para avaliação do projeto, pois considera o valor do controle sobre um resultado que se espera (BISTLINE; COMELLO; SAHOO, 2018). Esse controle é resultado de um conjunto de opções reais determinantes na flexibilidade gerencial, como a opção de diferir, abandonar, expandir ou trocar o investimento para um uso alternativo (TRIGEORGIS, 1993a).

A teoria de precificação de opções financeiras pode ser utilizada para quantificar o valor da flexibilidade gerencial, sendo que o valor adicionado criado pela flexibilidade é comparado a um prêmio de opção (DAVIS, 1996). O real valor de um investimento, especialmente o valor inerente à flexibilidade gerencial na presença de incertezas, pode ser avaliado pela combinação da estrutura do valor das opções reais do investimento com a análise do resultado do VPL tradicional (MANFREDO; SHULTZ, 2007).

2.7 Análise de Opções Reais

O trabalho de Black e Scholes (1973) e Merton (1973) sobre precificação de opções financeiras originou a base conceitual da ROA para utilização em projetos de ativos reais sob condições de incertezas (ALLEN et al., 2008; BRANDÃO et al., 2012). Porém, o termo opções reais surgiu com Myers (1977) para representar a associação com ativos reais e distinguir de ativos financeiros (BORISON, 2005; BRANDÃO; DYER; HAHN, 2005).

O conceito da ROA questiona as premissas dos métodos tradicionais de orçamento de capital, permitindo capturar o valor das flexibilidades gerenciais dos projetos de investimento (KUMBAROĞLU; MADLENER; DEMIREL, 2008). Assim sendo, o valor da opção refere-se à flexibilidade do gestor decidir se a opção será exercida em análise as condições futuras do projeto e do mercado (FICHMAN; KEIL; TIWANA, 2005; TRIANTIS; BORISON, 2001).

De maneira similar a uma opção financeira, uma opção real é um direito, mas não uma obrigação de realizar determinado projeto de investimento ou tomar certas decisões nos estágios mais avançados do projeto (SAVOLAINEN, 2016; XIAO et al., 2017). Assim, o custo irreversível do investimento inicial do projeto desempenha o papel de preço de exercício da opção e o ativo real é o projeto a partir do momento que este comece a produzir fluxo de caixa (VENETSANOS; ANGELOPOULOU; TSOUTSOS, 2002).

Por meio da ROA, é possível usufruir da flexibilidade nos casos em que as condições futuras são incertas. A possibilidade de considerar a entrada de novas informações e obter a resolução, ao menos parcial, das incertezas em relação às condições de mercado e fluxos de caixa futuros, propicia aos gestores flexibilidade para modificar estratégias operacionais. Posto isso, em um mercado atualmente caracterizado por constantes mudanças, incertezas e grande competição, a ROA é uma importante ferramenta para acrescentar valor às decisões estratégicas (FORD; LANDER, 2011; TRIGEORGIS, 2007).

Ao contrário do que normalmente é o pensamento convencional, grande incerteza, altas taxas de juros e horizonte de investimento de longo prazo não são fatores que necessariamente reduzem o valor do ativo (NARDELLI; MACEDO, 2011). Isso é possível quando a gestão utiliza ROA como forma de limitar possíveis

perdas e potencializar os resultados positivos (DRIOUCHI; BENNETT, 2012; TRIGEORGIS, 2005). Desta forma, maior incerteza aumenta o valor da flexibilidade e, portanto, o valor das opções, que conseqüentemente acrescenta no valor total do projeto de investimento (LANDER; PINCHES, 1998; MILLER; PARK, 2002).

A ROA associa incerteza e risco com flexibilidade e considera a volatilidade de um projeto em avaliação como um potencial fator a agregar valor a este projeto, desta forma, ROA é favorável em ambientes com irreversibilidade e incertezas. Outro fator que torna a ROA valiosa em ambientes incertos é que, diferentemente dos métodos tradicionais de orçamento de capital, a incerteza é descrita como um processo estocástico (DYNER; LARSEN, 2001; SANTOS et al., 2014).

Ainda que para alterar o curso de um projeto seja necessário haver uma opção real, a ROA é relativamente nova para solução de avaliação e tomada de decisão. Quando aplicada a ROA, o valor do ativo real é obtido por meio da soma do valor presente dos fluxos de caixa mensuráveis e do valor da flexibilidade, que captura as possibilidades gerenciais, ou seja, as opções reais. Uma opção real pode ser mais valiosa nas últimas fases do projeto, pois a incerteza está em níveis mais elevados e a flexibilidade em seu ponto mais valioso (BLOCK, 2007; ČULÍK, 2016).

A ROA geralmente requer cinco parâmetros de entradas a serem determinadas: a volatilidade anualizada dos retornos do projeto, o valor atual do ativo, o preço de exercício, o tempo em anos e a taxa de juros livre de risco (GUJ; CHANDRA, 2019). Barnett (2005) destaca que a ROA não é apenas uma técnica de avaliação de projetos de investimento individuais, mas também uma ferramenta para auxiliar na construção e implantação de estratégias corporativas.

Por meio da utilização da ROA, os gestores são estimulados a pensar de maneira mais abrangente sobre a natureza dinâmica do destino futuro dos investimentos. E o verdadeiro potencial de valor da opção real só pode ser devidamente obtido se os gestores estiverem cientes das oportunidades reais de opções disponíveis nas escolhas operacionais e estratégicas, para que possam escolher da melhor maneira entre conjuntos diferentes de ações e investimentos disponíveis (IOULIANOU; TRIGEORGIS; DRIOUCHI, 2017; MCDONALD, 2006).

Como normalmente as opções reais não são negociadas no mercado, cada opção real é exclusivamente definida pelo seu contexto e necessita de uma avaliação personalizada (LAMBRECHT, 2017). De maneira direta, nessa avaliação,

a ROA integra a incerteza do mercado nas considerações econômicas necessárias, interage o resultado de vários panoramas de mercado com um valor para avaliação econômica e considera a faixa completa de incertezas da demanda de mercado (SEIFERT et al., 2015).

2.8 Taxonomia das opções

O valor das opções reais está embutido em oportunidades de investimento e muitas dessas opções ocorrem de maneira natural, como as opções de diferir e abandonar o projeto, enquanto outras podem ser planejadas com custo extra, como as opções de expandir ou alterar o projeto. Em empresas atuantes no ramo de recursos naturais, as opções reais mais comuns são as de diferir, expandir, abandonar ou retomar as operações do projeto (SABET; HEANEY, 2017; TRIGEORGIS, 1993b).

2.8.1 Opção de diferimento

A opção real mais comumente identificada é a opção de diferir um investimento, que diante de incertezas permite que a gestão adie por determinado período o momento de realizar um investimento (CUCCHIELLA; GASTALDI, 2006; KOZLOVA, 2017). O objetivo é reduzir a incerteza ao adquirir novas e melhores informações, porém, nunca completas, sobre o mercado, com o intuito de que essas novas informações diminuam o risco da decisão sobre o projeto de investimento (BRACH, 2003; PADHY; SAHU, 2011).

O valor da opção de diferimento está na capacidade de determinar se é o momento ideal de realizar o investimento ou se deve adiar até uma data posterior (HENAO et al., 2017). Desta forma, cria-se a possibilidade de adiar os custos e prosseguir apenas se as condições de mercado indicam um bom cenário, a fim de realizar a melhor escolha possível (LUEHRMAN, 1998; MUN, 2002).

Por outro lado, a opção de diferir o projeto implica em possíveis perdas nos retornos de fluxos de caixa e entrada de concorrentes no mercado, que devem ser consideradas no intuito de reduzir a incerteza. Assim, a opção envolve um custo e um benefício (ARYA; GLOVER, 2001; SANTOS et al., 2014).

O valor da opção de diferir é afetado por diversos fatores, porém todos relacionados ao grau de incerteza e irreversibilidade associado ao investimento. À medida que a incerteza e a irreversibilidade aumentam, o valor da opção de diferir aumenta, diminuindo a probabilidade de entrada. Com isso, a opção de diferir pode influenciar significativamente na execução do projeto. Por exemplo, a probabilidade geral de entrada é quase duas vezes maior quando a opção de diferir é de pouco valor em comparação quando a opção de diferir apresenta alto valor (BENARROCH; KAUFFMAN, 1999; FOLTA; JOHNSON; O'BRIEN, 2006).

A prerrogativa de adiar decisões de investimento é importante, pois essa possibilidade origina uma opção de compra (*call option*), em que os gestores têm o direito, porém não a obrigação, de realizar o projeto de investimento ("comprar o ativo") em algum momento futuro, até que surjam sinais positivos de mercado (CHENG et al., 2017; HUBBARD, 1994; MILLER; ARIKAN, 2004). O momento futuro em que a decisão dever ser tomada sobre executar ou não o projeto, caso ele tenha sido diferido, é chamado de maturidade da opção (RIOS; BLANCO; OLSINA, 2019).

Ao adiar o investimento é possível aprender sobre seu risco no estágio de reconhecimento. Informações sobre o risco podem ser obtidas de maneira passiva, por meio de observações, ou ativa, por exemplo, por meio de pesquisa de mercado. Desta forma, o aprendizado adquirido pela espera pode ajudar a resolver o risco de mercado, o de concorrência e o organizacional (BENARROCH, 2001). Salienta-se que se as condições futuras se tornarem desfavoráveis, o investidor deixará a opção expirar e o projeto não será realizado (PRINGLES; OLSINA; GARCÉS, 2015).

Em casos de decisões irreversíveis, a espera sempre tem um valor quando novas informações sobre os fluxos de caixa esperados dos investimentos podem se tornar disponíveis. Desta maneira, ao invés de realizar o investimento imediatamente, um investidor pode aumentar os lucros adiando uma decisão, mesmo que o projeto apresente VPL positivo no momento presente (ODENING; MUßHOFF; BALMANN, 2005). Além disso, podem ocorrer ainda situações em que o VPL inicial do projeto seja positivo, no entanto no futuro apresente um valor negativo (ARYA; GLOVER, 2001).

Gestores podem adiar o investimento devido à indecisão entre várias opções viáveis, falta de atratividade dos projetos e sobrecarga de escolha de alternativas (GERASIMOU, 2017). Normalmente, uma opção de diferimento é incorporada ao

valor do projeto quando o VPL sozinho não for capaz de justificar o seu início. Por outro lado, com um VPL alto a opção de diferimento tende a não ser incluída ao valor do projeto. Isso ocasiona perda de valor e, de maneira limitante, a opção normalmente é utilizada em projetos com baixo VPL (TIWANA et al., 2007).

2.8.2 Opção de expansão

A opção de expansão surge com a premissa de que é possível realizar investimentos adicionais para expandir os negócios (ČIRJEVSKIS; BADŪNS, 2013). Com objetivo de reagir às condições do mercado, essa opção utiliza a flexibilidade gerencial para alterar a capacidade do projeto (BRACH, 2003) quando o mercado apresenta condições melhores que o esperado (ARANGO ARANGO; ARROYAVE CATAÑO; HERNÁNDEZ, 2013; SANTOS; BRANDÃO; MAIA, 2015). Portanto, o gestor pode decidir manter a opção aberta no momento atual para maximizar o valor do projeto ao exercê-la quando a incerteza se dissipar e as condições se tornarem favoráveis (ČIRJEVSKIS; TATEVOSJANS, 2015).

Para obter uma opção de expansão é necessário que um investimento inicial seja feito (PRINGLES; OLSINA; GARCÉS, 2015), que pode ser considerado uma compra do direito de expandir no futuro. Ademais, em projetos em que o investimento fornece diversas oportunidades, a opção de expandir pode representar uma parcela considerável do seu valor (KOGUT, 1991). Nesses investimentos realizados em etapas, os gestores possuem a opção de ampliar os projetos durante sua vida útil ao expandir a capacidade de produção (COPELAND; KEENAN, 1998).

A opção de expansão oferece o direito, mas não a obrigação, de aumentar a escala produtiva do projeto fazendo um investimento adicional. Posto isso, exercer a opção de expandir a qualquer momento só se justifica quando o valor presente dos fluxos de caixa esperados do projeto expandido for superior ao valor do investimento adicional no momento da tomada de decisão. Desta forma, o valor da opção de expansão será positivo quando os benefícios adicionais esperados do investimento excederem o pagamento adicional necessário para financiar a expansão (CRUZ RAMBAUD; SÁNCHEZ PÉREZ, 2017; DURICA et al., 2018).

Na ROA, as opções de expansão são avaliadas como opções de compra e, juntamente com as opções de abandonar, diferir e reduzir a escala de produção é

uma das opções reais mais utilizadas nos negócios na prática e em projetos de engenharia (AGLIARDI, 2007; CRUZ RAMBAUD; SÁNCHEZ PÉREZ, 2016).

Para Agliardi (2006), o valor intrínseco de um projeto que contém opções de expansões subsequentes não depende apenas do tamanho da possibilidade das expansões e do valor do investimento da empresa, mas também da capacidade dos gestores em gerenciar essas opções e exercê-las de maneira apropriada. A opção de expansão fornece uma flexibilidade de investimento em que o investidor pode escolher o estágio de expansão ideal, dependendo do desenvolvimento do valor do projeto. Assim, o investidor pode conduzir a expansão para a próxima etapa ou manter a opção ativa (FRANZEN; MADLENER, 2017).

Um investimento inicial em uma opção de expandir reduz os custos futuros de produção, de modo que a expansão pode ocorrer a um custo menor do que para os concorrentes sem essas opções. Essas futuras vantagens estratégicas podem ser obtidas por meio de pesquisas tecnológicas, planejamento organizacional, investimento em logística, entre outros (KULATILAKA; PEROTTI, 1998). A opção de expansão também pode ser utilizada quando apenas metade do projeto for viável, mas com a opção existe a possibilidade de desenvolver o restante do projeto quando e se os preços de mercado melhorar (SCHWARTZ, 2013).

A opção de expansão possui importância estratégica, pois permite que a empresa capitalize em futuras oportunidades de crescimento. Com esta opção, um investimento não rentável, avaliado por VPL estático, pode ser vantajoso no futuro (TRIGEORGIS, 1999). Ao exercer a opção de expansão, a empresa pode usar o financiamento da dívida com o objetivo de maximizar o valor patrimonial ou para maximizar o valor da empresa ou pode financiar a expansão com patrimônio próprio (EGAMI, 2009).

2.8.3 Opção de abandono

Uma das principais vantagens das opções reais é a possibilidade de limitar o risco de perdas financeiras. A opção de abandono é determinante para que seja possível atingir o objetivo de reduzir esse risco de perdas nas empresas, atuando de forma direta nas fases não rentáveis dos projetos (ADNER; LEVINTHAL, 2004; COPELAND; ANTIKAROV, 2005; MINTAH et al., 2018; ODETAYO et al., 2018).

Mudanças que ocorrem no mercado podem ser desfavoráveis ao andamento do projeto e afetar seus resultados. Diante desse cenário, os gestores poderão abandonar o investimento e revender os equipamentos de capital (FERNANDES; CUNHA; FERREIRA, 2011). O direito de exercer a opção de abandono se caracteriza como uma opção de venda (*put option*) sobre o valor do projeto, em que o preço de exercício é definido como o valor residual dos ativos e bens de capital, descontados os custos inerentes ao abandono (CRUZ RAMBAUD; SÁNCHEZ PÉREZ, 2016; TRIGEORGIS, 2007).

Quando uma oportunidade de investimento perde seu potencial de retorno, o mais indicado é abandonar as operações existentes (COPELAND; KEENAN, 1998). A opção de abandono será exercida no momento que ocorrer um ganho com seu valor de abandono, superior ao VPL de todos os fluxos de caixa esperados até o final da vida útil do projeto, descontados à taxa de custo de capital (DURICA et al., 2018; ROBICHEK; VAN HORNE, 1967). Para Wong (2009), o momento ideal para exercer a opção de abandono é no primeiro instante que o preço de mercado atinge o limite inviável de operação.

No momento em que o projeto não está gerando o retorno esperado, a opção de abandono pode ser utilizada como uma estratégia que permite que investidores tenham seus recursos redirecionados para oportunidades alternativas mais atraentes (BENAROCH; LICHTENSTEIN; ROBINSON, 2006; KUMAR, 2005). A opção de abandono tem maior valor quanto maior for a incerteza sobre os projetos subjacentes e o ambiente do negócio, e se torna ainda mais interessante quando o valor de revenda de equipamentos de capital é atraente (ARYA; GLOVER, 2003; DAMARAJU; BARNEY; MAKHIJA, 2015).

As opções de abandono são relacionadas ao histórico dos custos total dos investimentos, que permitem a recuperação parcial ou total do investimento no momento que a opção de abandono é exercida (KOUSSIS; MARTZOUKOS; TRIGEORGIS, 2013; ZERVOS; OLIVEIRA; DUCKWORTH, 2018). Em ativos mais generalizados, a opção de abandono é mais valiosa, pois sua utilização após o abandono do projeto será mais ampla (BERGER; OFEK; SWARY, 1996).

Seja o projeto em execução ou parado, depois de uma opção de diferimento ser exercida, uma opção de abandono pode ser analisada, e o projeto ser permanentemente abandonado se os gestores notarem que este não se mostrou

atraente após o período de espera para que as incertezas se tornem mais claras (IPSMILLER; BROUTHERS; DIKOVA, 2018; MAIER; PFLUG; POLAK, 2020).

Robichek e Van Horne (1967) foram os primeiros a apontar a importância das opções de abandono para o orçamento de capital (WONG, 2005, 2006). Entretanto, ainda é necessário que as opções de venda sejam mais investigadas, em particular a opção de abandono, pois apesar de também possuir valor, recebem menos atenção em relação às opções de compra (REUER; TONG, 2007; ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2002).

2.9 Apreçamento de opções

Os métodos de precificação de opções fornecem uma avaliação flexível o suficiente para se adaptar a diversos problemas (DENTSKEVICH; SALKIN, 1991). Basicamente, os modelos mais populares para precificar opções financeiras que permitem precificar opções reais nos projetos de investimento, considerando o ativo subjacente como um ativo real, são os modelos de Black, Scholes e Merton e o binomial (ANDALRAFT-CHACUR; ALI; GONZÁLEZ SALAZAR, 2011; LIU; RONN, 2020; YU et al., 2019).

2.9.1 Modelo de Black, Scholes e Merton

Fisher Black e Myron Scholes (1973) e Robert Merton (1973) desenvolveram um modelo de tempo contínuo para precificar as opções de compra e venda europeias (BAIDYA; CASTRO, 2001; BOTOŞ; CIUMAŞ, 2012). Os seus artigos abordam uma fórmula de avaliação de opções que é uma descrição matemática do mercado financeiro de investimentos em derivativos (SHERAZ; PREDA, 2014). Uma opção de compra ou venda europeia é um tipo de derivativo que dá ao seu titular o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender o ativo subjacente em uma data futura especificada a um preço especificado (ARABAS; FARHAT, 2020).

O modelo de Black, Scholes e Merton (BSM) é uma abordagem para precificação de opções baseada em equações analíticas (ČULÍK, 2016). O preço de uma opção é a solução de uma equação diferencial parcial de segunda ordem em relação ao horizonte de tempo e o preço do ativo subjacente (BARAD, 2014; CEN;

LE, 2011). A solução é dada por meio do cálculo estocástico de Itô para mercados modelados por um processo estocástico log-browniano, ou seja, mercados impulsionados por equações diferenciais estocásticas (ANDREASEN; JENSEN; POULSEN, 1998; BOUCHAUD; SORNETTE, 1994).

O preço do ativo subjacente e o valor da opção possuem a mesma fonte de aleatoriedade (ARABAS; FARHAT, 2020). Desta forma, a alteração dos preços da opção ao longo do tempo está relacionada ao movimento dos preços da ação objeto, e o modelo de BSM assume que os retornos dos preços do ativo subjacente segue um processo de difusão lognormal com variância constante, ou seja, o preço do ativo subjacente segue um Movimento Browniano Geométrico (MBG) (AGUILAR, 2019; BOHNER; ZHENG, 2009; VITIELLO JUNIOR, 2000).

O modelo de BSM fornece a dinâmica dos preços das opções no mercado financeiro (DAVID, 2017) em que a ideia principal no conceito está na construção de uma carteira sem riscos (KUMAR; KUMAR; SINGH, 2014). A fórmula de BSM apresenta uma avaliação teórica do preço de opção (RAO; MANISHA, 2018) e expressa o valor da opção como o preço atual das ações multiplicado por um fator de probabilidade, menos o pagamento do exercício descontado multiplicado por um segundo fator de probabilidade (NIELSEN, 1992).

O modelo de BSM fornece uma descrição aproximada do comportamento do ativo subjacente e tem sido utilizado para precificação de derivativos financeiros devido a sua simplicidade, fácil implementação, clareza na obtenção do preço da opção e sua fórmula depende apenas de um único parâmetro que não é observável (BARBACHAN; COUTINHO, 2011; ZHANG et al., 2016). Ainda que existam outros métodos para determinar o valor de uma opção financeira, a fórmula de BSM é a mais útil (FALL; NDIAYE; SENE, 2019).

A equação clássica de BSM foi estabelecida sob algumas pressuposições (GHANDEHARI; RANJBAR, 2014). Pode-se citar, entre elas, que o mercado não apresenta custos de transações e impostos, o ativo subjacente não paga dividendos, a taxa livre de risco e a volatilidade do ativo são funções conhecidas e constantes ao longo do tempo. Ademais, as informações estão disponíveis e sem custo para todos os indivíduos, não há possibilidade de arbitragem e a opção é europeia, ou seja, só pode ser exercida no vencimento (PERERA, 1997; SHINDE; TAKALE, 2012; WILMOTT; HOWISON; DEWYNNE, 1995).

Sob essas premissas, o valor da opção dependerá apenas do preço da ação, do tempo e de variáveis que são tidas conhecidas (BLACK; SCHOLES, 1973), como o preço do ativo subjacente, o preço de exercício, o prazo para a maturidade, a taxa livre de risco e a variância, que é a única variável que necessita ser estimada (PERERA, 1997). Entretanto, o modelo de BSM apresenta algumas limitações, como por exemplo, apenas avaliar opções europeias, e como solução para este problema está o modelo binomial (SHI et al., 2019; TRIANTIS; BORISON, 2001).

2.9.2 Modelo binomial

O modelo binomial de precificação de opções foi desenvolvido por John Cox, Steve Ross e Mark Rubinstein (CRR), em 1979, baseado nas ideias do modelo de Black, Scholes e Merton (COPELAND; TUFANO, 2004; CRUZ RAMBAUD; SÁNCHEZ PÉREZ, 2019). Assim, o modelo binomial converge para um processo de preço lognormal e a fórmula de precificação binomial converge para a fórmula de tempo contínuo de BSM (BENNINGA; WIENER, 1997; TIAN, 1999).

A ROA pode seguir o modelo binomial de CRR (SHEN; PRETORIUS, 2013), que é chamado de modelo de árvore binomial, pois o processo de precificação é construir uma árvore binomial para avaliar o ativo subjacente em determinado período de tempo (GUO; ZHANG; WANG, 2019). A origem da árvore é o valor inicial do ativo subjacente, e cada novo nó fornece dois possíveis valores futuros para o ativo, por este motivo se utiliza o termo binomial (KELLY, 1998).

O modelo binomial representa o movimento de preço do ativo subjacente como um limite contínuo de um passeio aleatório em tempo discreto, ou seja, o preço do ativo segue um processo binomial multiplicativo ao longo de sucessivos intervalos de tempo discretos (COX; ROSS; RUBINSTEIN, 1979; TONIN; COELHO, 2012). No processo multiplicativo, o valor do projeto pode flutuar para o próximo período, com dois resultados futuros alternativos possíveis, com suas respectivas probabilidades (CRUZ RAMBAUD; SÁNCHEZ PÉREZ, 2017; KOZLOVA, 2017).

O modelo binomial divide o tempo até a data de vencimento em intervalos de tempo discreto e apresenta o valor do ativo subjacente a partir do presente até o vencimento (KAAKYIRE; NANANG, 2004). Normalmente, a variável incerta subjacente, geralmente o valor presente do projeto, é que agrega várias incertezas,

como tamanho de mercado, participação de mercado, rendimento de produção e preço (TRIANSTIS; BORISON, 2001).

Como o valor do ativo segue um processo binomial multiplicativo, a árvore é recombinante. Portanto, um movimento de subida do valor do ativo, seguido por um de descida resulta no mesmo valor que um movimento de descida seguido por um de subida. Isso mostra que existem diferentes caminhos para chegar ao mesmo resultado, fator que reduz o número de nós da árvore e, conseqüentemente, o tempo de computação dos dados (BRANDÃO; DYER; HAHN, 2005; PETERS, 2016; SMITH, 2005).

O modelo binomial é uma das ferramentas mais comuns para ROA (MIRANDA; BRANDÃO; LAZO, 2017), pois é simples, intuitivo, fácil de realizar a programação em computadores e sua estrutura fornece maior flexibilidade de modelagem para analisar opções reais múltiplas (HERATH; PARK, 2002; HO; LIAO, 2011; XIAOPING; JIE, 2014). Em comparação com Black e Scholes, o modelo requer menos habilidade matemática para ser desenvolvido e ser utilizado (KAAKYIRE; NANANG, 2004).

O modelo binomial é amplamente utilizado pelos profissionais do mercado de opções, pois pode simular corretamente os mecanismos das opções de estilo europeia ou americana (YEH; LIEN, 2020). Devido a sua flexibilidade, o modelo binomial permite verificar em todos os períodos da vida de uma opção a possibilidade de exercício, o que a torna uma ferramenta eficaz para avaliar as opções americanas, que podem ser executadas a qualquer momento até o vencimento da opção (GUO; ZHANG; WANG, 2019; YAO; PRETORIUS, 2014).

Deve-se resolver de forma iterativa o processo de calcular o valor das opções, e utiliza-se a técnica de indução recursiva de trás para frente, em que se calculam os valores em cada nó, desde o último, na data de vencimento, até o primeiro nó, na data presente, ou seja, ponto de tempo inicial (KELLY, 1998; LONCAR et al., 2017; TRIANTIS; BORISON, 2001). Por esse motivo é possível decidir se a opção deve ou não ser exercida a qualquer momento até a data de vencimento (PETERS, 2016).

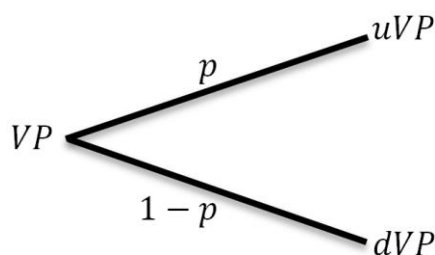
De maneira concisa, o valor do ativo pode se mover para cima ou para baixo e a cada período subsequente o valor equivale ao período anterior multiplicado por um fator de subida (*up*) ou de descida (*down*), que são exatamente os mesmos para todos os períodos (BAIDYA; CASTRO, 2001; BAYRAM; GANIKHODJAEV, 2013). É

preciso calcular a volatilidade do ativo subjacente e o número de intervalos até a data de vencimento para determinar os fatores de subida e descida (ELTON et al., 2014; YEH; LIEN, 2020).

Ao criar a estrutura da árvore binomial é necessário calcular o valor da probabilidade neutra ao risco para a variável de estado subir e descer (LONCAR et al., 2017; SHI et al., 2019; XUE; ZHANG, 2014). Nesse contexto, os valores presentes dinâmicos gerados na árvore de decisão são descontados à taxa livre de risco ao invés da taxa ajustada ao risco, aplicada quando se utiliza a probabilidade objetiva. Assim, o ajuste ao risco ocorre nas probabilidades de cada estado do projeto ocorrer, representado pelos galhos da árvore de decisão (BRANDÃO; DYER, 2009; MONTEIRO; TÜTÜNCÜ; VICENTE, 2008).

De maneira resumida, o processo descrito é apresentado conforme a Figura 1, em que o valor do ativo analisado, ou seja, o Valor Presente (VP) do projeto é multiplicado por um fator de subida (u) ou de descida (d), à probabilidade neutra ao risco de ocorrência (p ou $1 - p$).

Figura 1 – Exemplo de projeto com probabilidades neutras ao risco



Para calcular a probabilidade neutra ao risco é preciso utilizar a abordagem de portfólio replicante, que estabelece que se o valor do *payoff* de um novo ativo pode ser replicado por meio de um portfólio de títulos negociados no mercado, então o valor atual desse novo ativo pode ser determinado. Isso ocorre devido ao fato do portfólio replicar perfeitamente os *payoffs* desse novo ativo, uma vez que possuem as mesmas características de risco, e de acordo com a lei de preço único (*law of one price*), quando excluimos a oportunidade de arbitragem, dois ativos com os mesmos *payoffs* devem possuir o mesmo valor de mercado (ČULÍK, 2016; PETERS, 2016).

Entretanto, para projetos de investimento em projetos reais é praticamente impossível identificar um portfólio de ativos negociados que replique de maneira

adequada seus riscos e retornos, o que caracteriza um mercado incompleto (ANAMARI-BEATRICE, 2014; DANIEL, 2012). Contudo, Copeland e Antikarov (2001) propuseram uma abordagem que não necessita de qualquer ativo negociado no mercado, o *Market Asset Disclaimer (MAD)*, que elimina a dificuldade de identificar um portfólio que gere o mesmo risco e retorno do projeto.

Na utilização do *MAD*, considera-se que não há um título gêmeo perfeitamente correlacionado com o projeto e que a melhor estimativa imparcial do valor de mercado do projeto é o valor presente sem flexibilidade do próprio projeto, que é considerado como substituto para o título gêmeo (COPELAND; ANTIKAROV, 2005; GONZÁLEZ-ECHEVERRI; MORA-VALENCIA; GREGORIO SOLANO, 2015). Ademais, o modelo de CRR assume que o valor do projeto subjacente segue o MBG (MIRANDA; BRANDÃO; LAZO, 2017).

2.9.3 Processo estocástico

A incerteza é o fator fundamental para existência de flexibilidade e podem ser modeladas por meio de processos estocásticos (GONÇALVES; FERREIRA, 2008). Em processos estocásticos, a função de densidade de probabilidade representa todas as características estocásticas de uma configuração de estado único (SARGOLZAEI; SHABGAHI; AFSHAR, 2019).

Um processo estocástico é uma representação matemática de um sistema que evoluiu probabilisticamente, ou seja, é uma coleção de variáveis aleatórias em função do tempo ($x(t) : t \in T$), em que o índice tempo e a variável aleatória podem ser caracterizados como discreto ou contínuo. Cada variável aleatória adota valores em algum conjunto chamado de espaço de estados, ou seja, o conjunto de valores possíveis de um processo. Portanto, $x(t)$ é o estado do processo no tempo t (CARFORA, 2019; KLEBANER, 2005; STIRZAKER, 2005).

Os processos estocásticos introduzem o tempo na teoria da probabilidade e representam a maneira mais relevante de combinar fenômenos dinâmicos e aleatoriedade resultantes de informações incompletas (SCHUSTER, 2016). Ao aplicar um processo estocástico é necessário estabelecer uma representação útil do sistema na construção do modelo e derivar as propriedades de interesse por meio de simulação ou análise matemática (COX; MILLER, 1977).

Um importante aspecto na valoração de modelos é determinar a forma como as incertezas são tratadas, o que normalmente ocorre por meio de um processo estocástico (SAMANEZ; COSTA, 2014). Um processo estocástico é simplesmente um processo de probabilidade, ou seja, qualquer processo na natureza cuja evolução pode ser analisada com sucesso em termos de probabilidade (DOOB, 1942). Ademais, os processos estocásticos são um fenômeno comum no reconhecimento de padrões ou para entender processos financeiros (BEAN, 2015).

Os processos estocásticos podem ser classificados em relação aos efeitos de memória, sendo que a maioria se enquadra na classe dos processos de Markov. Nos processos de Markov o futuro pode ser modelado e previsto probabilisticamente a partir do conhecimento do presente, e nenhuma informação sobre eventos históricos é necessária (SCHUSTER, 2016). Ademais, os processos estocásticos podem ser caracterizados como contínuos ou discretos e podem ser estacionários ou não estacionários (GONÇALVES; FERREIRA, 2008).

Por meio de testes econométricos, é possível estabelecer o processo estocástico que descreve o comportamento das séries históricas de determinado ativo. Dentre esses testes estão o de normalidade, tendência e estacionaridade. Este último representa característica crucial de qualquer série temporal, em que um processo estacionário pode variar de maneira aleatória, mas sem se deslocar para longe da média (MATIAS; SILVA; VIEIRA, 2005; OLSSON; HILLRING; VINTERBACK, 2011).

2.9.4 Tempo discreto

A ROA pode ser classificada de acordo com a forma com que o tempo é considerado, ou seja, tempo discreto ou contínuo (NARDELLI; MACEDO, 2011). Os métodos numéricos tratam as incertezas do projeto como variáveis de risco aleatórias em tempo discreto, enquanto os métodos analíticos seguem processos estocásticos em tempo contínuo (GUJ; CHANDRA, 2019; HENAO et al., 2017). A ROA em tempo discreto é normalmente implementada na literatura financeira por meio do modelo de árvore binomial (BAYRAM; GANIKHODJAEV, 2013).

Após o trabalho de Cox, Ross e Rubinstein (1979), os modelos de tempo discreto tornaram-se populares na avaliação de opções como aproximações

adequadas aos modelos de difusão em tempo contínuo. Os preços das opções europeias calculados a partir de seus modelos de tempo discreto convergem para os valores correspondentes de modelos de tempo contínuo (AMIN; KHANNA, 1994; KIM et al., 2019). Muitas ideias sobre um modelo de tempo contínuo podem ser entendidas por meio dos limites de certos modelos de tempo discreto (HESTON; ZHOU, 2000).

Os métodos de tempo discreto, como o modelo binomial, são mais fáceis para serem explicados e implementados, além de serem diretos e matematicamente mais simples que a avaliação de tempo contínuo (BROADIE; DETEMPLE, 2004; HU; ZHANG, 2015; LAMBRECHT, 2017). Ainda segundo Lambrecht (2017), conforme a ROA envolve problemas cada vez mais complexos, os métodos de tempo discreto podem ganhar ainda mais popularidade.

O modelo de tempo discreto é uma forma de modelar um MBG, o qual assume que um ativo com determinado preço inicial pode aumentar ou reduzir seu valor após cada período de tempo discreto Δt (MADLENER; STOVERINK, 2012; SANTOS; BRANDÃO; MAIA, 2015). Assim, a flexibilidade gerencial pode ser modelada em tempo discreto, em que instantes de decisão futuros permitem ao gestor maximizar o valor do projeto (BRANDÃO; CURY, 2006).

2.9.5 Movimento Browniano Geométrico

O movimento browniano é um importante tipo de processo estocástico (LIANG; WU, 2019) que tem como caso particular de comportamento o MBG (MATIAS; SILVA; VIEIRA, 2005). Por se tratar de processo não estacionário, os valores modelados pelo MBG tendem a ser mais voláteis e se afastam do valor inicial (LIMA; SUSLICK, 2006b). Além do grau de volatilidade, o MBG é capaz de incorporar um alto nível de incerteza (POSTALI; PICCHETTI, 2006).

Ao se trabalhar com incertezas nos preços futuro, é possível modelá-los por meio de uma Equação Diferencial Estocástica (EDE), em que a mais utilizada é o MBG (SAVOLAINEN, 2016). O MBG é um modelo de EDE linear de primeira ordem que consiste em um componente determinístico e outro estocástico (OSSENBRUGGEN; LAFLAMME, 2019). A EDE do MBG possui uma solução analítica por meio do Lema de Itô (MAEDA; WATTS, 2019).

O processo de Wiener, conhecido como movimento browniano, e o MBG compartilham a propriedade de Markov, em que o preço futuro depende apenas do preço presente e os incrementos são independentes (DIXIT; PINDYCK, 1994; ROSS, 1999). Se um ativo segue o MBG, independente do histórico de preço até o momento, a razão do preço em um momento futuro em relação ao preço corrente possui uma distribuição lognormal (FONSECA et al., 2017; ROSS, 2011).

As incertezas presentes nos projetos de investimento normalmente são incluídas nos modelos por meio do MBG (BALLIAUW; KORT; ZHANG, 2019; OZORIO et al., 2013). Ao combinar algumas incertezas, como preço, demanda e custos, é possível obter a volatilidade do projeto, que será representada por essa incerteza combinada (OLIVEIRA; PAMPLONA, 2012). O MBG fornece melhor ajuste para o efeito combinado de incertezas e irreversibilidade na decisão de investir, desta forma, apresenta vantagem sobre outros modelos (ZHANG, 1997).

O MBG é um processo estocástico baseado na soma de um componente determinístico, a taxa média de crescimento (*drift*), com um componente estocástico, o incremento de um movimento browniano. Assim, o *drift* e a volatilidade são mantidos constantes durante o processo (BERK; PODHRASKI, 2018; BONGIORNO; GOIA; VIEU, 2017; THORSEN, 1999).

O MBG é um modelo matemático que por meio de simulações é capaz de estimar o comportamento futuro de ativos (RAMOS et al., 2019). Diversas séries temporais econômicas, como taxas de câmbio, preços de recursos naturais, entre outras, podem ser descritas como MBG (DIXIT, 1992). Normalmente, o mercado financeiro utiliza o MBG para modelar o comportamento do preço de *commodities* e ações (BURGARELLI et al., 2018).

O MBG pode ser aplicado para modelar o preço de diferentes ativos como, por exemplo, o preço do petróleo (FAN; ZHU, 2010; MEADE, 2010), de laticínios (HE et al., 2019), da gasolina e do etanol (BASTIAN-PINTO; BRANDÃO; ALVES, 2010), a receita proveniente de investimentos em geotérmicas (SIYUAN et al., 2019), o preço do ativo carbono (LI; WU; LI, 2018), o preço de *commodities* (HAQUE; TOPAL; LILFORD, 2014), o preço do crédito de carbono (BATISTA et al., 2011), entre outras aplicações.

Além da variável preço, o MBG pode ser aplicado em diversas outras categorias de variáveis estocásticas que apresentam incertezas. A emissão de

carbono (KO et al., 2019), o volume de tráfico em rodovias (QUIMBAYO; VEGA; MARQUES, 2019) e a abundância de uma espécie ameaçada de extinção (CONRAD, 2018) são alguns exemplos.

Especificamente no setor florestal, também são encontradas situações de modelagem pelo MBG. Thorsen (1999), ao formular um modelo para o problema de decisão na ROA, modelou o preço da madeira roliça como um MBG. Outros autores (MANLEY; NIQUIDET, 2010; NAVARRETE, 2012; ROCHA et al., 2006; STRANGE; JACOBSEN; THORSEN, 2019) também assumiram que o preço da madeira segue um MBG.

A mudança aleatória do preço da madeira não depende das observações de preços passados, sendo assim, o preço da madeira em pé pode ser modelado de acordo com o processo de difusão lognormal, ou seja, o MBG (REED; HAIGHT, 1996). Além do preço da madeira, Alvarez e Koskela (2006) modelaram também o volume da floresta como um MBG e Girma, Hassan e Hertzler (2012) assumiram que qualquer benefício proveniente dos produtos florestais segue um MBG.

Alguns pesquisadores têm questionado o impacto em assumir que o preço segue uma variável aleatória não estacionária (MBG), pois isso se torna uma simplificação substancial do problema. Porém, em muitos casos não são feitos testes necessários (SLADE, 2001). Por isso, é importante verificar se uma série temporal segue um MBG ou algum outro processo estocástico, antes de confiar nos resultados obtidos a partir de tal suposição, principalmente quando impactos financeiros podem resultar de uma decisão baseada nesses modelos (MARATHE; RYAN, 2005).

2.9.6 Volatilidade

A volatilidade pode ser classificada em dois tipos importantes: a volatilidade implícita, por meio da fórmula de BSM, que é obtida ao utilizar o preço atual de mercado da opção analisada, e a volatilidade histórica por meio dos preços históricos de mercado do ativo subjacente (COBB; CHARNES, 2004; SHINDE; TAKALE, 2012).

A volatilidade histórica de um ativo é calculada por meio do desvio padrão dos retornos logaritmos ao longo de um período (BENNINGA, 2008; DAVIS, 1998; RABERTO et al., 1999; ZAMBUJAL-OLIVEIRA, 2013). Como não se pode conhecer hoje o preço futuro dos ativos, estima-se, baseado na volatilidade histórica, a volatilidade futura dos respectivos ativos subjacentes por meio de métodos estatísticos e regressões (VICENTE; GUEDES, 2010).

Os valores das opções estão diretamente ligados à volatilidade dos preços do ativo subjacente (FLETEN et al., 2011). Desta forma, volatilidade mais alta significa valor mais alto da opção real, pois quando a volatilidade aumenta a possibilidade de retornos também aumenta, tornando a oportunidade de investimento mais valiosa sem aumentar a probabilidade de uma grande perda (BAYRAM; GANIKHODJAEV, 2013; BØCKMAN et al., 2008; BRANDÃO et al., 2012; PINDYCK, 2004), pois estas são limitadas ao prêmio da opção (SCHACHTER; MANCARELLA, 2016).

Um aumento na volatilidade do fluxo de caixa do projeto contribui para a existência de eventos favoráveis e desfavoráveis que influenciam na flexibilidade gerencial do investimento (MAEDA; WATTS, 2019). A volatilidade é uma medida da intensidade de flutuações que ocorrem com uma série de retornos durante um determinado intervalo de tempo (CIZEAU et al., 1997; LIU et al., 1999; NERVIS; CREPALDI, 2012). As estimativas da volatilidade possibilitam calcular a expectativa dos movimentos futuros dos preços do ativo analisado (VICENTE; GUEDES, 2010).

Para Durica et al. (2018), a volatilidade dos fluxos de caixa esperados do projeto é o fator que explica aproximadamente 99% do preço real da opção determinada pelo modelo binomial. Para Doan e Menyah (2013), apesar da importância da volatilidade no preço das opções reais, o valor utilizado na literatura nem sempre é justificado adequadamente, portanto, é importante utilizar uma abordagem robusta para estimar o valor da volatilidade. Uma pequena falha em sua estimativa pode comprometer os resultados do modelo (LIMA; SUSLICK, 2006b).

A modelagem da volatilidade dos retornos do ativo subjacente é um dos principais parâmetros em ROA para avaliação e tomada de decisão (GUJ, 2016; HULL, 2008). Contudo, estimar com precisão a volatilidade é um dos grandes desafios na ROA, pois a volatilidade não é um parâmetro observável (ARISMENDI et al., 2016; GUJ; CHANDRA, 2019; PARK; KIM; KIM, 2014). Diferentemente de ativos financeiros, para ativos reais normalmente não há dados históricos de mercado

disponíveis para fornecer uma estimativa precisa desse parâmetro (BRANDÃO; DYER; HAHN, 2012; LIMA; SUSLICK, 2006b).

Em situações que o projeto envolve produção e venda de um produto, uma solução é utilizar os preços históricos do produto, ou seja, assumir que a volatilidade do projeto é igual ao preço do produto envolvido (COBB; CHARNES, 2004; LIMA; SUSLICK, 2006a). Entretanto, com os preços históricos dos produtos é possível encontrar a volatilidade do projeto por meio de simulação pelo Método de Monte Carlo (MMC). Assim, de acordo com Monjas-Barroso e Balibrea-Iniesta (2013), isso permite combinar as incertezas de mercado presentes no modelo em uma única incerteza: a volatilidade do projeto.

A volatilidade é a principal variável de entrada para os modelos de precificação de opções de BSM e de CRR, que são baseados em estimativas da volatilidade do ativo ao longo da vida útil da opção analisada (MANTEGNA; STANLEY, 2004; LIU et al., 1999). Com isso, para utilizar o modelo binomial para modelagem do projeto, é necessário estimar a sua volatilidade (AJAK; TOPAL, 2015). Os fatores de subida e descida e a probabilidade neutra ao risco são baseados na volatilidade do ativo subjacente e no tempo de vencimento da opção (FONSECA et al., 2017; NEELY; NEUFVILLE, 2001).

As opções reais possuem relação com o risco, que é associado à incerteza sobre o retorno final de um investimento e é mensurado pela volatilidade do ativo subjacente (AJAK; LILFORD; TOPAL, 2018; BOUCHAUD; POTTERS, 2003). Desta forma, a volatilidade possui papel fundamental na precificação de opções e na determinação e gerenciamento de riscos (FLEMING; KIRBY; OSTDIEK, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Florestas plantadas de *Pinus elliottii*

O estudo foi desenvolvido a partir de coeficientes técnico-econômicos inerentes à implantação de uma floresta plantada de *Pinus elliottii*, com rotação florestal de 21 anos, para uma área com um hectare, em espaçamento de 3 m x 3 m, conseguinte, 1.111 árvores por hectare, com Incremento Médio Anual (IMA) de $21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, conduzidas no estado de São Paulo, Brasil.

A umidade relativa média na região é de aproximadamente 76%, com precipitação média anual de 1.278 mm. Segundo a classificação Köppen-Geiger, as características climáticas são descritas como Cwa clima temperado úmido de altitude (ALVARES et al., 2013), com chuvas no verão e seca no inverno, com temperatura média do mês mais quente superior a 20° C. Geograficamente, possui unidades de solo Argissolo Amarelo, A moderado, distrófico (SANTOS et al., 2018).

O plantio florestal ocorreu em área com arrendamento da terra e, como alternativa, analisou-se também o projeto considerando a compra da terra para mesma área de plantio. Desta forma, foram consideradas duas abordagens para execução dos projetos de investimento: arrendamento e compra da terra para o plantio.

Salienta-se que, os projetos previam o plantio no mesmo sítio florestal, portanto, de acordo com Louw e Scholes (2002), em um complexo integrado de todos os fatores ambientais dentro de uma área prescrita. À vista disso, os tratamentos silviculturais foram idênticos, os quais contemplaram roçada, aplicação de formicida e herbicida, preparo do solo, plantio, replantio, desrama e desbaste.

Os produtos florestais comercializados eram a resina e as árvores em pé. A extração da resina iniciava no 10º ano e encerrava no 20º ano, portanto, utilizou-se a quantidade média anual de produção de resina. Ademais, no 8º ano da vida útil da floresta, foram realizados desbastes sistemáticos para aumentar a produção de resina e o volume das árvores. Neste processo, foram retiradas aproximadamente 25% das árvores do povoamento. Ocorreu também no 8º ano a desrama das árvores remanescentes para melhoria da qualidade da madeira.

No 21º ano do ativo biológico foi realizado o corte raso da floresta, em que a comercialização do ativo ocorreu com as árvores em pé. Contudo, para as prognoses não foi ponderado a operação de destoca da área florestal.

3.2 Modelo Determinístico

3.2.1 Fluxo de caixa esperado dos projetos de investimento

Pautado na vida útil dos ativos biológicos, os fluxos de caixa foram projetados para um horizonte de 21 anos. Os custos demandados para a execução dos projetos de investimento contemplaram os dispêndios com operações silviculturais, insumos químicos, mudas de *Pinus*, manutenção de aceiros, administração, extração da resina, além do custo de arrendamento e compra da terra para o reflorestamento.

O capital demandado para a implantação da floresta (*Capital Expenditure - CAPEX*) foi referente a todos os custos oriundos do primeiro ano dos projetos de investimento. As receitas foram geradas pela comercialização da resina e das árvores em pé, proveniente do desbaste e do corte raso da floresta ao final da rotação.

Os valores monetários foram expressos em dólar americano (USD) reconhecido como parâmetro do mercado financeiro internacional (Simões et al., 2015). A taxa de câmbio considerada foi o preço da moeda estrangeira medido em unidade da moeda nacional, que em 31 de dezembro de 2019 era de BRL 4,0301 conforme dados disponibilizados pelo Banco Central do Brasil (2019).

O regime tributário pautou-se na legislação vigente no Brasil. Desta forma, considerou-se o lucro presumido, em que a presunção para a atividade florestal sobre a receita bruta era 8% para o Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas (IRPJ) e 12% para a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Caso a margem do lucro presumido ultrapassasse USD 59.551 em um período, seria realizada uma tributação extra do IRPJ de 10% sobre o excedente.

Essas presunções resultaram na base de cálculo a ser utilizada para dedução dos impostos, em que a alíquota do IRPJ foi 15% e da CSLL foi 9%, aplicadas sobre a base de cálculo do lucro presumido. A alíquota referente ao Programa de

Integração Social (PIS) foi 0,65% e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) foi 3%, incorridas sobre a receita bruta.

Os fluxos de caixa elaborados eram não convencionais, pois de acordo com Kulakov e Kulakova (2013), a sequência dos valores dos fluxos de caixa apresentava mais de uma mudança de sinal. Assim, o planejamento orçamentário foi elaborado a partir entradas e saídas de caixa ocorridas ao longo do horizonte de planejamento descrito na Equação 1.

$$FC_t = RB_t - RB_t(TR + PC) - CS_t - CR_t - CA_t - CT_t - CAPEX_t \quad (1)$$

em que:

t são os períodos do fluxo de caixa;

FC_t é o fluxo de caixa no período t ;

RB_t é a receita bruta no período t ;

TR são os tributos pautados no lucro presumido, isto é, IRPJ e CSLL;

PC é a alíquota referente ao PIS e COFINS;

CS_t são os custos operacionais, de insumos e manutenção;

CR_t são os custos com extração da resina;

CA_t são os custos administrativos;

CT_t é o custo do arrendamento ou da compra da terra para o plantio da floresta.

3.2.2 Custo médio ponderado de capital

A taxa do custo de oportunidade de capital, denotada por i , utilizada para descontar os valores dos fluxos de caixa esperados para a data focal, isto é, ano de implantação das florestas, foi obtida por meio do método do Custo Médio Ponderado de Capital (WACC), descrita por Brotherson et al. (2013) e expresso por meio da Equação 2. Foi necessário estimar o custo de oportunidade de cada fonte de financiamento, ou seja, capital próprio e de terceiros.

$$WACC = k_d(1 - \tau)w_d + k_e w_e \quad (2)$$

em que:

k_d é o componente da taxa de retorno exigida para capital de terceiros;

τ é a alíquota do IRPJ e do CSLL;

w_d é o peso relativo ao componente capital de terceiros expresso como porcentagem do recurso total do investimento;

k_e é o componente da taxa de retorno exigida para o capital próprio;

w_e é o peso relativo ao componente capital próprio expresso como porcentagem do recurso total do investimento.

O custo de capital de terceiros foi estimado a partir da taxa livre de risco adicionada ao *spread* relacionado a países com classificação de crédito BA2, de acordo com a Moody's rating (2019). O custo de capital próprio foi determinado por meio da metodologia do *CAPM*.

3.2.3 Modelo de precificação de ativos

O componente custo de capital próprio foi calculado com o método *CAPM*, expresso em Baker e English (2011) em conformidade com a Equação 3.

$$k_e = rf + \beta(R_M - rf) \quad (3)$$

em que:

rf é a taxa de retorno livre de risco;

β é o coeficiente beta, que representa o fator de risco sistemático dos projetos;

R_M é a taxa de retorno prevista para a carteira de mercado composta por ativos de risco do setor florestal;

$(R_M - rf)$ é o prêmio pelo risco no mercado.

Na Equação 4 foi adicionado ao modelo *CAPM* um prêmio pelo risco país que representa o retorno extra requerido por investidores ao alocarem capitais em países emergentes, em consonância à Damodaran (2002).

$$k_e = rf + \beta (\text{prêmio de risco em mercado maduro}) + \lambda \quad (4)$$

em que:

λ é o prêmio pelo risco país.

Foram adotados como referência para a taxa de retorno livre de risco, os títulos emitidos pelo Departamento do Tesouro do Governo dos Estados Unidos - *U.S. Department of the Treasury* (2019), aceito no mercado como título livre de risco. Com isso, a taxa livre de risco adveio da série histórica desde janeiro de 1962 até dezembro de 2019, com prazo de maturidade de dez anos, que de acordo com Viebig, Poddig e Varmaz (2008) é normalmente empregado pelos analistas financeiros.

O prêmio pelo risco em um mercado maduro, ou seja, a diferença entre a taxa de retorno do mercado e a taxa livre de risco, foi estimado com base nos dados do mercado norte americano, pois é uma das maiores e mais estáveis economias do mundo. Desta maneira, para o retorno de mercado do setor florestal, assumiu-se o índice *S&P Global Timber & Forestry* fornecido pelo *S&P Down Jones* (2019) para um período de dez anos.

Em relação ao risco país referente ao Brasil, foi adotado o Índice de Títulos da Dívida de Mercados Emergentes (*Emerging Market Bond Index Plus - EMBI+*), conforme dados disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2019). Assim, o risco país foi obtido a partir da série histórica do período de abril de 1994 a dezembro de 2019.

A preferência por séries com longos períodos de tempo para cada parâmetro teve o intuito de eliminar qualquer tendência ao longo do tempo (DAMODARAN, 2012). Portanto, foi necessário calcular a média geométrica das séries para, de acordo com Damodaran (2010), não superestimar os valores das variáveis devido aos longos períodos de dados, e assim, eliminar momentos de sazonalidade.

3.2.4 Coeficiente beta dos projetos de investimento

O método *CAPM* utiliza o coeficiente beta como uma medida de risco sistemático não diversificável em relação ao mercado de capitais para calcular o

custo de oportunidade apropriado. Desse modo, o coeficiente beta dos projetos de investimento é expresso em Mun (2002) conforme a Equação 5.

$$\beta_L = \frac{cov(r_\alpha, r_m)}{var(r_m)} = \frac{\rho_{\alpha,m} \sigma_\alpha \sigma_m}{\sigma_m^2} \quad (5)$$

em que:

β_L é o coeficiente beta alavancado;

$cov(r_\alpha, r_m)$ é a covariância do retorno do ativo e do retorno de mercado;

$var(r_m)$ é a variância do retorno de mercado;

$\rho_{\alpha,m}$ é a correlação entre retorno do ativo e retorno do mercado;

σ_α é o desvio padrão do retorno do ativo;

σ_m é o desvio padrão do retorno do mercado.

Devido à empresa detentora da floresta não possuir capital aberto, justificou-se adotar a média dos betas de empresas semelhantes negociadas na bolsa, conforme preconizado por Bowman e Bush (2007). Desta forma, foram ponderadas cinco empresas do setor florestal: Duratex, Eucatex, Celulose Irani, Klabin e Suzano.

O retorno de mercado foi determinado com a variação diária de uma série histórica de dez anos do Índice Bovespa, que pode ser considerado o principal indicador do mercado de ações no Brasil. Em relação ao ativo, isto é, cada uma das cinco empresas selecionadas do setor florestal, utilizou-se o histórico de retorno de dez anos do preço das suas ações.

Com isso, as variações diárias foram obtidas a partir do valor de fechamento dos preços das ações e do Índice Bovespa, ambos obtidos do site Brasil, Bolsa, Balcão (B3) (2019), a bolsa de valores oficial do Brasil. Com essas informações foi possível, por meio da Equação 5, calcular o coeficiente beta alavancado para cada empresa selecionada.

Cada coeficiente beta encontrado passou pelo processo de desalavancagem, em conformidade com a Equação 6, para retirar a influência das suas respectivas alavancagens financeiras na medida de risco sistemático.

Desta forma, foi possível estimar o coeficiente beta médio desalavancado do setor em análise, que, posteriormente, foi realavancado com a mesma Equação 6 ao

isolar o termo β_L . Nesta etapa de realavancagem, foi considerando apenas a alavancagem financeira da empresa detentora dos projetos avaliados. A relação entre beta alavancado e desalavancado está de acordo com Sarmiento-Sabogal e Sadeghi (2014):

$$\beta_U = \frac{\beta_L}{1 + \left(\frac{D}{VM}\right)(1 - \tau)} \quad (6)$$

em que:

β_U é o coeficiente beta desalavancado;

D é o valor de mercado da dívida;

VM é o valor de mercado do patrimônio líquido alavancado.

3.2.5 Valor presente líquido

Os valores esperados dos fluxos de caixa foram descontados à taxa do custo de oportunidade de capital, para calcular o valor presente dos projetos na data focal, conforme Pšunder e Cirman (2011) na Equação 7.

$$VP_j = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + i)^{t-j}} \quad (7)$$

em que:

VP é valor presente do projeto;

n é o número de períodos do fluxo de caixa;

j é o período para qual o fluxo de caixa será descontado.

O Valor Presente Líquido tradicional (VPL_{trad}) do projeto é dado como o valor presente do projeto subtraído o capital demandado para implantação da floresta, ou seja, o CAPEX. De acordo com Pšunder (2012) VPL_{trad} pode ser obtido por meio da Equação 8.

$$VPL_{trad} = VP - Capex \quad (8)$$

3.3 Modelo estocástico

3.3.1 Incertezas referentes aos projetos

Em relação às incertezas dos projetos de investimento, foram utilizadas três séries históricas distintas para modelagem do preço dos produtos comercializados. A série histórica do preço da tonelada da resina apresentava dados mensais de janeiro de 2013 a dezembro de 2019. Quanto às séries históricas do preço da árvore em pé proveniente do desbaste e do corte raso, a periodicidade também foi mensal, entretanto, compreendeu-se o período de junho de 2017 a julho de 2019.

Posto isso, devido à desvalorização da moeda nacional (BRL), foi necessário deflacionar estes valores monetários para que pudessem ser comparados e analisados no tempo sem distorções causadas pela inflação. O efeito da inflação dos valores nominais foi removido utilizando o Índice Geral de Preços – Disponibilidade interna (IGP-DI), pautada na metodologia proposta por Mendes e Padilha Junior (2007). Deste modo, o mês utilizado como nova base para os valores deflacionados foi dezembro de 2019.

3.3.2 Processo estocástico

A modelagem dos preços referente às incertezas do modelo foi realizada após ser estabelecido o processo estocástico que melhor descrevesse o comportamento dessas séries históricas. Para isso, foram realizados testes econométricos no Logaritmo Neperiano dos retornos dos preços por meio do *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020). O intuito foi estabelecer o processo estocástico que melhor descrevesse a trajetória do preço futuro das séries temporais da resina, das árvores em pé de desbaste e de corte raso.

Primeiramente, foi realizado o teste de *Jarque Bera* (JARQUE; BERA, 1980) para verificar se as séries de preços eram normalmente distribuídas, com hipótese nula de distribuição normal dos dados, utilizando o pacote *tseries*. Em seguida, foi verificado se os preços da resina e da árvore em pé possuíam tendência por meio do teste de *Cox Stuart* (COX; STUART, 1955), com hipótese nula de que a série temporal não possuía tendência, com uso do pacote *randtests*. Por meio do teste de

Dick Fuller aumentado (DICKKEY; FULLER, 1979), com hipótese nula que a série possuía raiz unitária, utilizando pacote *urca*, foi analisado se a séries de preços eram estacionárias.

Ademais, aplicou-se o teste de regressão linear para verificar se o preço no período $t - 1$ influenciava de maneira significativa no preço no período t . Finalmente, realizou-se a análise dos resíduos por meio do teste de normalidade de *Jarque Bera* (JARQUE; BERA, 1980) com hipótese nula de distribuição normal dos resíduos, com pacote *tseries*.

3.3.3 Movimento Browniano Geométrico

De acordo com Dixit e Pindyck (1994) se uma variável $x(t)$ segue um processo de *Wiener*, então qualquer alteração em x , ou seja, Δx , correspondente a um intervalo de tempo (Δt), exibirá a relação entre estas variáveis de acordo com a Equação 9.

$$\Delta x = \varepsilon_t \sqrt{\Delta t} \quad (9)$$

em que:

ε_t é uma variável aleatória com distribuição normal de média 0 e desvio padrão 1, ou seja, $\varepsilon_t \sim N(0,1)$.

Considerando Δt infinitamente pequeno, dt , pode-se representar o incremento de um processo de *Wiener* em tempo contínuo em conformidade com a Equação 10, descrita por Dixit e Pindyck (1994).

$$dw = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (10)$$

em que:

dw é o incremento padrão de um processo de *Wiener*.

Adaptando o processo de *Wiener*, é possível descrever o movimento Browniano com *drift* como uma generalização que considera uma tendência na

trajetória do ativo, representado pela equação diferencial expressa na Equação 11 por Matias, Silva e Vieira (2005).

$$dP = a dt + b dw \quad (11)$$

em que:

a é o parâmetro de tendência;

b é parâmetro de variância;

P é o preço do ativo em análise.

Um novo caso especial pode ser generalizado a partir da equação do movimento Browniano com *drift*, em que os parâmetros tendência e variância são dados em função do estado e do tempo atual. Esse tipo de processo estocástico, definido pela Equação 12, é chamado de processo de Itô ou Movimento Browniano Generalizado (MATIAS; SILVA; VIEIRA, 2005).

$$dP = a(P, t)dt + b(P, t)dw \quad (12)$$

Um importante caso especial do processo de Itô, é o Movimento Browniano Geométrico (MBG), em que $a(P, t) = \mu P$ e $b(P, t) = \sigma P$, sendo μ e σ constantes. Desta forma a variável preço dos ativos segue um MBG se satisfazer a seguinte EDE (REBIASZ, 2019).

$$dP_t = \mu P_t dt + \sigma P_t dw_t \quad (13)$$

em que:

P_t é o preço do ativo em um instante t ;

μ é o parâmetro de tendência (*drift*) dos preços;

σ é o desvio padrão do Logaritmo Neperiano dos retornos dos preços.

Ainda de acordo com Dixit e Pindyck (1994), nota-se que a Equação 12 é de tempo contínuo, porém não é diferenciável. Entretanto, é preciso obter as diferenciais desse tipo de função, e para diferenciar ou integrar funções do processo

de Itô, é necessário utilizar o Lema de Itô. Desta forma, ao aplicar o Lema de Itô na Equação 13 do MBG, obteve-se a Equação 14.

$$d(\ln P) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dw \quad (14)$$

Ao estimar o processo em um intervalo Δt , segundo a Equação 15, o modelo foi aproximado para tempo discreto, e o valor da variável preço pode ser simulado pela variável aleatória normal padrão (DILELLIO, 2017).

$$\ln(P_{t+1}) - \ln(P_t) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t} \quad (15)$$

Em seguida, a Equação 15 foi resolvida em função do preço no período $t + 1$, ou seja, para P_{t+1} , e obteve-se a equação da simulação do preço para um processo que segue o MBG, expressa pela Equação 16 de acordo com Bastian-Pinto, Brandão e Alves (2010).

$$P_{t+1} = P_t e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}} \quad (16)$$

O desvio padrão foi obtido a partir da série histórica do Logaritmo Neperiano dos retornos dos preços da resina e da árvore em pé. A volatilidade anualizada foi encontrada ao multiplicar a volatilidade do logaritmo dos retornos da série mensal pela raiz quadrada de 12.

De maneira semelhante, a média do Logaritmo Neperiano dos retornos mensais foi multiplicado por 12 para obter a média anualizada. Assim, conforme Insley (2002), o *drift* para o preço da resina e da árvore em pé foi calculado em função da média anual e da variância anual dos logaritmos dos retornos dos preços, de acordo com a Equação 17.

$$\mu = \bar{z} + \frac{\sigma^2}{2} \quad (17)$$

em que:

$\bar{z}$ é a média do Logaritmo Neperiano dos retornos das séries de preços.

Desta maneira, a Equação 16 foi utilizada para simular as variações de preço dos ativos resina e árvore em pé nos momentos futuros dos fluxos de caixa. O período determinado para obter a estimativa desses preços foi definido pelo período em que foi projetada a comercialização desses produtos.

Portanto, foram realizadas simulações referentes ao preço futuro de comercialização da resina e da árvore em pé seguindo o processo MBG. Assim, foram realizadas três simulações para cada série de preço a fim de executar a modelagem e visualizar o comportamento dos preços futuros da resina, da árvore em pé de desbaste e de corte raso para um período de cinco anos.

3.3.4 Volatilidade dos projetos

A volatilidade dos projetos de investimento foi obtida de acordo com a abordagem de Copeland e Antikarov (2001), que utiliza simulação pelo Método de Monte Carlo (MMC) para estimar a volatilidade do projeto quando o ativo subjacente é o próprio projeto sem flexibilidade.

Para isto, foi necessário construir o fluxo de caixa estocástico, ou seja, inserir as incertezas provenientes dos preços da resina e da árvore em pé e realizar a simulação pelo MMC. Com isso, considerou-se que o valor do projeto também seguia um MBG. A simulação foi realizada com geração de 100.000 iterações, com parâmetro inicial fixo 12345, por intermédio do *software @Risk Copyright® 2020 Palisade Corporation (2020)*, com intuito de encontrar o valor presente probabilístico dos projetos.

Basicamente, em cada iteração na simulação surgiu um conjunto diferente de fluxos de caixa que resultou, para cada cenário, um novo valor presente estabelecido no período um, por meio da Equação 7 com $j = 1$. Com isso, a variação do valor do projeto em dois períodos consecutivos é dada em Monjas-Barroso e Balibrea-Iniesta (2013) conforme a Equação 18.

$$V\tilde{P}_1 = VP_0 e^{\tilde{v}t} \quad (18)$$

em que:

$V\tilde{P}_1$ é valor presente probabilístico do projeto de investimento no período um;

VP_0 é valor presente determinístico do projeto de investimento na data focal;

$\tilde{v}$ é o retorno aleatório do projeto de investimento.

Estabelecendo t igual a um, e mantendo-se constante o valor presente determinístico na data focal e iterando os valores presentes estocásticos no período um do projeto foi possível encontrar o Logaritmo Neperiano dos retornos aleatórios dos projetos em conformidade com a Equação 19.

$$\tilde{v} = \ln\left(\frac{V\tilde{P}_1}{VP_0}\right) \quad (19)$$

Como assumimos que o fluxo de caixa dos projetos seguia um MBG, após a execução completa da simulação pelo MMC foi calculado a volatilidade anual dos projetos, como sendo o desvio padrão das variações do seu retorno logaritmo, ou seja, da variável aleatória $\tilde{v}$.

3.3.5 Movimentos de subida e descida do ativo subjacente

Com a volatilidade e o incremento de tempo dos projetos, o fator de subida e de descida para cada nó da árvore binomial foi calculado conforme a Equação 20 e a Equação 21, respectivamente (KIM; PARK; KIM, 2017).

$$u = e^{\sigma_p \sqrt{\Delta t}} \quad (20)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (21)$$

em que:

u é o fator de subida;

σ_p é a volatilidade do valor presente do projeto de investimento;
 d é o fator de descida.

3.3.6 Probabilidade neutra ao risco para subida e descida

A equação da probabilidade neutra ao risco foi derivada a partir da abordagem do portfólio replicante, que inclui um título gêmeo (*twin security*), negociado no mercado, e um ativo livre de risco, a fim de que o portfólio formado apresente os mesmos *payoffs* do projeto de investimento. Posto isso, toda a dedução da probabilidade neutra ao risco foi pautada em Peters (2016) e Dilello (2017), em que a equação do portfólio replicante é dada pela Equação 22.

$$VP = mS + B \quad (22)$$

em que:

m é o número de ações do título gêmeo no portfólio;

S é o preço atual da ação do título gêmeo;

B é o investimento em dólar no ativo (*bond*) livre de risco com retorno à taxa livre de risco anual.

Os valores esperados do projeto, ou seja, nos estados de subida e descida também foram dados em função da Equação 22, consequentemente tem-se na Equação 23 o estado de subida e Equação 24 de descida.

$$VP_u = m(uS) + B(1 + rf) \quad (23)$$

$$VP_d = m(dS) + B(1 + rf) \quad (24)$$

em que:

VP_u é o valor do projeto no estado de subida;

VP_d é o valor do projeto no estado de descida.

O portfólio replicante é encontrado ao resolver essas duas equações lineares referentes aos estados de subida e descida, que possibilita encontrar os respectivos pesos de cada integrante do portfólio, isto é, o número de ações do título gêmeo e o valor do investimento no ativo livre de risco. Desta forma, ao subtrair a Equação 24 da Equação 23 obteve-se a Equação 25.

$$VP_u - VP_d = m(uS) - m(dS) \quad (25)$$

Para obter a expressão que fornece o número de ações do título gêmeo para incluir no portfólio, foi preciso rearranjar os termos em funções de m , como demonstrado na Equação 26.

$$m = \frac{VP_u - VP_d}{(u - d)S} \quad (26)$$

Em relação ao investimento realizado em divisa internacional no ativo livre de risco, foi dividida a Equação 23 por uS e a Equação 24 por dS , em seguida foi subtraído a Equação 24 da Equação 23, que resultou na Equação 27.

$$\frac{B(1 + rf)}{uS} - \frac{B(1 + rf)}{dS} = \frac{VP_u}{uS} - \frac{VP_d}{dS} \quad (27)$$

A fim de remover os denominadores multiplicou-se os dois lados da Equação 27 por S , u e d , e o resultado foi a Equação 28.

$$B(1 + rf)d - B(1 + rf)u = dVP_u + uVP_d \quad (28)$$

Nessa etapa organizou-se a Equação 28 em função de B , como:

$$B = \frac{uVP_d - dVP_u}{(u - d)(1 + rf)} \quad (29)$$

Após encontrar equações para m e B , foi possível substituí-las nos seus respectivos termos na Equação 22, como demonstrado na Equação 30.

$$VP = \left(\frac{VP_u - VP_d}{(u - d)S} \right) S + \frac{uVP_d - dVP_u}{(u - d)(1 + rf)} \quad (30)$$

Na sequência foi multiplicada a Equação 30 por $(1 + rf)$, a fim de obter $(u - d)$ como denominador comum no lado direito da equação. Nota-se que o termo S foi cancelado e não faz mais parte da expressão, assim chegou-se a Equação 31.

$$VP(1 + rf) = \frac{(VP_u - VP_d)(1 + rf)}{(u - d)} + \frac{uVP_d - dVP_u}{(u - d)} \quad (31)$$

Em seguida os termos VP_u e VP_d foram colocados em evidência, desta forma obteve-se a Equação 32.

$$VP(1 + rf) = \left(\frac{(1 + rf) - d}{u - d} \right) VP_u + \left(\frac{u - (1 + rf)}{u - d} \right) VP_d \quad (32)$$

Ao deixar que p representasse o fator multiplicativo de VP_u na Equação 32, então foi possível mostrar que o fator multiplicativo de VP_d era $1 - p$, como evidenciado na Equação 33.

$$1 - p = 1 - \frac{(1 + rf) - d}{u - d} = \frac{u - d - ((1 + rf) - d)}{u - d} = \frac{u - (1 + rf)}{u - d} \quad (33)$$

Finalmente, a probabilidade neutra ao risco do valor futuro incerto VP_u ocorrer foi dada conforme a Equação 34.

$$p = \frac{(1 + rf) - d}{u - d} \quad (34)$$

em que:

p é a probabilidade neutra ao risco para subida.

Enquanto que a probabilidade neutra ao risco para o valor futuro incerto VP_d ocorrer é fornecida de acordo com a Equação 35.

$$1 - p = \frac{u - (1 + rf)}{u - d} \quad (35)$$

em que:

$1 - p$ é a probabilidade neutra ao risco para descida.

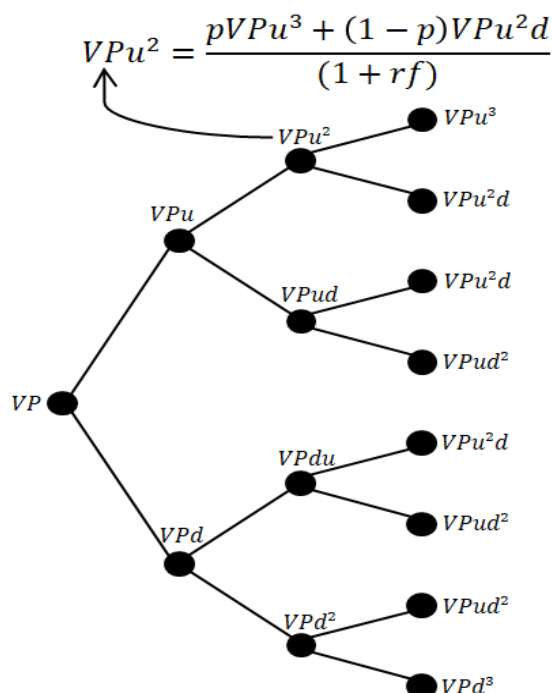
Desta forma, foram obtidas as probabilidades neutras ao risco para subida e descida, que ao serem multiplicadas por VP_u e VP_d , respectivamente, e descontados à taxa livre de risco, resulta no valor do projeto no momento atual (VP), demonstrada pela Equação 36.

$$VP = \frac{pVP_u + (1 - p)VP_d}{(1 + rf)} \quad (36)$$

3.3.7 Modelo binomial para precificação das opções reais

Utilizou-se o modelo em tempo discreto, conhecido como árvore binomial de precificação de opções, desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein (1979). O modelo de árvore binomial de CRR foi construído por meio do software de análise de decisão DPL (SYNCOPATION, 2020) pautada na metodologia descrita por Brandão, Dyer e Hahn (2005), demonstrada por meio de uma árvore binomial com três períodos (Figura 2).

Figura 2 - Modelo de árvore binomial com três períodos

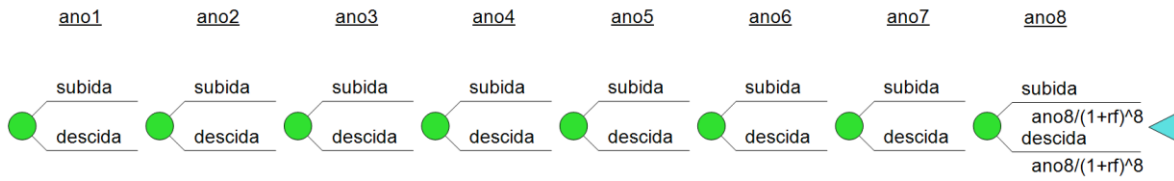


A modelagem e construção da árvore binomial foi possível com a utilização dos parâmetros definidos a partir da simulação pelo MMC, isto é, a volatilidade do projeto, os fatores de subida e descida, a probabilidade neutra ao risco, bem como, os demais parâmetros definidos previamente, como a taxa livre de risco e o valor do projeto sem flexibilidade, ou seja, o ativo subjacente.

A modelagem foi realizada no projeto subjacente sem as opções (Figura 3) para evidenciar se os parâmetros supracitados utilizados no modelo binomial foram calculados de maneira adequada. Em seguida, foram modelados os projetos contendo a flexibilidade fornecida pela aplicação das opções reais, em que foram analisados quatro modelos de opções diferentes.

Primeiramente, as opções de diferir o investimento em dois anos, de expandir a área de plantio florestal em 30% e de abandonar completamente o projeto foram analisadas de maneira independente. Nesta etapa foi possível observar o valor que cada opção, de maneira individual, adicionou para o projeto. Na sequência, foram analisados os projetos com múltiplas opções, compostas com as três opções iniciais, que foram colocadas juntas no mesmo modelo, a fim de obter o valor atribuído ao projeto quando as três opções fossem avaliadas de maneira combinada.

Figura 3 - Modelo dos projetos sem opções reais



A maneira utilizada para calcular o valor das opções foi por meio da técnica recursiva de trás para frente. Basicamente, começou-se pelo fim da árvore binomial, em que se computou o valor em pares sucessivos de nós de incerteza e, por meio da Equação 36, o valor do projeto referente ao nó anterior foi obtido (Figura 2). Em relação aos nós de decisão, o valor foi computado pela função de maximização entre os valores gerados por cada decisão disponível.

O VPL do projeto de acordo com a função de maximização para a opção de diferimento, dado pela Equação 37, era o valor do projeto menos o investimento inicial necessário para implantar a floresta ou era zero.

Na função de expansão das áreas florestadas, de acordo com a Equação 38, a decisão estava entre o valor do projeto ou o valor do projeto expandido em 30% menos o investimento necessário para expandir nessa porcentagem.

No valor do projeto em relação à opção de abandono, dado pela Equação 39, a decisão estava entre o valor do projeto ou o valor obtido a partir do abandono e venda de 100% das árvores em pé e da terra (no caso do projeto com compra da terra).

$$VPL = \max(VP - Capex; 0) \quad (37)$$

$$VP = \max(VP; 1,30VP - CE) \quad (38)$$

$$VP = \max(VP; VR) \quad (39)$$

em que:

$\max$ é a função de maximização;

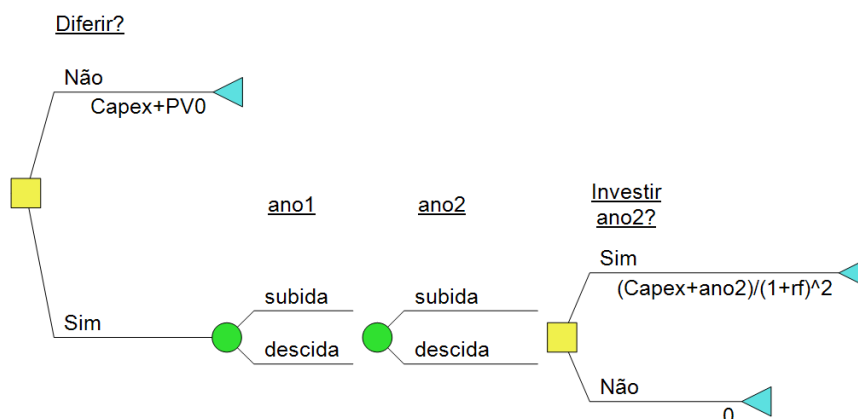
CE é o custo necessário para expansão;

VR é o valor residual proveniente do abandono do projeto.

Na construção da árvore de decisão foram utilizados elementos chamados de nós e galhos. O quadrado é o nó de decisão, onde são colocadas as opções e, conseqüentemente, onde estão as funções de maximização. O círculo é o nó de incerteza ou nó de probabilidade, e o triângulo é o nó que indica o fim da árvore binomial, em que todas as decisões já foram realizadas. Os galhos levam a nós de incertezas e representam os possíveis resultados de eventos incertos.

A opção de diferimento foi colocada para o período dois da árvore binomial (Figura 4), ou seja, caso o investimento não fosse realizado no início da árvore binomial, o gestor poderia aguardar por dois anos para decidir pelo investimento se as condições de mercado estivessem mais favoráveis. Desta forma, o valor do projeto de investimento analisado seria referente ao obtido após dois intervalos de tempo, ou seja, com mais informações sobre as incertezas relacionadas aos preços dos produtos comercializados.

Figura 4 - Modelo binomial com opção de diferimento dos projetos



As opções de expansão e de abandono foram alocadas no período oito da árvore binomial, isto é, ano oito da vida útil dos projetos, como demonstrado na Figura 5 e Figura 6, pois era o momento que ocorreria o desbaste da floresta.

Ademais, em caso de abandono do projeto era possível obter um valor referente à venda de todas as árvores no período, adicionado ao valor de venda da terra para o caso do projeto que considerou a compra da terra para o plantio.

Figura 5 - Modelo binomial com opção de expansão dos projetos

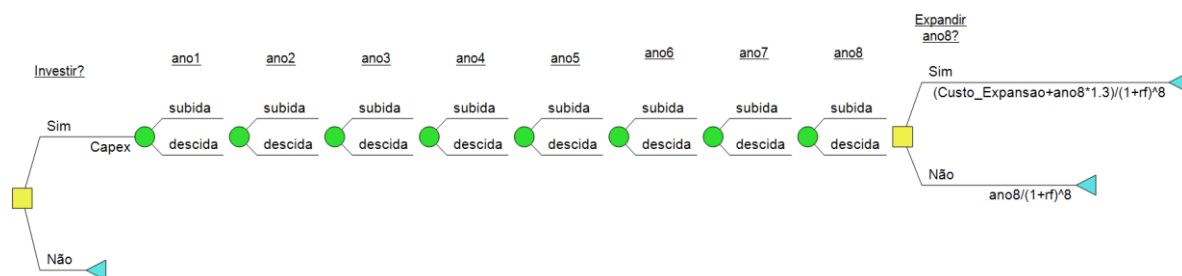
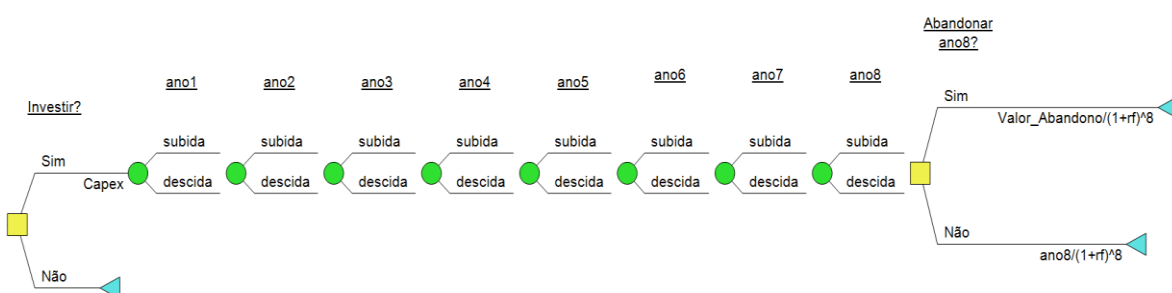
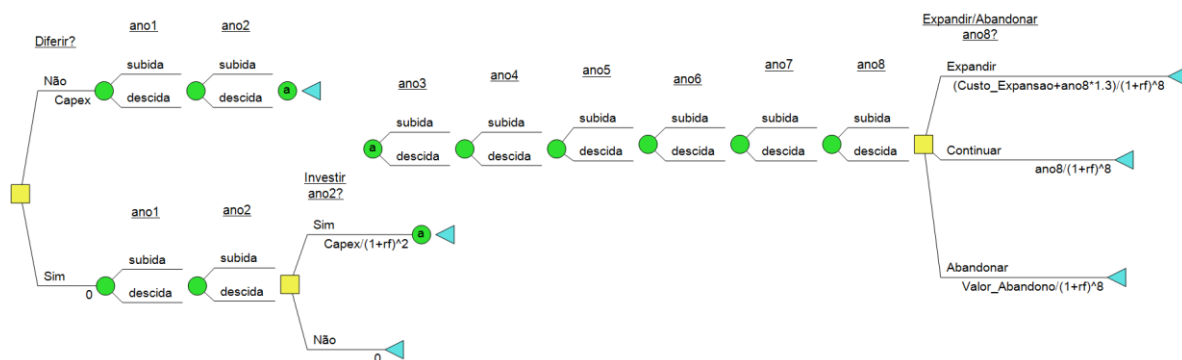


Figura 6 – Modelo binomial com opção de abandono dos projetos



Para finalizar, foi construído um modelo de múltiplas opções incluindo as três opções analisadas anteriormente (Figura 7), com objetivo de obter o valor das opções ao serem combinadas. Deste modo, era oferecido ao gestor mais opções que poderia ampliar as possíveis decisões a serem tomadas.

Figura 7 - Modelo binomial com todas as opções combinadas



Como definido anteriormente, para determinar o valor da opção do projeto o modelo CRR utiliza uma avaliação neutra ao risco, com isso as probabilidades computadas das opções serem exercidas são neutras ao risco (MIRANDA;

BRANDÃO; LAZO, 2017). Assim, para obter as probabilidades reais das opções serem exercidas o modelo foi executado com a taxa ajustada ao risco, ou seja, a taxa do custo de oportunidade de capital dos projetos de investimento, ao invés da taxa livre de risco.

3.3.8 Prêmio das opções reais

O valor das opções foi dado em função da maximização entre a diferença do valor do ativo subjacente e do preço de exercício da respectiva opção e zero. Deste modo, para opção de diferimento, quando o valor do projeto era maior que o investimento necessário para implantar a floresta, a opção deveria ser exercida, caso contrário seu valor era zero.

Na opção de expansão quando apenas a parcela do valor do projeto adicionado pela expansão era maior que o investimento necessário para expandir, a opção era exercida, ou seu valor era zero.

Por outro lado, em relação à opção de abandono, o valor da opção, caso esta fosse exercida, era o valor obtido pelo abandono do projeto menos o valor do próprio projeto, caso contrário seu valor era zero.

Desta forma, para determinar o valor das opções de diferimento e expansão, que são consideradas opções de compra, foi utilizada a Equação 40 de acordo com Guj e Chandra (2019), enquanto que para opção de abandono, uma opção de venda, foi utilizada a Equação 41, conforme Benaroch (2001).

$$V_{OR} = \max(U - X; 0) \quad (40)$$

$$V_{OR} = \max(X - U; 0) \quad (41)$$

em que:

V_{OR} é o valor da opção real;

U é o valor do ativo subjacente;

X é o preço de exercício da opção real.

As considerações dos investimentos realizados sob a ótica das incertezas exigiu a necessidade de se adotar o critério do Valor Presente Líquido expandido (VPL_{expa}), para, de acordo com Trigeorgis (2005), incorporar ao projeto de investimento o valor adicional referente à flexibilidade gerencial. Desta maneira, o VPL_{expa} foi expresso conforme a Equação 42.

$$VPL_{expa} = VPL_{trad} + V_{OR} \quad (42)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativa do custo de oportunidade de capital dos projetos

O custo de oportunidade de capital (Tabela 1) é um fator determinante em avaliação de projetos de investimentos. Assim, para maior acurácia foi considerado os riscos financeiros intrínsecos, conseguinte, consentiu transmitir maior credibilidade aos gestores florestais.

O beta realavancado representou que a volatilidade dos retornos da empresa foi inferior à volatilidade do mercado como um todo. Como o valor do beta era menor que um, podia ser classificado como defensivo (LEE; FINNERTY; WORT, 2010). Isso significa que a empresa apresentava um risco sistemático mais baixo em relação ao mercado (LILFORD; MAYBEE; PACKY, 2018) e assim, era mais estável que o mercado (YUAN; LEE, 2015).

Tabela 1 – Parâmetros para calcular o custo de oportunidade de capital dos projetos de investimentos

Parâmetros	Valores
Coeficiente beta desalavancado médio do setor	0,33
Coeficiente beta realavancado (β)	0,42
Taxa livre de risco (r_f)	5,42%
Taxa de retorno do mercado florestal (R_m)	5,42%
Prêmio pelo risco país (λ)	4,03%
CAPM (k_e)	9,45%
Spread Moody's rating (BA2)	2,51%
Custo de capital de terceiros (k_d)	7,93%
WACC	7,64%

4.2 Modelo determinístico

Após a construção do fluxo de caixa e da integração do custo de oportunidade de capital, o valor presente do projeto para o modelo que se optou pelo arrendamento da terra foi de USD 723, que ao ser incluído ao CAPEX do projeto

resultou em um Valor Presente Líquido tradicional (VPL_{trad}) de USD 371. Da mesma maneira, o valor presente do projeto que contemplou a compra da terra foi de USD 4.083, e o VPL_{trad} foi de -USD 610.

O projeto com arrendamento da terra foi viável economicamente. No entanto, como o VPL_{trad} do projeto de investimento com compra da terra apresentou valor menor que zero, este não foi viável economicamente, uma vez que os desembolsos não foram recuperados ao longo da vida útil do projeto (HARDAKER, 2018; SILVA; FONTES, 2005) e o gestor apenas decide investir se o projeto criar valor, ou seja, se o VPL for positivo (ANTUNES et al., 2012; MAGNI; MARCHIONI, 2020). Portanto, pela análise tradicional de investimento baseado no fluxo de caixa descontado o projeto com compra da terra seria preterido e um investidor procuraria alternativas com VPL positivo para alocar seu capital.

Contudo, apesar do projeto com arrendamento da terra ser exequível economicamente, este apresentou valor presente inferior, pois os dispêndios anuais foram maiores devido ao aluguel da terra. Por outro lado, mesmo apresentando um valor presente maior, o projeto com a compra da terra apresentou VPL_{trad} inferior, pois o seu CAPEX, devido a aquisição da terra, foi consideravelmente maior que o projeto com arrendamento da terra.

Ressalta-se que o VPL_{trad} tende a subvalorizar o valor de um projeto, isso o torna inadequado para projetos de risco (DIMITRAKOPOULOS; SABOUR, 2007; LEE; LEE, 2015) e com horizontes de planejamento longos, como é o caso de florestas plantadas de *Pinus elliottii*. Assim, ao aceitar ou rejeitar o projeto baseado apenas nas informações atuais e não considerar as incertezas futuras (LIU; RONN, 2020; SUTTINON; NASU, 2010), inerentes do setor florestal, o VPL_{trad} não traduziu o potencial valor dos projetos de investimento analisados.

Essas fragilidades relacionadas principalmente a não abordagem da flexibilidade pelo modelo tradicional podem causar estimativas imprecisas a respeito do valor gerado pelos fluxos de caixa e, conseqüentemente, levar a uma desvalorização do projeto de investimento (BOOMSMA; MEADE; FLETEN, 2012; MARTÍNEZ CESEÑA; MUTALE, 2011; SHAFFIE; JAAMAN, 2016).

Assim, o projeto de investimento com VPL_{trad} menor que zero não deveria ser descartado de forma imediata, uma vez que o valor referente à flexibilidade gerencial deveria ser contabilizado e adicionado ao valor determinístico do projeto. Com isso,

o gestor possuiria mais informações com valores que representassem melhor o potencial dos projetos e, conseqüentemente, poderia tomar a melhor decisão sobre investir ou não nos projetos apresentados.

Apesar do método baseado no fluxo de caixa descontado não apresentar flexibilidades, de acordo com Kaakyire e Nanang (2004), o valor gerado por meio dessa metodologia se faz necessário para o cálculo do valor inicial utilizado na Análise de Opções Reais (ROA).

4.3 Modelo estocástico

4.3.1 Análise do processo estocástico

Nos testes econométricos para análise do processo estocástico, a hipótese nula de normalidade dos dados foi aceita com valor- p de 0,49, 0,60 e 0,14 para as séries históricas de preço da resina, da árvore em pé de desbaste e de corte raso, respectivamente. A hipótese nula de que as séries de preços não possuíam tendência foi rejeitada, com valor- p menor que 0,05 para as três séries de preços. Rejeitou-se a hipótese nula que as séries possuíam raiz unitária, logo, as séries de preços eram não estacionárias.

Ainda, com o teste de regressão linear foi verificado que o preço foi influenciado de maneira significativa pelo preço do período exatamente anterior. Ademais, a hipótese nula de que os resíduos apresentavam distribuição normal foi aceita, com valor- p de 0,36, 0,57 e 0,26, para preço da resina, da árvore em pé de desbaste e de corte raso, respectivamente.

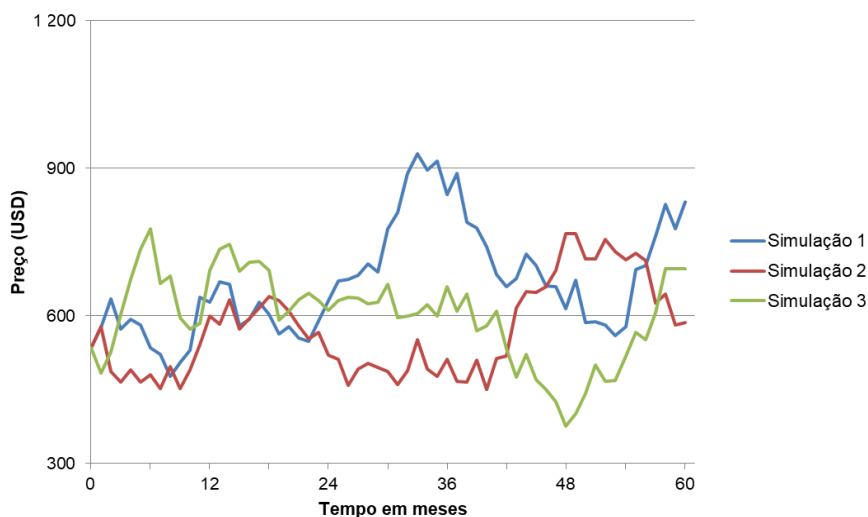
Assim sendo, as principais características do MBG puderam ser observadas nas séries históricas de preços analisadas, o que sustentou a escolha do MBG como processo estocástico na modelagem de preço das incertezas consideradas nos projetos de investimento.

Desta maneira, com o processo MBG utilizado para realizar a modelagem das incertezas dos projetos, obteve-se após simulações, o comportamento dos preços futuros da resina e da árvore em pé de desbaste e do corte raso.

A série de preço da resina apresentou volatilidade mensal de 0,0769, a maior entre as séries analisadas. Por outro lado, a tendência (*drift*), foi a menor, com taxa

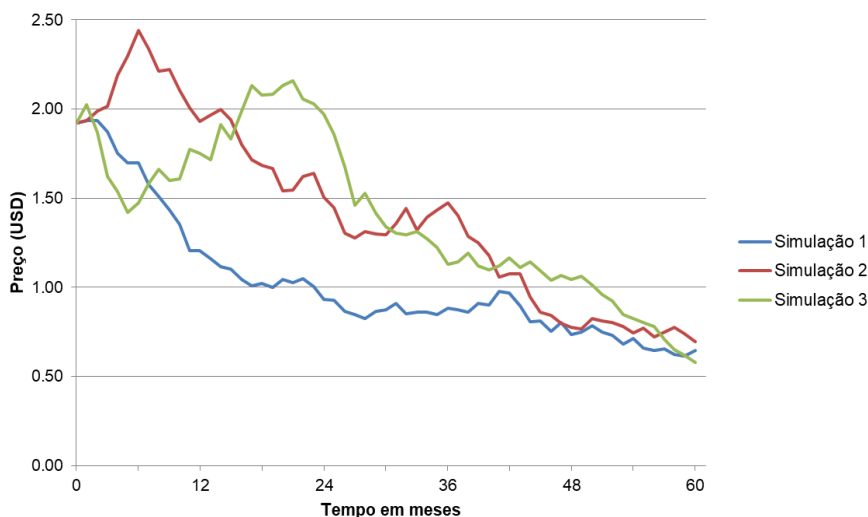
mensal de 0,0031. Isso pôde ser observado pelo comportamento do gráfico da simulação (Figura 8), em que as variações de um período para outro foi maior, porém os valores não se afastaram de maneira acentuada do valor inicial.

Figura 8 – Simulação do preço da resina com o MBG



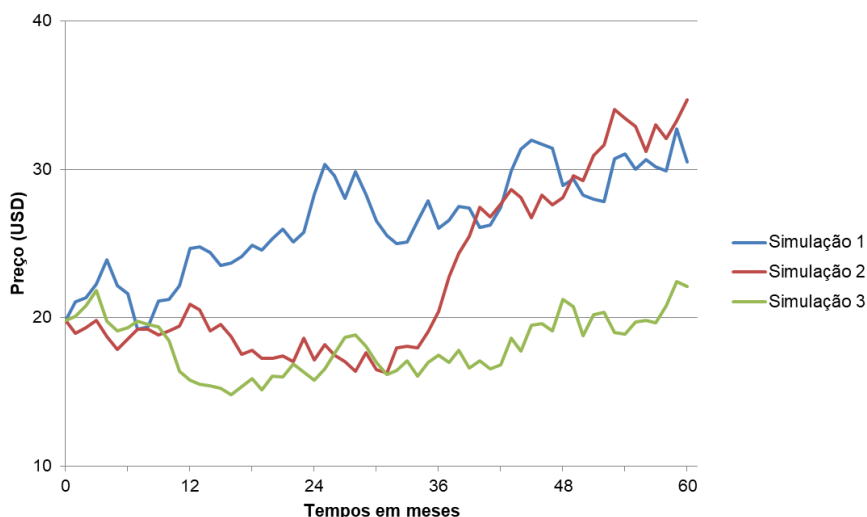
Por outro lado, a série de preço da árvore em pé de desbaste apresentou a menor volatilidade, 0,0465, enquanto a tendência foi negativa, porém a maior de todas, com taxa de -0,0187. Da mesma forma, a simulação (Figura 9) evidenciou a diferença dos parâmetros em relação às demais séries, pois a variação entre períodos foi mais suave e, claramente os valores estavam em declínio de maneira acentuada.

Figura 9 – Simulação do preço da árvore em pé de desbaste com MBG



A série de preço da árvore em pé de corte raso apresentou parâmetros intermediários em comparação com as demais séries, com volatilidade mensal de 0,0511 e tendência de 0,0112, como pode ser observado pelo comportamento do gráfico da simulação (Figura 10).

Figura 10 – Simulação do preço da árvore em pé de corte raso com MBG



4.3.2 Parâmetros para modelagem da árvore binomial

Por meio da simulação pelo Método de Monte Carlo (MMC) foi constatado que a volatilidade anual do projeto com arrendamento da terra era 0,7987 e para compra da terra era 0,9125 (Tabela 2).

O portfólio replicante permite descontar os fluxos de caixa esperados tanto à taxa livre de risco como à taxa ajustada ao risco, a diferença está na probabilidade de ocorrer os estados de subida e descida. Logo, qualquer mudança que ocorresse nos *payoffs* dos projetos devido à aplicação de opções resultaria em alteração do risco e consequentemente na taxa ajustada ao risco. Assim sendo, a utilização da taxa livre de risco foi a mais indicada, uma vez que os valores esperados do projeto poderiam ser descontados à taxa livre de risco em qualquer circunstância, com diferentes *payoffs*.

Tabela 2 – Parâmetros necessários para construção da árvore binomial

Parâmetros	Arrendamento da terra	Compra da terra
Volatilidade (σ)	0,7987	0,9125
Fator de subida (u)	2,2226	2,4906
Fator de descida (d)	0,4499	0,4015
Taxa livre de risco (rf)	5,42%	5,42%
Probabilidade neutra ao risco (p)	0,3409	0,3124
Valor presente na data focal (VP_0)	USD 723	USD 4.083
CAPEX	USD 352	USD 4.693

4.3.3 Modelagem do ativo subjacente

Os ativos subjacentes, ou seja, os projetos sem as opções reais foram modelados pela árvore binomial. Portanto, o valor do projeto de investimento com arrendamento da terra, sem as opções reais, avaliado pelo modelo binomial, foi de USD 723. Da mesma maneira, o valor presente do projeto de investimento com compra da terra foi de USD 4.083.

Esses resultados mostraram que os parâmetros calculados para executar o modelo binomial estavam corretos de acordo com a metodologia adotada, pois, por não incluírem as flexibilidades gerencias, os resultados apresentaram os mesmos valores presentes determinísticos anteriormente calculados na seção 4.2.

4.3.4 Opção de diferimento

Ao modelar a opção de diferimento, o projeto com arrendamento da terra mostrou valorização, passando a ser mais atrativo que no modelo determinístico ao apresentar Valor Presente Líquido expandido (VPL_{expa}) superior. O projeto com compra da terra, antes considerado inviável economicamente por apresentar VPL_{trad} menor que zero, se tornou viável com o valor agregado pela opção, uma vez que o VPL_{expa} foi positivo (Tabela 3).

Deste modo, o prêmio pela opção de diferimento foi superior para o projeto com compra da terra e, conseqüentemente, a valoração percentual e o VPL_{expa} foram consideravelmente superiores. Nota-se que a volatilidade do projeto com

compra da terra foi maior, e como observado por Benaroch e Kauffman (1999), com aumento da incerteza a opção de adiamento se torna mais valiosa. Isso ocorre, pois a incerteza gera um prêmio de risco pela espera para obter mais informações, que é o valor da opção de diferir, e essa relação mostra que maior nível de incerteza resulta em maior valor da opção de diferimento (GOLUB; LUBOWSKI; PIRIS-CABEZAS, 2020).

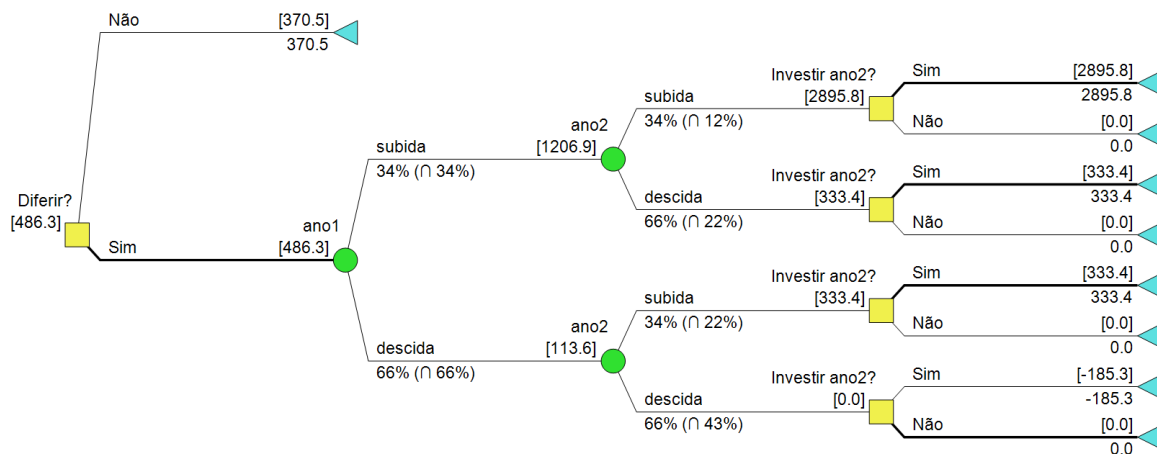
Tabela 3 – Valores dos projetos com a opção diferimento

Indicadores	Arrendamento da terra	Compra da terra
VPL_{trad} (USD)	371	-610
VPL_{expa} (USD)	486	1.812
Prêmio pela opção (USD)	115	2.422
Aumento do valor do VPL (%)	31	397

Na Figura 11 pode ser observado o modelo binomial executado com a opção de diferimento para o projeto com arrendamento da terra e na Figura 12 o modelo executado para o projeto com compra da terra. Os valores de porcentagem no galho dos nós de incerteza representam a probabilidade neutra ao risco do valor do projeto subir ou descer, enquanto que, os valores de porcentagem dentro dos parênteses representam a probabilidade do projeto seguir por aquele galho especificamente.

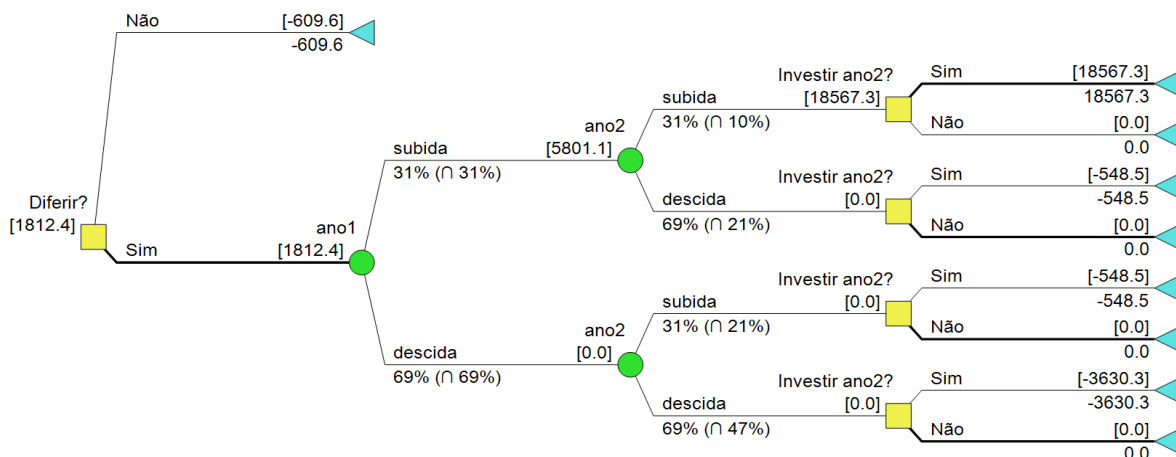
Por exemplo, no projeto com arrendamento da terra, a probabilidade neutra ao risco do valor do projeto seguir o movimento de subida no ano um é 34%, na sequência tem-se a mesma probabilidade para o valor do projeto seguir novamente o movimento de subida, dessa forma, é preciso obter 34% sobre 34% do ano um para encontrar a probabilidade do valor do projeto seguir por dois movimentos de subidas seguidos, ou seja, para o ano dois esse valor equivale a 12%. Dessa forma, a probabilidade do valor do projeto seguir determinado caminho depende das probabilidades dos nós anteriores em que o valor do projeto precisaria passar para chegar até determinado nó.

Figura 11 – Árvore binomial executada com opção de diferimento no projeto com arrendamento da terra



O VPL_{expa} do projeto é o primeiro valor entre colchetes no modelo, em que para o projeto com arrendamento da terra foi de USD 486. Da mesma maneira, para o projeto com compra da terra o VPL_{expa} foi de USD 1.812.

Figura 12 - Árvore binomial executada com opção de diferimento no projeto com compra da terra



Nota-se que na execução do modelo binomial, ambos os projetos de investimento não seriam implantados imediatamente, ou seja, a opção de diferir seria exercida, o que postergaria a decisão de investir para o ano dois da árvore binomial, isto é, no prazo da maturidade da opção. No período dois, a maior probabilidade era que o investimento deveria ocorrer para o projeto com arrendamento da terra, principalmente pelo fato do projeto já apresentar VPL_{trad}

positivo. Por outro lado, a maior probabilidade era que a opção fosse expirada e nenhum investimento ocorresse no projeto com compra da terra.

Desta forma, a probabilidade real do investimento ser realizado no ano dois foi menor para o projeto com compra da terra, como pode ser observado na Figura 13 e na Figura 14. Isso ocorreu porque à medida que a incerteza aumenta, diminui a probabilidade de o projeto ser implantado naquele momento (FOLTA; JOHNSON; O'BRIEN, 2006).

Figura 13 - Probabilidade real de exercício da opção de diferimento no projeto com arrendamento da terra

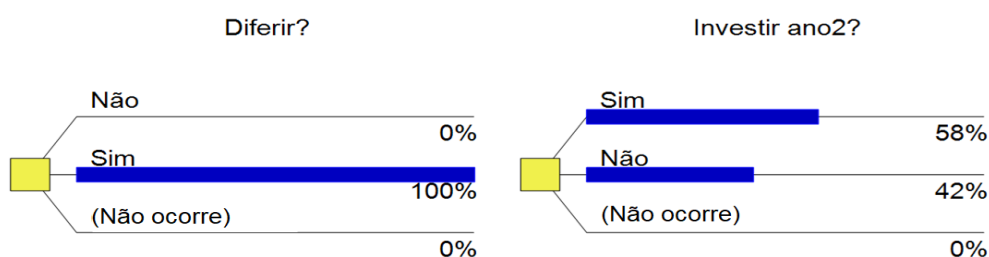
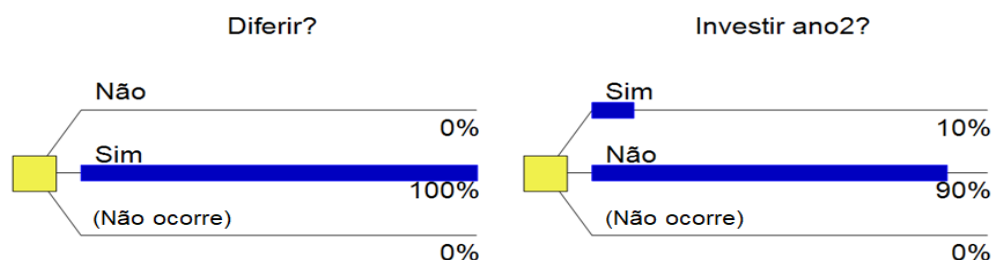


Figura 14 - Probabilidade real de exercício da opção de diferimento no projeto com compra da terra



4.3.5 Opção de expansão

Em relação ao projeto de investimento com arrendamento da terra, a opção de expansão foi a que mais agregou valor e, conseqüentemente, tornou o projeto mais atrativo economicamente. A opção de expansão foi a que menos contribuiu para a valoração do projeto com compra da terra. Porém, a opção acrescentou valor e tornou o projeto viável do ponto de vista econômico, pois o VPL_{expa} foi maior que zero (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores dos projetos com a opção de expansão

Indicadores	Arrendamento da terra	Compra da terra
VPL_{trad} (USD)	371	-610
VPL_{expa} (USD)	559	392
Prêmio pela opção (USD)	188	1.002
Aumento do valor do VPL (%)	51	164

Como a opção de expansão do projeto deveria ocorrer apenas quando o mercado apresentasse condições favoráveis, o que possibilita maior investimento para aumentar a produção (ARANGO ARANGO; ARROYAVE CATAÑO; HERNÁNDEZ, 2013; GUO; ZHANG, 2020), a probabilidade real de exercer a opção de expansão, ilustrado na Figura 15 e na Figura 16, demonstrou que os projetos deveriam ser expandidos apenas nos melhores cenários.

No projeto com arrendamento da terra, a probabilidade de expansão foi maior em relação à compra da terra, o que demonstra que em mais cenários o projeto apresentaria valor positivo e, conseqüentemente, agregaria valor ao projeto de investimento.

No projeto com compra da terra, a baixa probabilidade de exercer a opção de expandir explicou o motivo de a valorização ter sido a menor em comparação com as outras opções. Isso ocorreu porque ao indicar a não expansão, significa que o valor presente dos fluxos de caixa esperado do projeto caso fosse expandido não excedia o desembolso adicional necessário para financiar a expansão (DURICA et al., 2018). Isso significa que quando o projeto possui valor negativo, o mesmo não obtém qualquer valor proveniente da opção de expandir.

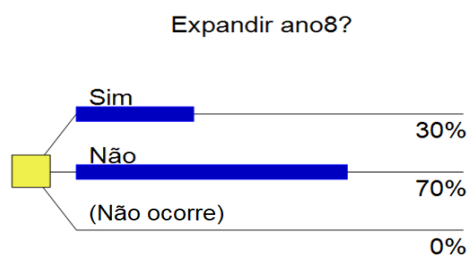
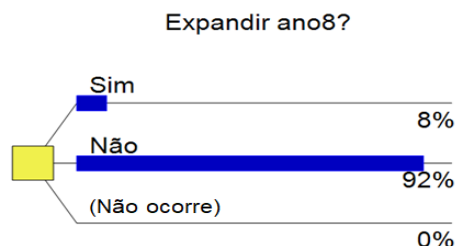
Figura 15 - Probabilidade real de exercício da opção de expansão no projeto com arrendamento da terra

Figura 16 - Probabilidade real de exercício da opção de expansão para o projeto com compra da terra



4.3.6 Opção de abandono

Com a opção de abandono, o projeto com arrendamento da terra aumentou seu valor, ficando com VPL_{expa} 47% maior que o VPL_{trad} . Ademais, a opção de abandono foi a que mais agregou valor para o projeto com compra da terra, e consequentemente, o tornou viável com VPL_{expa} positivo (Tabela 5).

Como a opção de abandono é mais valiosa quando o valor residual é mais atraente (ARYA; GLOVER, 2003), essa maior valorização no projeto com compra da terra ocorreu devido ao custo com a compra da terra ser recuperado ao abandonar o projeto caso o cenário não fosse favorável, o que gerou mais valor para a opção de abandono. Por outro lado, o valor dispendido com o arrendamento da terra não se recuperava em caso do abandono do projeto, ou seja, era um custo irreversível.

Outro motivo foi que o projeto com compra da terra apresentou maior volatilidade, ou seja, a opção de abandono tem maior valor quanto maior for a incerteza sobre o projeto (DAMARAJU; BARNEY; MAKHIJA, 2015).

Tabela 5 – Valores dos projetos com a opção de abandono

Indicadores	Arrendamento da terra	Compra da terra
VPL_{trad} (USD)	371	-610
VPL_{expa} (USD)	545	1.949
Prêmio pela opção (USD)	174	2.559
Aumento do valor do VPL (%)	47	420

Uma opção de abandono só é exercida caso ocorra ganho superior ao valor presente dos fluxos de caixa esperados até o fim da vida útil do projeto (DURICA et

al., 2018). Assim, as probabilidades reais da opção de abandono ser exercida foram consideravelmente maiores para ambos os projetos, como pode ser observado na Figura 17 e na Figura 18, o que demonstrou que, com maior probabilidade, o valor gerado pelos fluxos de caixa dos projetos não superavam o valor de abandoná-los.

Figura 17 - Probabilidade real de exercício da opção de abandono no projeto com arrendamento da terra

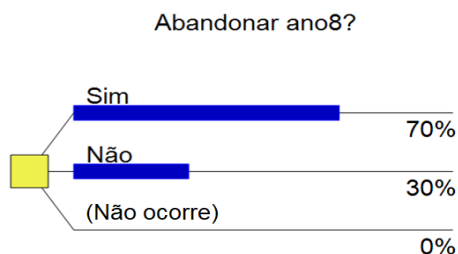
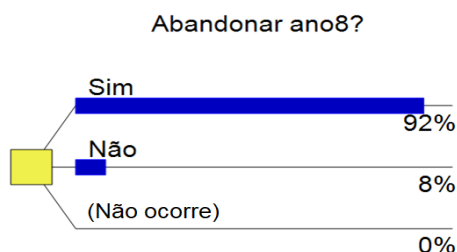


Figura 18 - Probabilidade real de exercício da opção de abandono no projeto com compra da terra



4.3.7 Opções reais combinadas

O prêmio das opções combinadas correspondeu a 83,17% e 71,87% do valor somado dos prêmios das opções individuais para projeto com arrendamento e compra da terra, respectivamente. Logo, o valor das opções combinadas foi inferior à soma dos prêmios das opções individuais. De acordo com Trigeorgis (1993a) isso ocorre devido ao fato do valor de múltiplas opções normalmente não equivaler a soma das mesmas analisadas de maneira individual, pois as interações entre as opções podem ser negativas ou positivas e não ocorre de maneira linear.

Além disso, as interações dependem de uma combinação de fatores, como tipo das opções (compra ou venda), separação no tempo de suas respectivas datas de exercício, entre outros (BOWE; LEE, 2004). Com isso, é imprudente simplesmente adicionar os valores de cada opção real (SCHACHTER;

MANCARELLA, 2016), pois os resultados mostraram que a interação entre as opções analisadas ocorreu de maneira não linear.

Contudo, apesar dos valores das opções não poderem ser meramente somados, a flexibilidade das opções combinadas pode ser significativa economicamente (KAAKYIRE; NANANG, 2004). Logo, ao analisar as três opções reais de maneira conjunta no modelo, o prêmio das opções foi superior comparado ao prêmio das opções reais analisadas de maneira individual.

Com um maior número de escolhas disponíveis por meio de múltiplas opções reais combinadas, a flexibilidade gerencial fornecida para o gestor foi maior (HO; LIAO, 2011; SHUIABI; THOMSON; BHUIYAN 2005), conforme mostrou os resultados da modelagem. Consequentemente, com mais escolhas disponíveis foi possível agregar maior valor ao projeto, e como efeito, aumentar sua atratividade.

Desta forma, o projeto com compra da terra passou a ser considerado viável economicamente quando aplicadas as três opções reais de maneira combinada (Tabela 6). Isso evidenciou que o valor da flexibilidade gerencial, provida pelo prêmio das opções, foi responsável pela viabilidade econômica do projeto com compra da terra, uma vez que esta ocorreu apenas com o valor do VPL_{expa} , que representa a abordagem estocástica de análise. Isso ocorreu, pois ao realizar ROA é possível limitar perdas e potencializar ganhos (TRIGEORGIS, 2005).

Assim, Miranda, Brandão e Lazo (2017) salientam que a flexibilidade gerada pelo modelo de avaliação com todas as opções combinadas fornece uma estimativa mais precisa do valor real do projeto em relação às opções isoladas. Logo, as opções combinadas representaram com mais propriedade o valor dos projetos, pois na prática distintos cenários podem ocorrer e, consequentemente, levar a diferentes decisões que só serão permitidas por meio da flexibilidade gerencial com múltiplas opções.

Desta forma, as opções combinadas apresentaram melhor desempenho ao analisar os projetos de investimento, em que o prêmio das opções combinadas equivaleu a 35% do valor presente do projeto com flexibilidade para o arrendamento da terra, e 51% para a compra da terra.

Tabela 6 – Valores dos projetos com as opções reais combinadas

Indicadores	Arrendamento da terra	Compra da terra
VPL_{trad} (USD)	371	-610
VPL_{expa} (USD)	768	3.690
Prêmio pela opção (USD)	397	4.300
Aumento do valor do VPL (%)	107	705

Apesar do projeto com arrendamento da terra ter probabilidade de 100% de ser executado (Figura 19) e o com compra da terra de 54% (Figura 20), o percentual de aumento de valor do VPL_{trad} para o VPL_{expa} foi consideravelmente superior para o projeto com compra da terra (Tabela 6).

Diante disso, é possível afirmar que as opções reais tiveram melhor influência no projeto com compra da terra, pois este apresentou os indicadores valor presente tradicional e volatilidade superiores, além de oferecer maior valor residual em caso de abandono. Assim, apesar de ambos os projetos serem viáveis economicamente no modelo dinâmico, ao aplicar a ROA em investimentos em florestas plantadas de *Pinus elliottii* é vantajoso escolher um projeto que contemple a compra da terra, pois o VPL_{expa} foi superior em relação ao arrendamento da terra.

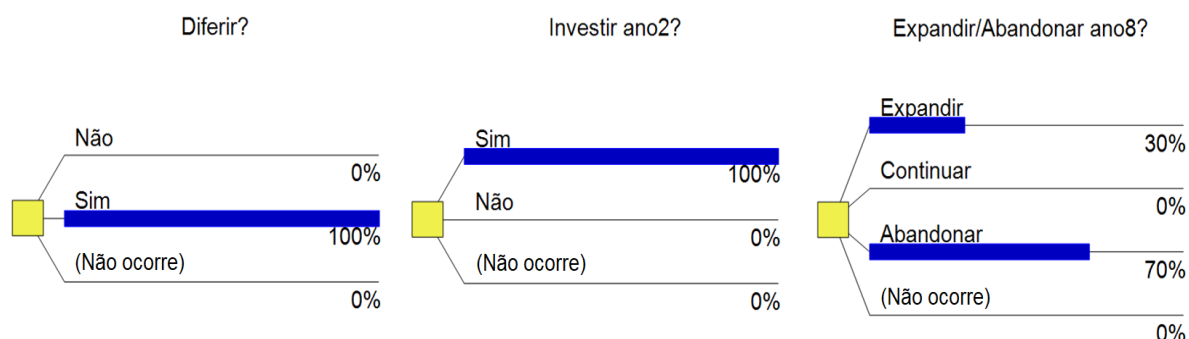
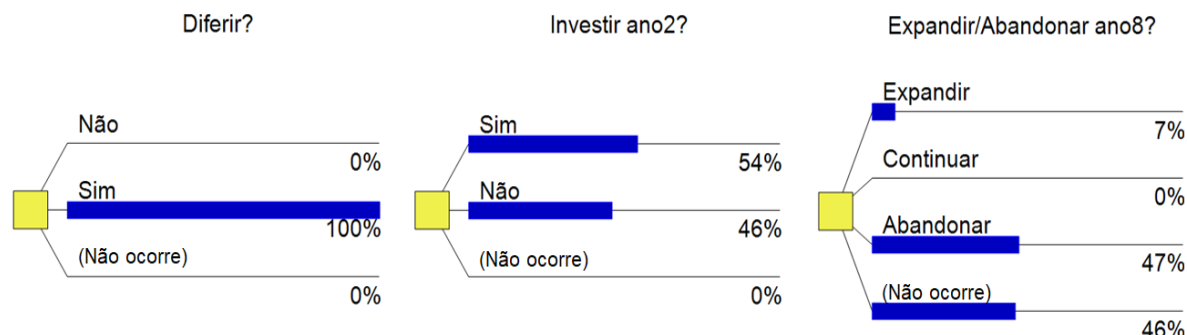
Figura 19 – Probabilidade real de exercício das opções combinadas no projeto com arrendamento da terra

Figura 20 - Probabilidade real de exercício das opções combinadas no projeto com compra da terra



Como a ROA fornece uma estrutura teórica para entender o impacto da incerteza em investimento irreversível (GOLUB; LUBOWSKI; PIRIS-CABEZAS, 2020), a volatilidade do projeto representou um papel fundamental no comportamento do valor agregado pelas opções. Deste modo, foi possível verificar a sensibilidade do valor das opções reais em relação à variação da volatilidade do projeto com arrendamento (Figura 21) e compra da terra (Figura 22).

Logo, como prevê a teoria de precificação de opções, em que maior incerteza, representada por volatilidade mais alta, significa valores maiores para opção real (BAYRAM; GANIKHODJAEV, 2013; BØCKMAN et al., 2008), o valor das opções avaliadas tiveram um aumento em relação ao aumento da volatilidade dos projetos.

Desta forma, as opções reais associam incerteza com flexibilidade, e consideram que a volatilidade é o potencial fator agregador de valor ao projeto (SANTOS et al., 2014), pois os valores das opções estão diretamente ligados a volatilidade dos valores do ativo subjacente (FLETEN et al., 2011). Então, as opções reais são favoráveis em ambientes com irreversibilidade e incertezas (DYNER; LARSEN, 2001), características presentes nos projetos de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii* no estado de São Paulo, Brasil.

Figura 21 – Sensibilidade do valor das opções reais em relação à volatilidade do projeto com arrendamento da terra

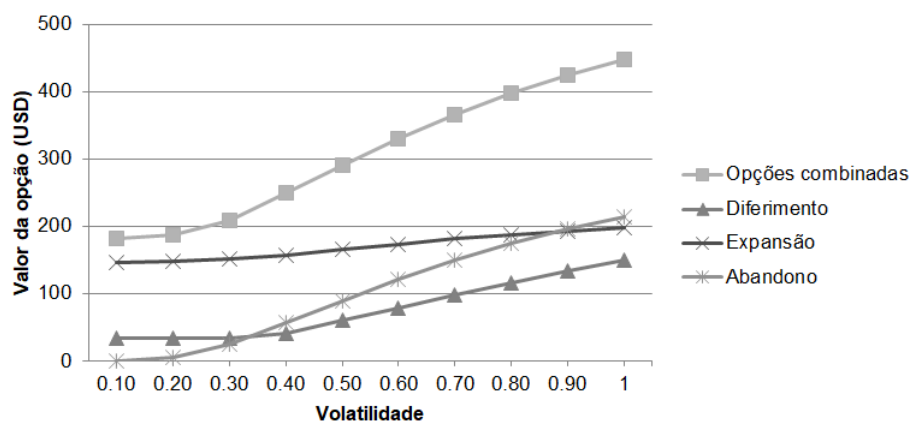
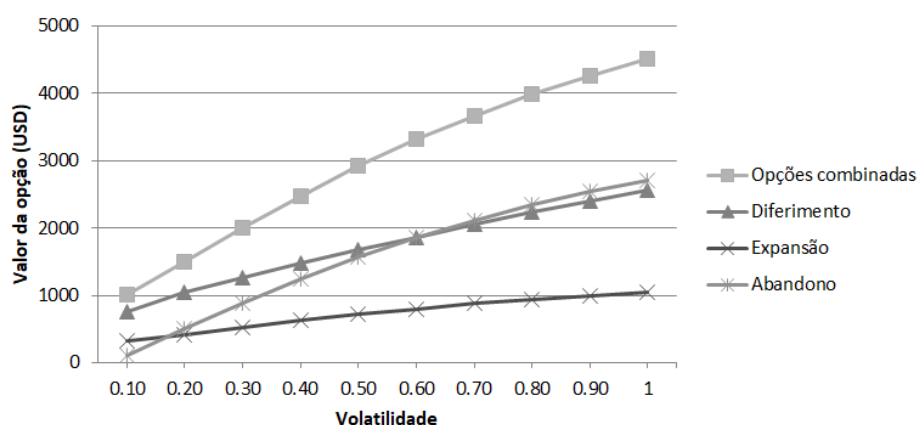


Figura 22 - Sensibilidade do valor das opções reais em relação à volatilidade do projeto com compra da terra



De maneira geral, ao demonstrar que a utilização da flexibilidade gerencial agregou valor aos projetos e os tornaram mais atrativos, a aplicação da ROA pode ser do interesse do setor florestal. Desta maneira, esta pesquisa indica um entendimento do papel da flexibilidade gerencial e da estrutura da ROA como ferramenta capaz de fornecer o potencial valor de projetos de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii* no Brasil.

5 CONCLUSÕES

O projeto de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii* com compra da terra é inviável economicamente ao ser avaliado pelo método tradicional de análise de investimentos baseado no fluxo do caixa descontado por meio da técnica do Valor Presente Líquido.

Ao aplicar a Análise de opções Reais, de maneira individual, as opções de diferimento, expansão e abandono agregam valor aos projetos de investimento em florestas plantadas de *Pinus elliottii*. Assim, opções inerentes de projetos de investimento florestais adicionam valor a seus respectivos projetos.

A opção de expansão da área florestada é a que mais agrega valor ao projeto de investimento com arrendamento da terra, e a opção que mais agrega valor ao projeto de investimento com compra da terra é de abandono.

As opções reais combinadas são mais indicadas para analisar projetos de investimentos em florestas plantadas de *Pinus elliottii*, com a perspectiva de tornar viáveis economicamente e mais atrativos os projetos subvalorizados por métodos tradicionais utilizados para a escolha de desembolso de capital.

Projetos de investimento florestais que contemplam a compra da terra, quando analisados por meio da Análise de Opções Reais apresentam retornos financeiros superiores em relação àqueles que consideram o arrendamento da terra, invertendo o resultado disposto pela análise tradicional.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, L. M. Valuation of Long-Term Investments in Energy Assets under Uncertainty. **Energies**, Basel, v. 2, n. 3, p. 738-768, Sept. 2009. DOI: 10.3390/en20300738. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/2/3/738>. Acesso em: 16 out. 2018.
- ABRÃO, S. F.; SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; EBLING, A. A. Impacto do florestamento com *Pinus taeda* L. na porosidade e permeabilidade de um cambissolo húmico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 6, p. 1073-1082, nov./dez. 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000600010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000601073&lang=pt. Acesso em: 26 jan. 2019.
- ADNER, R.; LEVINTHAL, D. A. What is not a real option: considering boundaries for the application of real options to business strategy. **Academy of Management Review**, Briarcliff Manor, v. 29, n. 1, p. 74-85, Jan. 2004. DOI: 10.5465/amr.2004.11851715. Disponível em: <https://journals.aom.org/journal/amr>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- AGATON, C. B. Real options analysis of renewable energy investment scenarios in the philippines. **Journal of Renewable Energy and Sustainable Development**, Alexandria, v. 3, n. 3, p. 284-292, Dec. 2017. DOI: 10.21622/RES.D.2017.03.3.284. Disponível em: <http://apc.aast.edu/ojs/index.php/RES.D/article/view/03.3.284>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- AGLIARDI, R. Options to expand and to contract in combination. **Applied Mathematics Letters**, Oxford, v. 20, p. 790-794, July 2007. DOI: 10.1016/j.aml.2006.08.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893965906002655?via%3Dihub>. Acesso em: 05 jan. 2019.
- AGLIARDI, R. Options to expand: some remarks. **Finance Research Letters**, Maryland Heights, v. 3, n. 1, p. 65-72, Mar. 2006. DOI: 10.1016/j.frl.2006.01.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1544612306000067>. Acesso em: 04 jan. 2019.
- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Espécies de Pinus mais plantadas no Brasil. **Revista da Madeira**, São Paulo, v. 135, maio 2013. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1672. Acesso em: 10 fev. 2019.
- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; FRITZSONS, E.; PINTO JUNIOR, J. E. **Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 83 p. ISSN 1980-3958. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/921231/programa-de-melhoramento-de-pinus-na-embrapa-florestas>. Acesso em: 26 jan. 2019.

AGUILAR, J. P. On expansions for the Black-Scholes prices and hedge parameters. **Journal of Mathematical Analysis and Applications**, New York, v. 478, n. 2, p. 973-989, Oct. 2019. DOI: 10.1016/j.jmaa.2019.06.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022247X19304706#!>. Acesso em: 30 nov. 2019.

AJAK, A. D.; LILFORD, E.; TOPAL, E. Real Option identification framework for mine operational decision-making. **Natural Resources Research**, New York, v. 28, p. 409-430, July 2018. DOI: 10.1007/s11053-018-9393-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11053-018-9393-4>. Acesso em: 16 nov. 2019.

AJAK, A. D.; TOPAL, E. Real option in action: an example of flexible decision making at a mine operational level. **Resources Policy**, Guildford, v. 45, p. 109-120, Sept. 2015. DOI: 10.1016/j.resourpol.2015.04.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420715000380#!>. Acesso em: 26 dez. 2019.

ALLEN, F.; BHATTACHARYA, S.; RAJAN, R.; SCHOAR, A. The contributions of Stewart Myers to the theory and practice of corporate finance. **Journal of Applied Corporate Finance**, Malden, v. 20, n. 4, p. 8-19, Fall 2008. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2008.00200.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-6622.2008.00200.x>. Acesso em: 02 jan. 2019.

ALMEIDA, L. S. F.; VIEIRA NETO, J.; SALLES, M. T.; SOARES, C. A. P.; ESTEVES, Y. O. Análise comparativa entre o EVA[®] e os indicadores financeiros (contábeis) tradicionais de empresas da construção civil brasileira: um estudo documental. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 23, n. 4, p. 733-756, jan. 2016. DOI: 10.1590/0104-530X1722-15. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1722-15>. Acesso em: 19 nov. 2018.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVAREZ, L. H. R.; KOSKELA, E. Does risk aversion accelerate optimal forest rotation under uncertainty? **Journal of Forest Economics**, Hanover, v. 12, n. 3, p. 171-184, Dec. 2006. DOI: 10.1016/j.jfe.2006.06.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1104689906000195>. Acesso em: 29 nov. 2019.

AMIN, K.; KHANNA, A. Convergence of American option values from discrete-to continuous-time financial models. **Mathematical Finance**, Oxford, v. 4, n. 4, p. 289-304, Oct. 1994. DOI: 10.1111/j.1467-9965.1994.tb00059.x. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/CONVERGENCE-OF-AMERICAN-OPTION-VALUES-FROM-TO-Amin-Khanna/7231a00c39a008fe4c01a2e8010b61d5dc6f58f7>. Acesso em: 22 ago. 2019.

AMORIM, A. L. G. C.; LIMA, I. S.; MURCIA, F. D. Análise da relação entre as informações contábeis e o risco sistemático no mercado brasileiro. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, v. 23, n. 60, p. 199-211, set./out./nov./dez. 2012. DOI: 10.1590/S1519-70772012000300005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rcf/article/view/53075>. Acesso em: 22 out. 2018.

ANAMARI-BEATRICE, S. Real Options a solution for evaluating public private partnerships. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 15, p. 583-586, 2014. DOI: 10.1016/S2212-5671(14)00516-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114005164>. Acesso em: 18 fev. 2020.

ANDALRAFT-CHACUR, A.; ALI, M. M.; GONZÁLEZ SALAZAR, J. Real options pricing by the finite element method. **Computers & Mathematics with Applications**, Oxford, v. 61, n. 9, p. 2863-2873, May 2011. DOI: 10.1016/j.camwa.2011.03.070. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0898122111002331#!>. Acesso em: 02 jun. 2020.

ANDREASEN, J.; JENSEN, B.; POULSEN, R. Eight valuation methods in financial mathematics: the Black-Scholes formula as an example. **Mathematical Scientist**, Sheffield, v. 23, n. 1, p. 18-40, 1998. Disponível em: <https://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2398127941>. Acesso em: 20 nov. 2019.

ANTUNES, M. T. P.; GRECCO, M. C. P.; FORMIGONI, H.; MENDONÇA NETO, O. R. A adoção no Brasil das normas internacionais de contabilidade IFRS: o processo e seus impactos na qualidade da informação contábil. **Revista de Economia e Relações Internacionais**, São Paulo, v. 10, n. 20, p. 5-19, jan. 2012. Disponível em: http://www.fAAP.br/pdf/faculdades/economia/revistas/ciencias-economicas/revista_economia_20.pdf. Acesso em: 14 set. 2018.

ARABAS, S.; FARHAT, A. Derivative pricing as a transport problem: MPDATA solutions to Black–Scholes-type equations. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, Amsterdam, v. 373, p. 1-10, Aug. 2020. DOI: 10.1016/j.cam.2019.05.023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377042719302584>. Acesso em: 25 mar. 2020.

ARANGO ARANGO, M. A.; ARROYAVE CATAÑO, E. T.; HERNÁNDEZ, J. D. Valoración de proyectos de energía térmica bajo condiciones de incertidumbre a través de opciones reales. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**, Medellín, v. 12, n. 33, p. 83-100, jul./dic. 2013. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242013000200008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 28 dez. 2018.

ARAÚJO, H. F.; LEAL, P. A. M.; BETIN, P. S.; NUNES, E. F. Economic profitability indicators of minitomatoes organic production in greenhouses. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 246-252, Apr./June 2018. DOI: 10.1590/S0102-

053620180217. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362018000200246&lng=en&tlng=en. Acesso em: 11 set. 2018.

ARISMENDI, J. C.; BACK, J.; PROKOPCZUK, M.; PASCHKE, R.; RUDOLF, M. Seasonal Stochastic Volatility: Implications for the pricing of commodity options. **Journal of Banking & Finance**, Amsterdam, v. 66, p. 53-65, May 2016. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2016.02.001. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037842661600039X#!>. Acesso em: 18 nov. 2019.

ARNOLD, G. C.; HATZOPOULOS, P. D. The theory-practice gap in capital budgeting: Evidence from the United Kingdom. **Journal of Business Finance & Accounting**, Oxford, v. 27, n. 5-6, p. 603-626, June 2000. DOI: 10.1111/1468-5957.00327. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1468-5957.00327>. Acesso em: 29 out. 2018.

ARYA, A.; GLOVER, J. Abandonment options and information system design. **Review of Accounting Studies**, New York, v. 8, n. 1, p. 29-45, Mar. 2003. DOI: 10.1023/A:1022695705845. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022695705845>. Acesso em: 05 ago. 2019.

ARYA, A.; GLOVER, J. Option value to waiting created by a control problem. **Journal of Accounting Research**, Chicago, v. 39, n. 3, p. 405-415, Dec. 2001. DOI: 10.1111/1475-679X.00019. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1475-679X.00019>. Acesso em: 29 dez. 2018.

ASHTA, A.; OTTO, P. E. Project Valuation in the presence of loss aversion during economic crises. **Strategic Change**, Oxford, v. 20, p. 171-186, 2011. DOI: 10.1002/jsc.894. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsc.894>. Acesso em: 11 nov. 2018.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G.; ARAÚJO, A. M. P. Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 72-83, jan./fev./mar. 2008. Disponível em:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223417484006>. Acesso em: 10 out. 2018.

BAIDYA, T. K. N.; CASTRO, A. L. Convergência dos modelos de árvores binomiais para avaliação de opções. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 17-30, jun. 2001. DOI: 10.1590/S0101-74382001000100002. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382001000100002. Acesso em: 02 nov. 2019.

BAKER, H. K.; ENGLISH, P. **Capital budgeting valuation: financial analysis for today's investment projects**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 518 p.

BALLIAUW, M.; KORT, P. M.; ZHANG, A. Capacity investment decisions of two competing ports under uncertainty: a strategic real options approach. **Transportation**

Research Part B: Methodological, Oxford, v. 122, p. 249-264, Apr. 2019. DOI: 10.1016/j.trb.2019.01.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261518306076>. Acesso em: 05 set. 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Conversor de Moedas. 2019. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/conversao>. Acesso em: 31 dez. 2019.

BARAD, G. Differential geometry techniques in the Black-scholes option pricing; theoretical results and approximations. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 8, p. 48-52, 2014. DOI: 10.1016/S2212-5671(14)00061-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114000616>. Acesso em: 25 nov. 2019.

BARBACHAN, J. S. F.; COUTINHO, F. G. P. Processo de Meixner: teoria e aplicações no mercado financeiro brasileiro. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 383-408, jun. 2011. DOI: 10.1590/S0101-41612011000200007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612011000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 17 nov. 2019.

BARNETT, M. L. Paying attention to real options. **R&D Management**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 61-72, Jan. 2005. DOI: 10.1111/j.1467-9310.2005.00372.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9310.2005.00372.x>. Acesso em: 24 dez. 2018.

BASTIAN-PINTO, C.; BRANDÃO, L. E. T.; ALVES, M. L. Valuing the switching flexibility of the ethanol-gas flex fuel car. **Annals of Operations Research**, New York, v. 176, n. 1, p. 333-348, Apr. 2010. DOI: 10.1007/s10479-009-0514-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-009-0514-7>. Acesso em: 23 set. 2019.

BATISTA, F. R. S.; TEIXEIRA, J. P.; BAIDYA, T. K. N.; MELO, A. C. G. Avaliação dos métodos de Grant, Vora & Weeks e dos mínimos quadrados na determinação do valor incremental do mercado de carbono nos projetos de geração de energia elétrica no Brasil. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 135-155, jan./abr. 2011. DOI: 10.1590/S0101-74382011000100009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382011000100009. Acesso em: 29 out. 2019.

BAYRAM, K.; GANIKHODJAEV, N. On pricing futures options on random binomial tree. **Journal of Physics: Conference Series**, Bristol, v. 435, n. 1, p. 1-10, 2013. DOI: 10.1088/1742-6596/435/1/012043. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/435/1/012043>. Acesso em: 06 ago. 2019.

BEAN, N. G.; ELLIOTT, R.; ESHRAGH, A.; ROSS, J. V. On binomial observations of continuous-time markovian population models. **Journal of Applied Probability**, Sheffield, v. 52, n. 2, p. 457-472, June 2015. DOI: 10.1239/jap/1437658609. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43860860>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BELLELAH, M. A.; BELLELAH, M. O.; AMEUR, H. B.; HAFSIA, R. B. Does the equity premium puzzle persist during financial crisis? The case of the French equity market. **Research in International Business and Finance**, Philadelphia, v. 39, part B, p. 851-866, Jan. 2017. DOI: 10.1016/j.ribaf.2015.02.018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531915000239?via%3Dihub>. Acesso em: 21 nov. 2018.

BENARROCH, M. Option-based management of technology investment risk. **IEEE Transactions on Engineering Management**, New York, v. 48, n. 4, p. 428-444, Nov. 2001. Disponível em: https://surface.syr.edu/mgt/7/?utm_source=surface.syr.edu%2Fmgt%2F7&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages. Acesso em: 26 dez. 2018.

BENARROCH, M.; KAUFFMAN, R. J. A case for using real options pricing analysis to evaluate information technology project investments. **Information Systems Research**, Providence, v. 10, n. 1, p. 70-86, Mar. 1999. DOI: 10.1287/isre.10.1.70. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/isre.10.1.70>. Acesso em: 23 dez. 2018.

BENARROCH, M.; LICHTENSTEIN, Y.; ROBINSON, K. Real options in information technology risk management: an empirical validation of risk-option relationships. **MIS Quarterly**, Minneapolis, v. 30, n. 4, p. 827-864, Dec. 2006. DOI: 10.2307/25148756. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25148756>. Acesso em: 15 ago. 2019.

BENNINGA, S. **Financial modeling**. 3. ed. Cambridge: MIT Press, 2008. 1133 p. ISBN 978-0-262-02628-4

BENNINGA, S.; WIENER, Z. The binomial option pricing model. **Mathematica in Education and Research**, New York, v. 6, n. 3, p. 1-8, Jan. 1997. DOI: 10.1007/springerreference_841. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Binomial-Option-Pricing-Model-Benninga-Wiener/b3460ea57cd3b3625d97f8dadfb582c60c141631>. Acesso em: 02 nov. 2019.

BERGER, P. G.; OFEK, E.; SWARY, I. Investor valuation of the abandonment option. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 257-287, Oct. 1996. DOI: 10.1016/0304-405X(96)00877-X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304405X9600877X>. Acesso em: 11 ago. 2019.

BERGER, R.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R.; SANTOS, A. J.; BITTENCOURT, A. M.; SOUZA, V. S.; EISFELD, C. L.; POLZ, W. B. Rentabilidade econômica da produção de *Pinus* spp. por mesorregião homogênea no estado do Paraná. **FLORESTA**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 161-168, jan./mar. 2011. DOI: 10.5380/ef.v41i1.21198. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/21198>. Acesso em: 15 fev. 2019.

BERK, A. S.; PODHRASKI, D. Superiority of Monte Carlo simulation in valuing real options within public-private partnerships. **Risk Management**, London, v. 20, n. 1, p.

1-28, Feb. 2018. DOI: 10.1057/s41283-017-0025-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1057/s41283-017-0025-9>. Acesso em: 10 set. 2019.

BERNARDO, A. E.; CHOWDHRY, B.; GOYAL, A. Assessing Project Risk. **Journal of Applied Corporate Finance**, Malden, v. 24, n. 3, p. 94-100, Summer 2012. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2012.00393.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-6622.2012.00393.x>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BETTINGER, P.; BOSTON, K.; SIRY, J. P.; GREBNER, D. L. **Forest Management and Planning**. San Diego: Academic Press, 2019. 331 p. ISBN 978-0-12-374304-6

BIAGE, M.; CORREA, V. P.; NEDER, H. D. Risco país, fluxos de capitais e determinação da taxa de juros no Brasil: uma análise de impactos por meio da metodologia VEC. **Revista Economia**, Brasília - DF, v. 9, n. 1, p. 63-113, jan./abr. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/46546795_Risco_Pais_Fluxos_de_Capitais_e_Determinacao_da_Taxa_de_Juros_no_Brasil_Uma_Analise_de_Impactos_por_Meio_da_Metodologia_VEC. Acesso em: 23 mar. 2019.

BISTLINE, J. E; COMELLO, S. D.; SAHOO, A. Managerial flexibility in levelized cost measures: A framework for incorporating uncertainty in energy investment decisions. **Energy**, Oxford, v. 151, n. 15, p. 211-225, May 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218304341?via%3Dihub>. Acesso em: 05 dez. 2018.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 81, n. 3, p. 637-654, May/June. 1973. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1831029>. Acesso em: 06 jan. 2019.

BLANK, L; TARQUIN, A. **Engenharia econômica**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2008. 756 p.

BLOCK, S. Are “real options” actually used in the real world? **The Engineering Economist**, Norcross, v. 52, n. 3, p. 255-267, Sept. 2007. DOI: 10.1080/00137910701503910. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00137910701503910>. Acesso em: 07 jan. 2019.

BOCK, K.; TRÜCK, S. Assessing Uncertainty and Risk in Public Sector Investment Projects. **Technology and Investment**, Irvine, v. 2, p. 105-123, May 2011. DOI: 10.4236/ti.2011.22011. Disponível em: http://file.scirp.org/Html/4-9900078_5167.htm. Acesso em: 01 out. 2018.

BØCKMAN, T.; FLETEN, S. E.; JULIUSSEN, E.; LANGHAMMER, H. J.; REVDAL, I. Investment timing and optimal capacity choice for small hydropower projects. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 190, n. 1, p. 255-267, Oct. 2008. DOI: 10.1016/j.ejor.2007.05.044. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221707005334>. Acesso em: 15 dez. 2019.

BOHNER, M.; ZHENG, Y. On analytical solutions of the Black–Scholes equation. **Applied Mathematics Letters**, Oxford, v. 22, n. 3, p. 309-313, Mar. 2009. DOI: 10.1016/j.aml.2008.04.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893965908001493>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BONGIORNO, E. G.; GOIA, A.; VIEU, P. On the Geometric Brownian Motion assumption for financial time series. In: ANEIROS, G.; BONGIORNO, E. G.; CAO, R.; VIEU, P. (eds.). **Functional Statistics and Related Fields**. Cham: Springer, 2017. Cap. 9, p. 59-65.

BOOMSMA, T. K.; MEADE, N.; FLETEN, S. E. Renewable energy investments under different support schemes: A real options approach. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 220, n. 1, p. 225-237, July 2012. DOI: 10.1016/j.ejor.2012.01.017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221712000379>. Acesso em: 05 set. 2018.

BORISON, A. Real options analysis: where are the emperor's clothes? **Journal of Applied Corporate Finance**, Malden, v. 17, n. 2, p. 17-31, Spring. 2005. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2005.00029.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-6622.2005.00029.x>. Acesso em: 03 jan. 2019.

BORSATTO JUNIOR, J. L.; CORREIA, E. F.; GIMENES, R. M. T. Avaliação de empresas pelo método do fluxo de caixa descontado: o caso de uma indústria de ração animal e soluções em homeopatia. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 90-113, maio/ago. 2015. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/contabilidadevistaerevista/article/view/2507>. Acesso em: 02 out. 2018.

BOTOŞ, H. M.; CIUMAŞ, C. The use of the Black-Scholes model in the field of weather derivatives. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 3, p. 611-616, 2012. DOI: 10.1016/S2212-5671(12)00203-1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567112002031#!>. Acesso em: 03 nov. 2019.

BOUCHAUD, J. P.; POTTERS, M. **Theory of financial risk and derivative pricing: from statistical physics to risk management**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 379 p. ISBN 978-0-521-81916-9

BOUCHAUD, J. P.; SORNETTE, D. The Black-Scholes option pricing problem in mathematical finance: generalization and extensions for a large class of stochastic processes. **Journal de Physique I**, Les Ulis, v. 4, n. 6, p. 863-881, June 1994. DOI: 10.1051/jp1:1994233. Disponível em: <https://jp1.journaldephysique.org/articles/jp1/abs/1994/06/jp1v4p863/jp1v4p863.html>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BOUHAL, T.; FERTAHI, S. D.; AGROUAZ, Y.; EL RHAFIKI, T.; KOUSKSOU, T.; ZERAOULI, Y.; JAMIL, A. Technical assessment, economic viability and investment risk analysis of solar heating/cooling systems in residential buildings in Morocco. **Solar Energy**, Kidlington, v. 170, p. 1043-1062, Aug. 2018. DOI: 10.1016/j.solener.2018.06.032. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X18305838?via%3Dihub>. Acesso em: 28 nov. 2018.

BOWE, M.; LEE, D. L. Project evaluation in the presence of multiple embedded real options: evidence from the Taiwan High-Speed Rail Project. **Journal of Asian Economics**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 71-98, Feb. 2004. DOI: 10.1016/j.asieco.2003.12.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049007803001519>. Acesso em: 03 maio 2019.

BOWMAN, R. G.; BUSH, S. Using Comparable Companies to Estimate the Betas of Private Companies. **Journal of Applied Finance**, Tampa, v. 16, n. 2, p. 1-26, 2007. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=956443. Acesso em: 15 mar. 2019.

BRACH, M. A. **Real options in practice**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003. 384 p. ISBN 0-471-26308-7

BRANDÃO, L. E. T.; BASTIAN-PINTO, C. L.; GOMES, L. L.; SALGADO, M. S. Incentivos governamentais em PPP: uma análise por opções reais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 10-23, fev. 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155121441002>. Acesso em: 04 jan. 2019.

BRANDÃO, L. E. T.; CURY, M. V. Q. Modelagem híbrida para concessões rodoviárias com o uso da teoria das opções reais: o caso da Rodovia BR-163. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, Recife, v. 4, n. 2, p. 121-140, maio/ago. 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaoorg/article/view/21589>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRANDÃO, L. E. T.; DYER, J. S. Projetos de opções reais com incertezas correlacionadas. **Revista de Administração e Contabilidade da UNISINOS**, São Leopoldo, v. 6, n. 1, p. 19-26, abr. 2009. DOI: 10.4013/base.2009.61.02. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Projetos-de-op%C3%A7%C3%B5es-reais-com-incertezas-Brand%C3%A3o-Dyer/5030b93738d1e0bbfd2a64647b238eab563d311d>. Acesso em: 21 nov. 2019.

BRANDÃO, L. E. T.; DYER, J. S.; HAHN, W. J. Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems. **Decision Analysis**, Catonsville, v. 2, n. 2, p. 69-88, June 2005. DOI: 10.1287/deca.1050.0040. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/deca.1050.0040>. Acesso em: 16 jan. 2019.

BRANDÃO, L. E. T.; DYER, J. S.; HAHN, W. J. Volatility estimation for stochastic project value models. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 220, n. 3, p. 642-648, Aug. 2012. DOI: 10.1016/j.ejor.2012.01.059. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221712000975>. Acesso em: 20 dez. 2019.

BRASIL, BOLSA, BALCÃO. B³ - Cotações históricas. 2019. Disponível em: http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/historico/mercado-a-vista/cotacoes-historicas/. Acesso em: 31 dez. 2019.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Princípios de finanças corporativas**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 876 p.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; MARCUS, A. J. **Fundamentals of Corporate Finance**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2001. 651 p.

BROADIE, M.; DETEMPLE, J. B. Option pricing: valuation models and applications. **Management Science**, Providence, v. 50, n. 9, p. 1145-1177, Sep. 2004. DOI: 10.1287/mnsc.1040.0275. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/30046225>. Acesso em: 28 ago. 2019.

BROTHERSON, W. T.; EADES, K. M.; HARRIS, R. S.; HIGGINS, R. C. "Best practices" in estimating the cost of capital: An update. **Journal of Applied Finance**, Tampa, v. 23, n. 1, p. 19-26, Spring/Summer 2013. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=2294091>. Acesso em: 03 out. 2018.

BURGARELLI, H. R.; SOUZA, F. R.; NADER, A. S.; TORRES, V. F. N.; CÂMARA, T. R.; ORTIZ, C. E. A.; GALERY, R. Direct block scheduling under marketing uncertainties. **REM - International Engineering Journal**, Ouro Preto, v. 72, n. 2, p. 275-280, Apr./June 2018. DOI: 10.1590/0370-44672017710128. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-167X2018000200275&lng=en&tlng=en. Acesso em: 12 set. 2019.

CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; SCHNEID, E.; HAMM, L. G. Qualidade da madeira serrada de *Pinus elliottii* Engelm. procedente de florestas resinadas. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 577-583, out./dez. 2012. DOI: 10.1590/S0104-77602012000400007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602012000400007. Acesso em: 22 fev. 2019.

CAI, Z.; REN, Y.; YANG, B. A semiparametric conditional capital asset pricing model. **Journal of Banking & Finance**, Amsterdam, v. 61, p. 117-126, Dec. 2015. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2015.09.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426615002599?via%3Dihub>. Acesso em: 01 set. 2018.

CARFORA, M. F. Stochastic Processes. **Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology**, Amsterdam, v. 1, p. 747-752, 2019. DOI: 10.1016/B978-0-12-809633-8.20362-2. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128096338203622>. Acesso em: 29 ago. 2019.

CARVALHO, F. I. A.; ABREU, M. C. S.; CORREIA NETO, J. F. Financial alternatives to enable distributed microgeneration projects with photovoltaic solar power.

Mackenzie Management Review, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 120-147, Jan./Feb.

2017. DOI: 10.1590/1678-69712017/administracao.v18n1p120-147. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712017000100120&lng=en&tlng=en)

69712017000100120&lng=en&tlng=en. Acesso em: 04 out. 2018.

CAVALCANTI, J. M. M.; BOENTE, D. R. A relação de risco e retorno nas empresas integrantes do índice de sustentabilidade empresarial no período de 2008 a 2010.

Revista Ambiente Contábil, Natal, v. 4, n. 1, p. 51-71, jan./jun. 2012. Disponível

em: <https://periodicos.ufrn.br/ambiente/article/view/1905>. Acesso em: 22 set. 2018.

CEN, Z.; LE, A. A robust and accurate finite difference method for a generalized Black–Scholes equation. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, Amsterdam, v. 235, n. 13, p. 3728-3733, May 2011. DOI:

10.1016/j.cam.2011.01.018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037704271100029X>. Acesso em: 27 nov. 2019.

CERVI, R., G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica.

Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, set/out. 2010. DOI:

10.1590/S0100-69162010000500006. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162010000500006&script=sci_abstract&tlng=pt)

69162010000500006&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 16 ago. 2018.

CHANCE, D. M.; PETERSON, P. P. **Real options and investment valuation**.

United States of America: The Research Foundation of AIMR, 2002. 125 p. ISBN 0-943205-57-3.

CHEN, J. M. Sinking, fast and slow: bifurcating beta in financial and behavioral space. **International Journal of Finance**, Cherry Hill, v. 11, p. 124-201, Oct. 2015.

DOI: 10.2139/ssrn.2629541. Disponível em:

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2629541. Acesso em: 01 out. 2018.

CHENG, C.; WANG, Z.; LIU, M.; CHEN, Q.; GBATU, A. P.; REN, X. Defer option valuation and optimal investment timing of solar photovoltaic projects under different electricity market systems and support schemes. **Energy**, Oxford, v. 127, p. 594-610, May 2017. DOI: 10.1016/j.energy.2017.03.157. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217305546?via%3Dihub>.

Acesso em: 27 dez. 2018.

CHRYSAFIS, K. A. Corporate investment appraisal with possibilistic CAPM.

Mathematical and Computer Modelling, Oxford, v. 55, n. 3-4, p. 1041-1050, Feb.

2012. DOI: 10.1016/j.mcm.2011.09.029. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717711005772?via%3Dihub>. Acesso em: 29 nov. 2018.

ČIRJEVSKIS, A.; BADŪNS, E. Transformation of scenario planning into a real options valuation in time of economic transition: Latvian case. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 5, p. 172-181, 2013. DOI: 10.1016/S2212-5671(13)00023-3. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567113000233>. Acesso em: 29 dez. 2018.

ČIRJEVSKIS, A.; TATEVOSJANS, E. Empirical testing of real option in the real estate market. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 24, p. 50-59, 2015. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00611-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115006115>. Acesso em: 30 dez. 2018.

CIZEAU, P.; LIU, Y.; MEYER, M.; PENG, C. K.; STANLEY, H. E. Volatility distribution in the S&P500 stock index. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Amsterdam, v. 245, n. 3-4, p. 441-445, Nov. 1997. DOI: 10.1016/S0378-4371(97)00417-2. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437197004172>. Acesso em: 17 nov. 2019.

COBB, B. R.; CHARNES, J. M. Real options volatility estimation with correlated inputs. **The Engineering Economist**, Norcross, v. 49, n. 2, p. 119-137. 2004. DOI: 10.1080/00137910490453392. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00137910490453392>. Acesso em: 10 nov. 2019.

CONRAD, J. M. Real options for endangered species. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 144, p. 59-64, Feb. 2018. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.07.027. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800917306584>. Acesso em: 23 out. 2019.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 368 p. ISBN: 9788535208917

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. Real options: meeting the Georgetown challenge. **Journal of Applied Corporate Finance**, Malden, v. 17, n. 2, p. 32-51, Spring 2005. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2005.00030.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-6622.2005.00030.x>. Acesso em: 18 jun. 2019.

COPELAND, T.; KEENAN, P. T. Making real options real. **The McKinsey Quarterly**, New York, v. 1, n. 3, p. 128-141, Summer 1998. Disponível em: https://go.galegroup.com/ps/i.do?p=AONE&u=unesp_br&id=GALE%7CA21243616&v=2.1&it=r. Acesso em: 31 dez. 2018.

COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. **Valuation**: measuring and managing the value of companies. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002. 508 p.

COPELAND, T.; TUFANO, P. A real-world way to manage real options. **Harvard business review**, Boston, v. 82, n. 3, p. 1-17, Mar. 2004. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15029793>. Acesso em: 15 nov. 2019.

COPIELLO, S. A. Discounted Cash Flow variant to detect the optimal amount of additional burdens in Public-Private Partnership transactions. **MethodsX**, Amsterdam, v. 3, p. 195-204, 2016. DOI: 10.1016/j.mex.2016.03.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016116000169?via%3Dihub>. Acesso em: 25 nov. 2018.

COSTA, P. H. S. Medidas de risco para projetos de investimento em ativos reais. **Cadernos do centro de ciências sociais da universidade do estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 08, n. 02, p. 33-43, 2015. DOI: 10.12957/synthesis.2015.30463. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/synthesis/article/view/30469>. Acesso em: 25 ago. 2018.

COX, D. R.; MILLER, H. D. **The Theory of stochastic processes**. New York: CRC Press, 1977. 412 p. ISBN 0412151707

COX, D. R.; STUART, A. Some quick sign tests for trend in location and dispersion. **Biometrika**, London, v. 42, n. 1/2, p. 80-95, June 1955. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2333424>. Acesso em: 27 jan. 2019.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 7, n. 3, p. 229-263, Sep. 1979. DOI: 10.1016/0304-405X(79)90015-1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304405X79900151>. Acesso em: 01 nov. 2019.

CRUZ RAMBAUD, S.; SÁNCHEZ PÉREZ, A. M. A mathematical approach to the deferment option of an investment project. **Managerial and Decision Economics**, Oxford, v. 40, n. 6, p. 639-350, June 2019. DOI: 10.1002/mde.3035. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mde.3035>. Acesso em: 09 nov. 2019.

CRUZ RAMBAUD, S.; SÁNCHEZ PÉREZ, A. M. Assessing the option to abandon an investment project by the binomial options pricing model. **Advances in Decision Sciences**, New York, p. 1-12, Jan. 2016. DOI: 10.1155/2016/7605909. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ads/2016/7605909/>. Acesso em: 02 jan. 2019.

CRUZ RAMBAUD, S.; SÁNCHEZ PÉREZ, A. M. The option to expand a project: its assessment with the binomial options pricing model. **Operations Research Perspectives**, Amsterdam, v. 4, p. 12-20, 2017. DOI: 10.1016/j.orp.2017.01.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214716016301683?via%3Dihub>. Acesso em: 29 dez. 2018.

CUCCHIELLA, F.; GASTALDI, M. Risk management in supply chain: a real option approach. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Bingley, v. 17, n. 6, p. 700-720, Feb. 2006. DOI: 10.1108/17410380610678756. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/17410380610678756>. Acesso em: 10 jan. 2019.

ČULÍK, M. Real options valuation with changing volatility. **Perspectives in Science**, Amsterdam, v. 7, p. 10-18, Mar. 2016. DOI: 10.1016/j.pisc.2015.11.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221302091500049X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 dez. 2018.

DA, Z.; GUO, R. J.; JAGANNATHAN, R. CAPM for estimating the cost of equity capital: Interpreting the empirical evidence. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 204-220, Jan. 2012. DOI: 10.1016/j.jfineco.2011.08.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X11001942?via%3Dihub>. Acesso em: 03 nov. 2018.

DAMARAJU, N. L.; BARNEY, J. B.; MAKHIJA, A. K. Real options in divestment alternatives. **Strategic Management Journal**, Hoboken, v. 36, n. 5, p. 728-744, May 2015. DOI: 10.1002/smj.2243. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/smj.2243>. Acesso em: 04 ago. 2019.

DAMODARAN, A. **Damodaran on Valuation: security analysis for Investment and corporate finance**. Hoboken: John Wiley & Sons, 1994. 464 p.

DAMODARAN, A. **Introdução à avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para determinação de qualquer ativo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2018. 1056 p.

DAMODARAN, A. **Investment philosophies: successful strategies and the investors who made them work**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012. 597 p. ISBN 978-1-118-22192-1

DAMODARAN, A. **Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any asset**, 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002. 1008 p.

DAMODARAN, A. **The dark side of valuation: valuing young, distressed, and complex businesses**. 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2010. 590 p. ISBN 978-0-13-712689-7

DANIEL, S. Developing a cost-volume-profit model in production decision system based on MAD Real Options Model. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 3, p. 350-354, 2012. DOI: 10.1016/S2212-5671(12)00163-3. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567112001633>. Acesso em: 11 jan. 2019.

DAVID, C. Control of the Black–Scholes equation. **Computers & Mathematics with Applications**, Oxford, v. 73, n. 7, p. 1566-1575, Apr. 2017. DOI: 10.1016/j.camwa.2017.02.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0898122117300731>. Acesso em: 15 nov. 2019.

DAVIS, G. A. Estimating volatility and dividend yield when valuing real options to invest or abandon. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 725-754, 1998. DOI: 10.1016/S1062-9769(99)80099-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1062976999800994>. Acesso em: 25 nov. 2019.

Davis, G. A. Option premiums in mineral asset pricing: are they important?. **Land Economics**, Madison, v. 72, n. 2, p. 167-86, May 1996. DOI: 10.2307/3146964. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/i357994>. Acesso em: 08 dez. 2018.

DEMIRBAS, M. F.; BALAT, M.; BALAT, H. Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 50, n. 7, p. 1746-1760, July 2009. DOI: 10.1016/j.enconman.2009.03.013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890409000946>. Acesso em: 10 fev. 2019.

DENTSKEVICH, P.; SALKIN, G. Valuation of real projects using option pricing techniques. **Omega**, Oxford, v. 19, n. 4, p. 207-222, 1991. DOI: 10.1016/0305-0483(91)90040-Z. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030504839190040Z#!>. Acesso em: 02 jun. 2020.

DEPARTAMENTO DO TESOUREIRO DO GOVERNO DOS ESTADOS UNIDOS - U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY. T-Bonds. 2019. Disponível em: <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yieldAll>. Acesso em: 31 dez. 2019.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 74, n. 366, p. 427-431, June 1979. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2286348>. Acesso em: 29 jan. 2019.

DILELLIO, J. A. **Real Option modeling and valuation**: a decision analysis approach using DPL and Excel. 2017. 119 p.

DIMITRAKOPOULOS, R. G.; SABOUR, S. A. A. Evaluating mine plans under uncertainty: can the real options make a difference? **Resources Policy**, Guildford, v. 32, n. 3, p. 116-125, Sept. 2007. DOI: 10.1016/j.resourpol.2007.06.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420707000384>. Acesso em: 10 fev. 2018.

DIXIT, A. Investment and hysteresis. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 6, n. 1, p. 107-132, Winter 1992. DOI: 10.1257/jep.6.1.107. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.6.1.107>. Acesso em: 23 set. 2019.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under Uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 488 p. ISBN 978-0691034102

DOAN, P.; MENYAH, K. Impact of irreversibility and uncertainty on the timing of infrastructure projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 139, n. 3, p. 331-338, Mar. 2013. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000615. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2230665. Acesso em: 20 dez. 2019.

DOOB, J. L. What is a stochastic process?. **The American Mathematical Monthly**, Philadelphia, v. 49, n. 10, p. 648-653, Dec. 1942. DOI: 10.1080/00029890.1942.11991300. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00029890.1942.11991300?journalCode=uamm20>. Acesso em: 02 ago. 2019.

DRIOUCHI, T.; BENNETT, D. J. Real options in management and organizational strategy: a review of decision-making and performance implications. **International Journal of Management Reviews**, Chichester, v. 14, n. 1, p. 39-62, Mar. 2012. DOI: 10.1111/j.1468-2370.2011.00304.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1468-2370.2011.00304.x>. Acesso em: 22 dez. 2018.

DURICA, M.; GUTTENOVA, D.; PINDA, L.; SVABOVA, L. Sustainable value of investment in real estate: real options approach. **Sustainability**, Basel, v. 10, n. 12, p. 1-18, Dec. 2018. DOI: 10.3390/su10124665. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4665>. Acesso em: 31 dez. 2018.

DYNER, I.; LARSEN, E. R. From planning to strategy in the electricity industry. **Energy Policy**, London, v. 29, n. 13, p. 1145-1154, Nov. 2001. DOI: 10.1016/S0301-4215(01)00040-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421501000404>. Acesso em: 09 jan. 2019.

EASLEY, D.; O'HARA, M. Information and the Cost of Capital. **The journal of finance**, New York, v. 59, n. 4, p. 1553-1583, Aug. 2004. DOI: 10.1111/j.1540-6261.2004.00672.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1540-6261.2004.00672.x>. Acesso em: 08 jan. 2019.

EGAMI, M. A framework for the study of expansion options, loan commitments and agency costs. **Journal of Corporate Finance**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 345-357, June 2009. DOI: 10.1016/j.jcorpfin.2009.01.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929119909000078>. Acesso em: 08 jan. 2019.

ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. **Modern portfolio theory and investment analysis**. 9. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014. 752 p. ISBN 978-1-118-46994-1

ESMAEELI, A. N.; HERAVI, G. Real Options Approach versus conventional approaches to valuing highway projects under uncertainty. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 145, n. 11, p. 1-14, Nov. 2019. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001711.. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001711>. Acesso em: 22 dez 2019.

FALL, A. N.; NDIAYE, S. N.; SENE, N. Black–Scholes option pricing equations described by the Caputo generalized fractional derivative. **Chaos, Solitons & Fractals**, Oxford, v. 125, p. 108-118, Aug. 2019. DOI: 10.1016/j.chaos.2019.05.024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960077919301894>. Acesso em: 26 nov. 2019.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. The capital asset pricing model: theory and evidence. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 18, n. 3, p. 25-46, Summer 2004. DOI: 10.2139/ssrn.440920. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/4981710_The_Capital_Asset_Pricing_Model_Theory_and_Evidence. Acesso em: 03 out. 2018.

FAN, Y.; ZHU, L. A real options based model and its application to China's overseas oil investment decisions. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 32, n. 3, p. 627-637, May 2010. DOI: 10.1016/j.eneco.2009.08.021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988309001546>. Acesso em: 21 set. 2019.

FEINSTEIN, S. P.; LANDER, D. M. A better understanding of why NPV undervalues managerial flexibility. **The Engineering Economist**, Norcross, v. 47, n. 4, p. 418-435, abr. 2002. DOI: 10.1080/00137910208965043. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00137910208965043>. Acesso em: 02 dez. 2018.

FERNANDES, B.; CUNHA, J.; FERREIRA, P. The use of real options approach in energy sector investments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 15, n. 9, p. 4491-4497, Dec. 2011. DOI: 10.1016/j.rser.2011.07.102. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032111003479>. Acesso em: 05 ago. 2019.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R.; ANDRADE, G. C.; FERRARI, M. P. Pesquisas sobre nutrição de pinus no Sul do Brasil. **Revista da Madeira**, v. 83, ago. 2004. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=600&subject=Nutri%C3%A7%C3%A3o&title=Pesquisas. Acesso em: 26 jan. 2019.

FERRO, F. S.; SILVA, D. A. L.; ICIMOTO, F. H.; LAHR, F. A. R.; GONZÁLEZ-GARCÍA, S. Environmental life cycle assessment of industrial pine roundwood production in Brazilian forests. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 640-641, p. 599-608, Nov. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.262. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718319144>. Acesso em: 10 fev. 2019.

FICHMAN, R. G.; KEIL, M.; TIWANA, A. Beyond valuation: “options thinking” in IT project management. **California Management Review**, Thousand Oaks, v. 47, n. 2, p. 74-96, Winter 2005. Disponível em: <https://cmr.berkeley.edu/search/articleDetail.aspx?article=5362>. Acesso em: 04 jan. 2019.

FLEMING, J.; KIRBY, C.; OSTDIEK, B. The economic value of volatility timing. **The Journal of Finance**, New York, v. 56, n. 1, p. 329-352, Feb. 2001. DOI: 10.1111/0022-1082.00327. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/0022-1082.00327>. Acesso em: 21 nov. 2019.

FLETEN, S. E.; GUNNERUD, V.; HEM, Ø. D.; SVENDSEN, A. Real Option valuation of offshore petroleum field tie-ins. **Journal of Real Options**, [s.l.], v. 1, p. 1-17, Dec. 2011. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1992983. Acesso em: 03 dez. 2019.

FLORIANO, E. P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; FLEIG, F. D. Análise econômica da produção de *Pinus elliottii* na serra do sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 393-406, out./dez. 2009. DOI: 10.5902/19805098895. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-50982009000400393&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 21 fev. 2019.

FOLTA, T. B.; JOHNSON, D. R.; O'BRIEN, J. Uncertainty, irreversibility, and the likelihood of entry: an empirical assessment of the option to defer. **Journal of Economic Behavior & Organization**, Amsterdam, v. 61, n. 3, p. 432-452, Nov. 2006. DOI: 10.1016/j.jebo.2004.11.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167268105001848>. Acesso em: 19 dez. 2018.

FONSECA, M. N.; PAMPLONA, E. O.; VALERIO, V. E. M.; AQUILA, G.; ROCHA, L. C. S.; ROTELA JUNIOR, P. Oil price volatility: a real option valuation approach in an African oil field. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, Amsterdam, v. 150, p. 297-304, Feb. 2017. DOI: 10.1016/j.petrol.2016.12.024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920410516313419>. Acesso em: 11 set. 2019.

FORD, D. N.; LANDER, D. M. Real option perceptions among project managers. **Risk Management**, London, v. 13, n. 3, p. 122-146, July 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41289350>. Acesso em: 08 dez. 2018.

FORTUNATO, G. X.; MOTTA, L. F. J.; RUSSO, G. Custo de capital próprio em mercados emergentes: uma abordagem empírica no Brasil com o *downside risk*. **Revista de Administração Mackenzie**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 92-116, jan./fev. 2010. DOI: 10.1590/S1678-69712010000100005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-69712010000100005&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 29 ago. 2018.

FRANCISCHETTI, C. E.; GALEANO, R.; PRADO, E. V.; BERTASSI, A. L. Modelos financeiros para decisão de investimentos na gestão estratégica de marketing. **Revista Caderno Profissional de Marketing - UNIMEP**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 23-36, nov. 2013. Disponível em: <https://www.cadernomarketingunimep.com.br/ojs/index.php/cadprofmkt/article/download/9/17>. Acesso em: 07 ago. 2018.

FRANCISCHETTI, C. E.; MACHADO, L. A.; SANTOS, N. C.; PIRES, S. R. I. O uso das opções reais na gestão de projetos: uma análise para aquisição de investimento em um novo equipamento. **Caderno Profissional de Administração - UNIMEP**, Piracicaba, v. 4, n. 1, p. 1-15, jan./jun. 2014. Disponível em: <http://www.cadtecempa.com.br/ojs/index.php/httpwwwcadtecmpacombrojsindexphp/article/view/23>. Acesso em: 17 ago. 2018.

FRANK, M. Z.; SHEN, T. Investment and the weighted average cost of capital. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 119, n. 2, p. 300-315, Feb. 2016. DOI: 10.1016/j.jfineco.2015.09.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X15001683?via%3Dihub>. Acesso em: 08 dez. 2018.

FRANZEN, S.; MADLENER, R. Optimal expansion of a hydrogen storage system for wind power (H2-WESS): a real options analysis. **Energy Procedia**, Amsterdam, v. 105, p. 3816-3823, May 2017. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.891. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217309906>. Acesso em: 03 jan. 2019.

GAJEK, L.; KUCIŃSKI, Ł. Complete discounted cash flow valuation. **Insurance: Mathematics and Economics**, Amsterdam, v. 73, p. 1-19, Mar. 2017. DOI: 10.1016/j.insmatheco.2016.12.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167668715303279?via%3Dihub>. Acesso em: 09 nov. 2018.

GALAGEDERA, D. U. A. A review of capital asset pricing models. **Managerial Finance**, Bradford, v. 33, n. 10, p. 821-832, 2007. DOI: 10.1108/03074350710779269. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/03074350710779269>. Acesso em: 05 nov. 2018.

GALDI, F. C.; TEIXEIRA, A. J. C.; LOPES, A. B. Análise empírica de modelos de *valuation* no ambiente brasileiro: fluxo de caixa descontado versus modelo de Ohlson (RIV). **Revista Contabilidade e Finanças**, São Paulo, v. 19, n. 47, p. 31-43,

maio/ago. 2008. DOI: 10.1590/S1519-70772008000200004. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rcf/article/view/34259>. Acesso em: 03 out. 2018.

GARTNER, I. R.; GARCIA, F. G. Criação de valor e estratégia de operações: um estudo do setor químico e petroquímico brasileiro. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 459-468, set./dez. 2005. DOI: 10.1590/S0104-530X2005000300014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2005000300014&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 01 out. 2018.

GERASIMOU, G. Indecisiveness, undesirability and overload revealed through rational choice deferral. **The Economic Journal**, Oxford, v. 128, n. 614, p. 2450-2479, Sept. 2017. DOI: 10.1111/econj.12500. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/econj.12500>. Acesso em: 26 dez. 2018.

GHANDEHARI, M. A. M.; RANJBAR, M. European option pricing of fractional Black-Scholes model with new Lagrange multipliers. **Computational Methods for Differential Equations**, v. 2, n. 1, p. 1-10, Winter 2014. Disponível em: https://cmde.tabrizu.ac.ir/article_1118.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

GIRMA, H. M.; HASSAN, R. M.; HERTZLER, G. Forest conservation versus conversion under uncertain market and environmental forest benefits in Ethiopia: the case of Sheka forest. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 21, p. 101-107, Aug. 2012. DOI: 10.1016/j.forpol.2012.01.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934112000032>. Acesso em: 21 nov. 2019.

GOLUB, A. A.; LUBOWSKI, R. N.; PIRIS-CABEZAS, P. Business responses to climate policy uncertainty: Theoretical analysis of a twin deferral strategy and the risk-adjusted price of carbon. **Energy**, Oxford, v. 205, Aug. 2020. DOI: 10.1016/j.energy.2020.117996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220311038?via%3Diuhub#!>. Acesso em: 22 jun. 2019.

GONÇALVES JUNIOR, W.; ROCHMAN, R. R.; EID JUNIOR, W.; CHALELA, L. R. Estimando o Prêmio de Mercado Brasileiro. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 15, n. 5, p. 931-954, set./out. 2011. DOI: 10.1590/S1415-65552011000500009. Disponível em: <https://rac.anpad.org.br/index.php/rac/article/view/889>. Acesso em: 23 ago. 2018.

GONÇALVES, E. D. L.; FERREIRA, L. L. Flexibilidade na utilização de Diesel ou Biodiesel: uma abordagem via Opções Reais. **Brazilian Business Review**, Vitória, v. 5, n. 3, p. 229-243, set./dez. 2008. ID 123012563004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=123012563004>. Acesso em: 16 ago. 2019.

GONZÁLEZ-ECHEVERRI, G.; MORA-VALENCIA, A.; GREGORIO SOLANO, J. Opciones reales aplicadas en redes integradas de servicios de salud empleando diferentes métodos de estimación de la volatilidad. **Estudios Gerenciales**, Santiago de Cali, v. 31, n. 136, p. 287-298, jul./sept. 2015. DOI: 10.1016/j.estger.2015.03.004. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592315000285>. Acesso em: 19 jul 2019.

GRAHAM, J. R.; HARVEY, C. R. The theory and practice of corporate finance: evidence from the field. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 60, n. 2-3, p. 187-243, May 2001. DOI: 10.1016/S0304-405X(01)00044-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X01000447>. Acesso em: 20 nov. 2018.

GRAUER, R. R; JANMAAT, J. A. Cross-sectional tests of the CAPM and Fama–French three-factor model. **Journal of Banking & Finance**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 457-470, Feb. 2010. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2009.08.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426609002076?via%3Dihub>. Acesso em: 03 nov. 2018.

GUERMAT, C. Yes, the CAPM is testable. **Journal of Banking & Finance**, Amsterdam, v. 46, p. 31-42, Sept. 2014. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2014.05.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426614001629?via%3Dihub>. Acesso em: 30 out. 2018.

GUJ, P. A practical methodology to optimise marginal mineral deposits using switching real options. **Ore Geology Reviews**, Amsterdam, v. 78, p. 336-345, Oct. 2016. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.04.016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016913681630021X>. Acesso em: 18 nov. 2019.

GUJ, P.; CHANDRA, A. Comparing different real option valuation approaches as applied to a copper mine. **Resources Policy**, Guildford, v. 61, p. 180-189, June 2019. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.01.020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420718303702>. Acesso em: 30 ago. 2019.

GUO, K.; ZHANG, L. Guarantee optimization in energy performance contracting with real option analysis. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 258, June 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120908. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620309550?via%3Dihub#!>. Acesso em: 22 jun. 2019.

GUO, K.; ZHANG, L.; WANG, T. Optimal scheme in energy performance contracting under uncertainty: A real option perspective. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 231, p. 240-253, Sep. 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.218. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619317524>. Acesso em: 02 nov. 2019.

GUPTA, Y. P; GOYAL, S. Flexibility of manufacturing systems: concepts and measurements. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 43, n. 2, p. 119-135, Nov. 1989. DOI: 10.1016/0377-2217. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221789902063>. Acesso em: 16 dez. 2018.

GUTHRIE, G. Regulated prices and real options. **Telecommunications Policy**, Oxford, v. 36, n. 8, p. 650-663, Sept. 2012. DOI: 10.1016/j.telpol.2012.04.013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308596112000754?via%3Dihub>. Acesso em: 06 out. 2018.

HANAFIZADEH, P.; LATIF V. Robust net present value. **Mathematical and Computer Modelling**, Oxford, v. 54, n. 1-2, p. 233-242, July 2011. DOI: 10.1016/j.mcm.2011.02.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717711000951?via%3Dihub>. Acesso em: 26 out. 2018.

HAQUE, M. A.; TOPAL, E.; LILFORD, E. A numerical study for a mining project using real options valuation under commodity price uncertainty. **Resources Policy**, Guildford, v. 39, p. 115-123, Mar. 2014. DOI: 10.1016/j.resourpol.2013.12.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420713001220#!>. Acesso em: 15 out. 2019.

HARDAKER, A. Is forestry really more profitable than upland farming? A historic and present day farm level economic comparison of upland sheep farming and forestry in the UK. **Land Use Policy**, Oxford, v. 71, p. 98-120, Feb. 2018. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.11.032. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837717308098>. Acesso em: 10 maio 2020.

HE, J.; ALAVIFARD, F.; IVANOV, D.; JAHANI, H. A real-option approach to mitigate disruption risk in the supply chain. **Omega**, Oxford, v. 88, p. 133-149, Oct. 2019. DOI: 10.1016/j.omega.2018.08.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048317311957>. Acesso em: 02 nov. 2019.

HENAO, A.; SAUMA, E.; REYES, T.; GONZALEZ, A. What is the value of the option to defer an investment in transmission expansion planning? An estimation using real options. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 65, p. 194-207, June 2017. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.05.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098831730141X?via%3Dihub>. Acesso em: 03 nov. 2018.

HERATH, H. S. B.; PARK, C. S. Multi-stage capital investment opportunities as compound real options. **The Engineering Economist**, Norcross, v. 47, n. 1, p. 1-27, 2002. DOI: 10.1080/00137910208965021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00137910208965021>. Acesso em: 29 nov. 2019.

HESTON, S.; ZHOU, G. On the rate of convergence of discrete-time contingent claims. **Mathematical Finance**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 53-75, Jan. 2000. DOI:

10.1111/1467-9965.00080. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1467-9965.00080>. Acesso em: 19 ago. 2019.

HO, S. H.; LIAO, S. H. A fuzzy real option approach for investment project valuation. **Expert Systems with Applications**, New York, v. 38, n. 12, p. 15296-15302, Nov./Dec. 2011. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.06.010. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417411009055#!>. Acesso em: 10 maio 2019.

HOJI, M. **Administração financeira e orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 608 p.

HOLOPAINEN, M.; MÄKINEN, A.; RASINMÄKI, J.; HYYTIÄINEN, K.; BAYAZIDI, S.; VASTARANTA, M.; PIETILÄ, I. Uncertainty in forest net present value estimations. **Forests**, Basel, v. 1, n. 3, p. 177-193, 2010. DOI: 10.3390/f1030177. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/1999-4907/1/3/177>. Acesso em: 22 fev. 2019.

HU, Q.; ZHANG, A. Real option analysis of aircraft acquisition: a case study. **Journal of Air Transport Management**, Oxford, v. 46, p. 19-29, July 2015. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2015.03.010. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699715000381>. Acesso em: 31 ago. 2019.

HUBBARD, R. G. Investment Under Uncertainty: Keeping One's Options Open. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 32, n. 4, p. 1816-1831, Dec. 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2728795>. Acesso em: 26 dez. 2018.

HUCHZERMEIER, A.; LOCH, C. H. Project management under risk: using the real options approach to evaluate flexibility in R&D. **Management Science**, Providence, v. 47, n. 1, p. 85-101, Jan. 2001. DOI: 10.1287/mnsc.47.1.85.10661. Disponível em:
https://www.jstor.org/stable/2661561?seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 29 nov. 2018.

HULL, J. C. **Options, futures, and other derivatives**. 7. ed. New Jersey: Pearson, 2008. 814 p. ISBN 978-0-13-500994-9

HUR, S. K.; CHUNG, C. Y. Revisiting CAPM betas in an incomplete market: Evidence from the Korean stock market. **Finance Research Letters**, Maryland Heights, v. 21, p. 241-248, May 2017. DOI: 10.1016/j.frl.2016.12.018. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1544612316304123>. Acesso em: 11 nov. 2018.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual IBÁ 2019**. São Paulo, 2019. 80 p. Disponível em: <https://iba.org/publicacoes/relatorios>. Acesso em: 01 jul. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração Vegetal e da Silvicultura**. São Paulo, 2018. 8 p. Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf. Acesso em: 01 jul. 2020.

INSLEY, M. A Real Options approach to the valuation of a forestry investment. **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v. 44, n. 3, p. 471-492, Nov. 2002. DOI: 10.1006/jeem.2001.1209. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0095069601912094>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IOULIANOU, S.; TRIGEORGIS, L.; DRIOUCHI, T. Multinationality and firm value: the role of real options awareness. **Journal of Corporate Finance**, Amsterdam, v. 46, p. 77-96, Oct. 2017. DOI: 10.1016/j.jcorpfin.2017.06.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929119917303905?via%3Dihub>. Acesso em: 23 dez. 2018.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEA data. Emerging markets bond index + risco Brasil (EMBI+ RB). 2019. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=40940&module=M>. Acesso em: 31 dez. 2019.

IPSMILLER, E.; BROUTHERS, K. D.; DIKOVA, D. 25 Years of real option empirical research in management. **European Management Review**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 55-68, Aug. 2018. DOI: 10.1111/emre.12324. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/emre.12324?af=R>. Acesso em: 15 ago. 2019.

JAGANNATHAN, R.; MEIER, I. Do We Need CAPM for Capital Budgeting? **Financial Management**, Tampa, v. 31, n. 4, p. 55-77, Winter 2002. DOI: 10.2307/3666174. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3666174>. Acesso em: 04 out. 2018.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. **Economics Letters**, London, v. 6, n. 3, p. 255-259, 1980. DOI: 10.1016/0165-1765(80)90024-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0165176580900245>. Acesso em: 15 jan. 2019.

JØRGENSEN, T.; WALLACE, S. W. Improving project cost estimation by taking into account managerial flexibility. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 127, n. 2, p. 239-251, Dec. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221799004841>. Acesso em: 05 dez. 2018.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/3142>. Acesso em: 26 jan. 2019.

KAACYIRE, A. D.; NANANG, D. M. Application of real options theory to forestry investment analysis. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 6, n. 6, p. 539-552, Oct. 2004. DOI: 10.1016/S1389-9341(03)00003-0. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934103000030>. Acesso em: 12 nov. 2019.

KELLY, S. A binomial lattice approach for valuing a mining property IPO. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 693-709, 1998. DOI: 10.1016/S1062-9769(99)80097-0. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1062976999800970>. Acesso em: 29 nov. 2019.

KIM, K. H.; KIM, T. Capital asset pricing model: A time-varying volatility approach. **Journal of Empirical Finance**, Amsterdam, v. 37, p. 268-281, June 2016. DOI: 10.1016/j.jempfin.2016.01.014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927539816300032?via%3Dihub>. Acesso em: 15 ago. 2018.

KIM, K.; PARK, H.; KIM, H. Real options analysis for renewable energy investment decisions in developing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 75, p. 918-926, Aug. 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.073. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116307493?via%3Dihub>. Acesso em: 05 ago. 2018.

KIM, Y. S.; STOYANOV, S.; RACHEV, S.; FABOZZI, F. J. Enhancing binomial and trinomial equity option pricing models. **Finance Research Letters**, Maryland Heights, v. 28, p. 185-190, Mar. 2019. DOI: 10.1016/j.frl.2018.04.022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1544612317307572>. Acesso em: 20 ago. 2019.

KLEBANER, F. C. **Introduction to stochastic calculus with applications**. 2. ed. London: Imperial College Press, 2005. 416 p. ISBN 1-86094-555-4

KODUKULA, P.; PAPUDESU, C. **Project valuation using real options: a practitioner's guide**. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing, 2006. 256 p.

KOGUT, B. Joint ventures and the option to expand and acquire. **Management Science**, Providence, v. 37, n. 1, p. 19-33, Jan. 1991. DOI: 10.1287/mnsc.37.1.19. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/inmormnsc/v_3a37_3ay_3a1991_3ai_3a1_3ap_3a19-33.htm. Acesso em: 31 dez. 2018.

KOUSSIS, N.; MARTZOUKOS, S. H.; TRIGEORGIS, L. Multi-stage product development with exploration, value-enhancing, preemptive and innovation options. **Journal of Banking & Finance**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 174-190, Jan. 2013. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2012.08.020. Disponível em: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426612002579](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426612002579). Acesso em: 07 ago. 2019.

KOZLOVA, M. Real option valuation in renewable energy literature: Research focus, trends and design. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 80, p.

180-196, Dec. 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.166. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117307669?via%3Dihub>. Acesso em: 03 jan. 2019.

KRUSCHWITZ, L.; LÖFFLER, A. **Discounted cash flow**: a theory of the valuation of firms. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. 178 p. ISBN-13: 978-0-470-87044-0

KULAKOV, N. Y.; KULAKOVA, A. N. Evaluation of Nonconventional Projects. **The Engineering Economist**, Norcross, v. 58, n. 2, p. 137-148, May 2013. DOI: 10.1080/0013791X.2012.763079. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0013791X.2012.763079>. Acesso em: 13 maio 2020.

KULATILAKA, N.; PEROTTI, E. C. Strategic Growth Options. **Management Science**, Providence, v. 44, n. 8, p. 1021-1031, Aug. 1998. DOI: 10.1287/mnsc.44.8.1021. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/mnsc.44.8.1021>. Acesso em: 03 jan. 2019.

KUMAR, M. V. S. The value from acquiring and divesting a joint venture: a real options approach. **Strategic Management Journal**, Hoboken, v. 26, n. 4, p. 321-331, Mar. 2005. DOI: 10.1002/smj.449. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.449>. Acesso em: 02 ago. 2019.

KUMAR, R. **Valuation**: Theories and concepts. Elsevier, 2016. 514 p. ISBN: 9780128023037

KUMAR, S.; KUMAR, D.; SINGH, J. Numerical computation of fractional Black–Scholes equation arising in financial market. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, Abingdon, v. 1, n. 3-4, p. 177-183, 2014. DOI: 10.1016/j.ejbas.2014.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314808X14000438#!>. Acesso em: 25 nov. 2019.

KUMBAROĞLU, G.; MADLENER, R.; DEMIREL, M. A real options evaluation model for the diffusion prospects of new renewable power generation technologies. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 30, n. 4, p. 1882-1908, July 2008. DOI: 10.1016/j.eneco.2006.10.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988306001241?via%3Dihub>. Acesso em: 05 jan. 2019.

LAMBRECHT, B. M. Real options in finance. **Journal of Banking & Finance**, Amsterdam, v. 81, p. 166-171, Aug. 2017. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2017.03.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426617300560?via%3Dihub>. Acesso em: 28 dez. 2018.

LANDER, D. M; PINCHES, G. E. Challenges to the practical implementation of modeling and valuing real options. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, Amsterdam, v. 38, n. 2, p. 537-567, 1998. DOI: 10.1016/S1062-9769(99)80089-1. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1062976999800891>. Acesso em: 05 jan. 2019.

LARRABEE, D. T.; VOSS, J. A. **Valuation techniques**: discounted cash flow, earnings quality, measures of value added, and real options. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. 624 p. ISBN: 978-1-118-39743-5

LEE, C. H.; FINNERTY, J. E.; WORT, D. H. Capital Asset Pricing Model and Beta Forecasting. *In*: LEE, C. F.; LEE, A. C.; LEE, J. (eds.). **Handbook of Quantitative Finance and Risk Management**. Boston: Springer, 2010. p. 93-109. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-77117-5_6. Acesso em: 10 abr. 2018.

LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, Bloomington, v. 58, n. 4, p. 431-440, July/Aug. 2015. DOI: 10.1016/j.bushor.2015.03.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681315000373?via%3Dihub>. Acesso em: 21 ago. 2018.

LI, Y.; WU, M.; LI, Z. A real options analysis for renewable energy investment decisions under China carbon trading market. **Energies**, Basel, v. 11, n. 7, p. 1-10, July 2018. DOI: 10.3390/en11071817. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/7/1817/htm>. Acesso em: 29 set. 2019.

LIANG, M.; WU, B. Brownian cuboid and its geometric characteristics. **Applied Mathematics and Computation**, New York, v. 358, p. 278-286, Oct. 2019. DOI: 10.1016/j.amc.2019.04.041. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0096300319303297>. Acesso em: 01 set. 2019.

LILFORD, E.; MAYBEE, B.; PACKKEY, D. Cost of capital and discount rates in cash flow valuations for resources projects. **Resources Policy**, Guildford, v. 59, p. 525-531, Dec. 2018. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.09.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030142071830374X?via%3Dihub>. Acesso em: 15 dez. 2018.

LIMA, G. A. C.; SUSLICK, S. B. Estimating the volatility of mining projects considering price and operating cost uncertainties. **Resources Policy**, Guildford, v. 31, n. 2, p. 86-94, June 2006a. DOI: 10.1016/j.resourpol.2006.07.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420706000286>. Acesso em: 19 nov. 2019.

LIMA, G. A. C.; SUSLICK, S. B. Estimativa da volatilidade de projetos de bens minerais. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59, n. 1, p. 37-46, jan./mar. 2006b. DOI: 10.1590/S0370-44672006000100006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672006000100006. Acesso em: 03 set. 2019.

LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. **The Review of Economics and Statistics**, Cambridge, v. 47, n. 1, p. 13-37, Feb. 1965. DOI: 10.2307/1924119. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1924119>. Acesso em: 18 set. 2018.

LIU, X.; RONN, E. I. Using the binomial model for the valuation of real options in computing optimal subsidies for Chinese renewable energy investments. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 87, Mar. 2020. DOI: 10.1016/j.eneco.2020.104692. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988320300311?via%3Dihub#!>. Acesso em: 10 maio 2019.

LIU, Y.; GOPIKRISHNAN, P.; CIZEAU, P.; MEYER, M.; PENG, C. K.; STANLEY, H. E. Statistical properties of the volatility of price fluctuations. **Physical Review E**, Melville, v. 60, n. 2, p. 1390-1400, Aug. 1999. DOI: 10.1103/PhysRevE.60.1390. Disponível em: <https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.60.1390>. Acesso em: 05 nov. 2019.

LONCAR, D.; MILOVANOVIC, I.; RAKIC, B.; RADJENOVIC, T. Compound real options valuation of renewable energy projects: the case of a wind farm in Serbia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 75, p. 354-367, Aug. 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116307602>. Acesso em: 23 jan. 2019.

LOUW, J. H.; SCHOLE, M. Forest site classification and evaluation: a South African perspective. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 171, n. 1-2, p. 153-168, Nov. 2002. DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00469-3. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112702004693#!>. Acesso em: 12 maio 2020.

LUEHRMAN, T. A. Strategy as a portfolio of real options. **Harvard Business Review**, Boston, p. 89-98, Sept./Oct. 1998. Disponível em: <https://hbr.org/1998/09/strategy-as-a-portfolio-of-real-options>. Acesso em: 26 dez. 2018.

LUNDGREN, T. Assessing the investment performance of Swedish timberland: a capital asset pricing model approach. **Land Economics**, Madison, v. 81, n. 3, p. 353-362, Aug. 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4129690>. Acesso em: 04 out. 2018.

MACKEVIČIUS, J.; TOMAŠEVIČ, V. Evaluation of investment projects in case of conflict between the international rate of return and the net present value methods. **Ekonomika**, Vilnius, v. 89, n. 4, p. 116-130, 2010. Disponível em: <http://www.journals.vu.lt/ekonomika/article/view/962/483>. Acesso em: 07 ago. 2018.

MADLENER, R.; STOVERINK, S. Power plant investments in the Turkish electricity sector: a real options approach taking into account market liberalization. **Applied Energy**, London, v. 97, p. 124-134, Sep. 2012. DOI: 10.1016/j.apenergy.2011.11.050. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261911007471>. Acesso em: 31 ago. 2019.

MAEDA, M.; WATTS, D. The unnoticed impact of long-term cost information on wind farms' economic value in the USA – a real option analysis. **Applied Energy**, London, v. 241, p. 540-547, May 2019. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.11.065. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918317719>. Acesso em: 04 set. 2019.

MAGNI, C. A.; MARCHIONI, A. Average rates of return, working capital, and NPV-consistency in project appraisal: A sensitivity analysis approach. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 229, Nov. 2020. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107769. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552732030150X>. Acesso em: 11 jun. 2020.

MAIER, S.; PFLUG, G. C.; POLAK, J. W. Valuing portfolios of interdependent real options under exogenous and endogenous uncertainties. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 285, n. 1, p. 133-147, Aug. 2020. DOI: 10.1016/j.ejor.2019.01.055. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221719300906>. Acesso em: 29 jan. 2020.

MAKROPOULOU, V. Decision tree analysis and real options: a reconciliation. **Managerial and Decision Economics**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 261-264, June 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23012462>. Acesso em: 10 dez. 2018.

MANDELBAUM, M.; BUZACOTT, J. Flexibility and decision making. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 17-27, Jan. 1990. DOI: 10.1016/0377-2217. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221790903108>. Acesso em: 02 dez. 2018.

MANFREDO, M. R; SHULTZ, C. J. Risk, trade, recovery, and the consideration of real options: the imperative coordination of policy, marketing, and finance in the wake of catastrophe. **Journal of Public Policy & Marketing**, Thousand Oaks, v. 26, n. 1, p. 33-48, Spring 2007. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/30000816>. Acesso em: 09 dez. 2018.

MANLEY, B.; NIQUIDET, K. What is the relevance of option pricing for forest valuation in New Zealand? **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 12, n. 4, p. 299-307, Apr. 2010. DOI: 10.1016/j.forpol.2009.11.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934109001907>. Acesso em: 20 out. 2019.

MANTEGNA, R. N.; STANLEY, H. E. **An introduction to econophysics: correlations and complexity in finance**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 164 p. ISBN 0-511-03994-8

MARATHE, R. R.; RYAN, S. M. On the validity of the geometric brownian motion assumption. **The Engineering Economist**, Norcross, v. 50, n. 2, p. 159-192, 2005. DOI: 10.1080/00137910590949904. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00137910590949904>. Acesso em: 29 nov. 2019.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria: Embrapa Pecuária Sul, 1996. 158 p. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=227166&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22MARCHIORI,%20J.%20N.%20C.%22&qFacets=autoria:%22MARCHIORI,%20J.%20N.%20C.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 25 jan. 2019.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, New York, v. 7, n. 1, p. 77-91, March. 1952. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>. Acesso em: 13 out. 2018.

MARTÍNEZ-CESEÑA, E. A.; MUTALE, J. Application of an advanced real options approach for renewable energy generation projects planning. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 15, n. 4, p. 2087-2094, May 2011. DOI: 10.1016/j.rser.2011.01.016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111000402?via%3Dihub>. Acesso em: 14 out. 2018.

MARTINS, H. H.; GIMENES, R. M. T. Avaliação de pequenas empresas utilizando a metodologia do balanço perguntado e do fluxo de caixa descontado. **Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR**, Umuarama, v. 16, n. 1, p. 131-150, jan/jun. 2015. DOI: 10.25110/receu.v16i1.5656. Disponível em: <http://revistas.unipar.br/index.php/empresarial/article/view/5656>. Acesso em: 13 out. 2018.

MATIAS, M. A.; SILVA, C. A. T.; VIEIRA, L.. Análise de padrões de comportamento de preços com fins de projeção de receita: testes estatísticos em uma série temporal de preços da *commodity* cobre. **Brazilian Business Review**, Vitória, v. 2, n. 2, p. 113-130, jul./dez. 2005. ID 20544. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/20544/analise-de-padroes-de-comportamento-de-precos-com-fins-de-projecao-de-receita--testes-estatisticos-em-uma-serie-temporal-de-precos-da-commodity-cobre>. Acesso em: 02 set. 2019.

MCDONALD, R. L. The role of real options in capital budgeting: theory and practice. **Journal of Applied Corporate Finance**, Malden, v. 18, n. 2, p. 28-39, Spring 2006. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2006.00085.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-6622.2006.00085.x>. Acesso em: 16 dez. 2018.

MEADE, N. Oil prices — Brownian motion or mean reversion? A study using a one year ahead density forecast criterion. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 32, n. 6, p. 1485-1498, Nov. 2010. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.07.010. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988310001192>. Acesso em: 26 set. 2019.

MENDES, J. T. G.; PADILHA JUNIOR, J. B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 384 p. ISBN 978-85-7605-144-2

MERTON, R. C. Theory of rational option pricing. **The Bell Journal of Economics and Management Science**, New York, v. 4, n. 1, p. 141-183, Spring 1973. DOI: 10.2307/3003143. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3003143>. Acesso em: 06 jan. 2019.

MILLER, K. D.; ARIKAN, A. T. Technology search investments: evolutionary, option reasoning, and option pricing approaches. **Strategic Management Journal**, Hoboken, v. 25, n. 5, p. 473-485, May 2004. DOI: 10.1002/smj.392. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.392>. Acesso em: 23 dez. 2018.

MILLER, L. T.; PARK, C. S. Decision making under uncertainty—real options to the rescue?. **The Engineering Economist**, Norcross, v. 47, n. 2, p. 105-150, 2002. DOI: 10.1080/00137910208965029. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00137910208965029>. Acesso em: 08 jan. 2019.

MINARDI, A. M. A. F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 74-79, abr./jun. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v40n2/v40n2a08>. Acesso em: 05 dez. 2018.

MINTAH, K.; HIGGINS, D.; CALLANAN, J.; WAKEFIELD, R. Staging option application to residential development: real options approach. **International Journal of Housing Markets and Analysis**, Bingley, v. 11, n. 1, p. 101-116, Feb. 2018. DOI: 10.1108/IJHMA-02-2017-0022. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJHMA-02-2017-0022/full/html>. Acesso em: 01 ago. 2019.

MIRANDA, O.; BRANDÃO, L. E.; LAZO, J. L. A dynamic model for valuing flexible mining exploration projects under uncertainty. **Resources Policy**, Guildford, v. 52, p. 393-404, June 2017. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.04.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420716301945>. Acesso em: 01 nov. 2019.

MISSIO, A. L.; CADEMARTORI, P. H. G.; MATTOS, B. D.; WEILER, M.; GATTO, D. A. Propriedades mecânicas da madeira resinada de *Pinus elliottii*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1432-1438, ago. 2015. DOI: 10.1590/0103-8478cr20130475. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782015000801432&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 21 fev. 2019.

MONJAS-BARROSO, M.; BALIBREA-INIESTA, J. Valuation of projects for power generation with renewable energy: a comparative study based on real regulatory

options. **Energy Policy**, London, v. 55, p. 335-352, Apr. 2013. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.12.019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512010646?via%3Dihub>. Acesso em: 23 jan. 2019.

MONTE, P. A.; ARAÚJO NETO, P. L.; RÊGO, T. F. Avaliação de empresas pelo Método do Fluxo de Caixa Descontado: o caso da Aracruz Celulose S/A. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 1, n. 11, p. 37-58, jan/jun. 2009. DOI: 10.5007/2175-8069.2009v6n11p37. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2009v6n11p37>. Acesso em: 27 out. 2018.

MONTEIRO, A. M.; TÜTÜNCÜ, R. H. VICENTE, L. N. Recovering risk-neutral probability density functions from options prices using cubic splines and ensuring nonnegativity. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 187, n. 2, p. 525-542, June 2008. DOI: 10.1016/j.ejor.2007.02.041. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221707002871>. Acesso em: 03 jan 2020.

MOODY'S RATING. Country default spreads. 2019. Disponível em: <https://www.moodys.com/credit-ratings/Brazil-Government-of-credit-rating-114650>. Acesso em: 31 dez. 2019.

MOORE, D. J. A look at the actual cost of capital of US firms. **Cogent Economics & Finance**, Abingdon, v. 4, n. 1, p. 1-15, Aug. 2016. DOI: 10.1080/23322039.2016.1233628. Disponível em: <https://www.cogentoa.com/article/10.1080/23322039.2016.1233628>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MORARD, B.; BALU, F. O. Developing a practical model for calculating the economic value added. **Economic computation and economic cybernetics studies and research**, Bucareste, v. 3, n. 3, p. 1-16, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237758533_Developing_a_practical_model_for_calculating_the_economic_value_added. Acesso em: 05 nov. 2018.

MOREIRA, R. A.; LOCATELLI, R. L.; AFONSO, T. Avaliação e gestão econômico-financeira de projetos: um estudo aplicado ao setor metalúrgico. **Revista de Gestão e Projetos**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 28-43, set./dez. 2015. DOI: 10.5585/gep.v6i3.371. Disponível em: <http://periodicos.uninove.br/index.php?journal=gep&page=article&op=view&path%5B%5D=9626>. Acesso em: 01 out. 2018.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos**: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas, 2011. 392 p.

MUN, J. **Real options analysis**: tools and techniques for valuing strategic investments and decisions. Hoboken: John Wiley & Sons, 2002. 386 p. ISBN 0-471-25696-X

MUN, J. **Real options analysis: tools and techniques for valuing strategic investments and decisions**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. 667 p.

MYERS, S. C. Determinants of corporate borrowing. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 5, n. 2, p. 147-175, Nov. 1977. DOI: 10.1016/0304-405X(77)90015-0. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304405X77900150>. Acesso em: 02 jan. 2019.

NARDELLI, P. M.; MACEDO, M. A. S. Análise de um projeto agroindustrial utilizando a teoria de opções reais: a opção de adiamento. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 49, n. 4, p. 941-966, out./dez. 2011. DOI: 10.1590/S0103-20032011000400006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032011000400006. Acesso em: 17 ago. 2018.

NAVARRETE, E. Modeling optimal pine stands harvest under stochastic wood stock and price in Chile. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 15, p. 54-59, Feb. 2012. DOI: 10.1016/j.forpol.2011.09.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934111001602>. Acesso em: 26 out. 2019.

NEELY III, J. E.; NEUFVILLE, R. Hybrid real options valuation of risky product development projects. **International Journal of Technology, Policy and Management**, Olney, v. 1, n. 1, p. 29-46, Dec. 2001. DOI: 10.1504/IJTPM.2001.001743. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264818171_Hybrid_real_options_valuation_of_risky_product_development_projects. Acesso em: 12 dez. 2019.

NERVIS, J. J.; CREPALDI, A. F. Estudo e análise estatística no mercado de ações brasileiro. **Revista de Economia e Administração**, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 304-320, jul./set. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/134955>. Acesso em: 10 dez. 2019.

NHLEKO, A. S.; MUSINGWINI, C. Estimating cost of equity in project discount rates: comparison of the Capital Asset Pricing Model and Gordon's Wealth Growth Model. **The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, Johannesburg, v. 116, n. 3, p. 215-220, Mar. 2016. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n3a1. Disponível em: <http://wiredspace.wits.ac.za/jspui/handle/10539/22066?mode=simple>. Acesso em: 03 ago. 2018.

NIELSEN, L. T. Understanding N(d1) and N(d2): Risk-Adjusted Probabilities in the Black-Scholes Model. **Finance**, Paris, v. 14, p. 95-106, 1992. Disponível em: <https://www.econbiz.de/Record/understanding-n-d1-and-n-d2-risk-adjusted-probabilities-in-the-black-scholes-model-nielsen-lars-tyge/10000853371>. Acesso em: 21 nov. 2019.

ODENING, M.; MUßHOFF, O.; BALMANN, A. Investment decisions in hog finishing: an application of the real options approach. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 47-60, Jan. 2005. DOI: 10.1111/j.0169-5150.2005.00004.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.0169-5150.2005.00004.x>. Acesso em: 22 dez. 2018.

ODETAYO, B.; MACCORMACK, J.; ROSEHART, W. D.; ZAREIPOUR, H. A real option assessment of flexibilities in the integrated planning of natural gas distribution network and distributed natural gas-fired power generations. **Energy**, Oxford, v. 143, n. 15, p. 257-272, Jan. 2018. DOI: 10.1016/j.energy.2017.10.114. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217318200>. Acesso em: 23 ago. 2019.

OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, M. T. S.; SILVA, J. P.; DINIZ, C. C. C.; DREYER, T. C. Análise de rentabilidade e risco de investimentos, com ênfase em reflorestamentos da região sul do Brasil: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 2776-2791, jan. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n1-199. Disponível em: <http://www.brjd.com.br/index.php/BRJD/article/view/6187>. Acesso em: 22 fev. 2019.

OLIVEIRA, G. T. G.; WALKER, A. J.; ARAÚJO NETO, L. M.; MALUF, Y. S. Beta contábil versus beta de mercado: um estudo aplicado a empresas com bons níveis de governança corporativa. **Qualit@s Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2013. Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/1494/912>. Acesso em: 08 ago. 2018.

OLIVEIRA, R. J.; PAMPLONA, E. O. A volatilidade de projetos industriais para uso em análise de risco de investimentos. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 337-345, abr./jun. 2012. DOI: 10.1590/S0104-530X2012000200008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2012000200008&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 10 set. 2019.

OLSSON, O.; HILLRING, B.; VINTERBÄCK, J. European wood pellet market integration – a study of the residential sector. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 153-160, Jan. 2011. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.08.020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410002771>. Acesso em: 02 jan. 2019.

OSSENBRUGGEN, P. J.; LAFLAMME, E. M. Explaining freeway breakdown with geometric brownian motion model. **Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems**, Reston, v. 145, n. 9, p. 1-9, Sep. 2019. DOI: 10.1061/JTEPBS.0000255. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/JTEPBS.0000255>. Acesso em: 02 set. 2019.

OYADOMARI, J. C. T.; AFONSO, P. S. L. P.; DULTRA-DE-LIMA, R. G.; MENDONÇA NETO, O. R.; RIGHETTI, M. C. G. Flexible budgeting influence on organizational inertia and flexibility. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Bingley, v. 67, n. 9, p. 1640-1656, July 2018.

Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/IJPPM-06-2017-0153>. Acesso em: 07 dez. 2018.

OZORIO, L. M.; BASTIAN-PINTO, C. L.; BAIDYA, T. K. N.; BRANDÃO, L. E. T. Investment decision in integrated steel plants under uncertainty. **International Review of Financial Analysis**, Amsterdam, v. 27, p. 55-64, Apr. 2013. DOI: 10.1016/j.irfa.2012.06.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1057521912000567>. Acesso em: 21 set. 2019.

PADHY, R. K.; SAHU, S. A Real option based six sigma project evaluation and selection model. **International Journal of Project Management**, Guildford, v. 29, n. 8, p. 1091-1102, Dec. 2011. DOI: 10.1016/j.ijproman.2011.01.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786311000202?via%3Dihub>. Acesso em: 06 jan. 2019.

PADOVEZE, C. L. **Planejamento orçamentário**. 3. ed. São Paulo: Thomson, 2015. 303 p. ISBN 8522123942

PALISADE CORPORATION. **@Risk**. Versão 8.0.0 Ithaca, 2020. Disponível em: <https://www.palisade-br.com/>

PARK, T.; KIM, C.; KIM, H. Valuation of drainage infrastructure improvement under climate change using real options. **Water Resources Management**, Dordrecht, v. 28, n. 2, p. 445-457, 2014. DOI: 10.1007/s11269-013-0492-z. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-013-0492-z>. Acesso em: 21 nov. 2019.

PAYN, T.; CARNUS, J. M.; FREER-SMITH, P.; KIMBERLEY, M.; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L. N.; WINGFIELD, M. J. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 352, p. 57-67, Setp. 2015. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.06.021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715003473>. Acesso em: 10 fev. 2019.

PERERA, L. C. J. Quantificação e precificação de risco de crédito através do modelo de opções. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 42-55, set. 1997. DOI: 10.1590/S0034-75901997000300006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901997000300006. Acesso em: 09 nov. 2019.

PEROLD, A. F. The Capital Asset Pricing Model. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 18, n. 3, p. 3-24, Summer 2004. DOI: 10.1257/0895330042162340. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/0895330042162340>. Acesso em: 30 out. 2018.

PETERS, L. **Real options illustrated**. Heidelberg: Springer, 2016. 120 p. ISBN 978-3-319-28309-8

PEZZUTTI, R. V.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Estudo e modelagem do crescimento em diâmetro de povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a podas e desbastes na Argentina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1225-1237, out./dez. 2016. DOI: 10.5902/1980509825113. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982016000401225&lang=pt. Acesso em: 26 jan. 2019.

PICCOLI, P. G. R.; SOUZA, A.; SILVA, W. V.; CRUZ, J. A. W. Revisitando as estratégias de momento: o mercado brasileiro é realmente uma exceção? **Revista de Administração**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 183-195, abr/maio/jun. 2015. DOI: 10.5700/rausp1193. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0080-21072015000200183&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 06 out. 2018.

PINDYCK, R. S. Volatility and commodity price dynamics. **Journal of Futures Markets**, New York, v. 24, n. 11, p. 1029-1047, Nov. 2004. DOI: 10.1002/fut.20120. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Volatility-and-commodity-price-dynamics-Pindyck/0199f37fd3f68ad3bebdd23428aa64a5e007f13d>. Acesso em: 12 dez. 2019.

PLESS, J.; ARENT, D. J.; LOGAN, J.; COCHRAN, J.; ZINAMAN, O. Quantifying the value of investing in distributed natural gas and renewable electricity systems as complements: Applications of discounted cash flow and real options analysis with stochastic inputs. **Energy Policy**, London, v. 97, p. 378-390, Oct. 2016. DOI: 10.1016/j.enpol.2016.07.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516303548>. Acesso em: 05 set 2018.

POSTALI, F. A. S.; PICCHETTI, P. Geometric Brownian Motion and structural breaks in oil prices: a quantitative analysis. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 506-522, July 2006. DOI: 10.1016/j.eneco.2006.02.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988306000338>. Acesso em: 02 set. 2019.

PRINGLES, R.; OLSINA, F.; GARCÉS, F. Real option valuation of power transmission investments by stochastic simulation. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 47, p. 215-226, Jan. 2015. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.11.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988314002965?via%3Dihub>. Acesso em: 30 dez. 2018.

PŠUNDER, I. Use of discounted cash flow methods for evaluation of engineering projects. In: GÖKÇEK, M. (ed.). **Mechanical engineering**. Rijeka: InTech, 2012. 682 p. ISBN 978-953-51-0505-3

PŠUNDER, I.; CIRMAN, A. Discount rate when using methods based on discounted cash flow for the purpose of real estate investment analysis and valuation. **Geodetski Vestnik**, Ljubljana, v. 55, n. 3, p. 540-560, Jan. 2011. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2011.03.546-560. Disponível em:

<https://www.semanticscholar.org/paper/Discount-rate-in-methods-based-on-discounted-for-of-P%C5%A1under-Cirman/339df6e931b937bfeaba2c77ecd8a5650ca1abc6>. Acesso em: 16 jan. 2019.

PUCCINI, A. L. **Matemática financeira**: objetiva e aplicada. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2001. 437 p.

QUIMBAYO, C. A. Z.; VEGA, C. A. M.; MARQUES, N. L. Minimum revenue guarantees valuation in PPP projects under a mean reverting process. **Construction Management and Economics**, Abingdon, v. 37, n. 3, p. 121-138, Mar. 2019. DOI: 10.1080/01446193.2018.1500024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446193.2018.1500024?journalCode=rcme20>. Acesso em: 22 out. 2019.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **RStudio**: A language and environment for statistical computing. Versão 1.1.463. Vienna, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

RABERTO, M.; SCALAS, E.; CUNIBERTI, G.; RIANI, M. Volatility in the Italian stock market: an empirical study. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Amsterdam, v. 269, n. 1, p. 148-155, July 1999. DOI: 10.1016/S0378-4371(99)00089-8. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437199000898>. Acesso em: 03 dez. 2019.

RAIFUR, L.; SOUSA, A. F. A alavancagem financeira e os efeitos no beta: um estudo das empresas do setor de metalurgia e siderurgia listadas na Bovespa. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 6-26, jan./abr. 2011. DOI: 10.5380/rcc.v3i1.21489. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rcc/article/view/21489>. Acesso em: 11 ago. 2018.

RAMOS, A. L.; MAZZINGHY, D. B.; BARBOSA, V. S. B.; OLIVEIRA, M. M.; SILVA, G. R. Evaluation of an iron ore price forecast using a Geometric Brownian Motion model. **REM - International Engineering Journal**, Ouro Preto, v. 72, n. 1, p. 9-15, jan./mar. 2019. DOI: 10.1590/0370-4467201872014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-167X2019000200009&tlng=en. Acesso em: 13 set. 2019.

RAO, S. C. S.; MANISHA. Numerical solution of generalized Black–Scholes model. **Applied Mathematics and Computation**, New York, v. 321, p. 401-421, Mar. 2018. DOI: 10.1016/j.amc.2017.10.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096300317306938#!>. Acesso em: 28 nov. 2019.

RAY, S.; SAVIN, N. E.; TIWARI, A. Testing the CAPM revisited. **Journal of Empirical Finance**, Amsterdam, v. 16, n. 5, p. 721-733, Dec. 2009. DOI: 10.1016/j.jempfin.2009.07.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927539809000577>. Acesso em: 02 nov. 2018.

REBIASZ, B. The valuation of real options in a hybrid environment. **Operations Research and Decisions**, Wroclaw, v. 29, n. 1, p. 97-119, 2019. DOI: 10.5277/ord190106. Disponível em: <http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-66c6507f-dd21-4ccc-810c-9258701ec68e>. Acesso em: 06 set. 2019.

REED, W. J.; HAIGHT, R. G. Predicting the present value distribution of a forest plantation investment. **Forest Science**, Oxford, v. 42, n. 3, p. 378-388, Aug. 1996. DOI: 10.1093/forestscience/42.3.378. Disponível em: <https://academic.oup.com/forestscience/article/42/3/378/4627321>. Acesso em: 29 nov. 2019.

REUER, J. J.; TONG, T. W. How do real options matter? Empirical research on strategic investments and firm performance. **Advances in Strategic Management**, Bingley, v. 24, p. 145-173, Aug. 2007. DOI: 10.1016/S0742-3322(07)24005-7. Disponível em: [https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1016/S0742-3322\(07\)24005-7/full/html](https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1016/S0742-3322(07)24005-7/full/html). Acesso em: 23 ago. 2019.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. 386 p. ISBN 8572693246

RIOS, D.; BLANCO, G.; OLSINA, F. Integrating real options analysis with long-term electricity market models. **Energy Economics**, Amsterdam, v. 80, p. 188-205, May 2019. DOI: 10.1016/j.eneco.2018.12.023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988319300027?via%3Dihub>. Acesso em: 02 ago. 2019.

ROBICHEK, A. A.; VAN HORNE, J. C. Abandonment value and capital budgeting. **The Journal of Finance**, New York, v. 22, n. 4, p. 577-589, Dec. 1967. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1967.tb00293.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-6261.1967.tb00293.x>. Acesso em: 25 ago. 2019.

ROCHA, K.; CAMACHO, F.; BRAGANÇA, G. Return on capital of Brazilian electricity distributors: a comparative analysis. **Energy Policy**, London, v. 35, n. 4, p. 2526-2537, Apr. 2007. DOI: 10.3390/en20300738. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506003636>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ROCHA, K.; MOREIRA, A. R. B.; REIS, E. J.; CARVALHO, L. The market value of forest concessions in the Brazilian Amazon: a real option approach. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 149-160, Mar. 2006. DOI: 10.1016/j.forpol.2004.05.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934104001017>. Acesso em: 02 out. 2019.

RODRIGUES, L. F. Cost of capital and value creation: a study among companies from the agribusiness sector listed on Bovespa. **Custos e @gronegócio**, Recife, v. 8, p. 22-41, nov. 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/296935266_Cost_of_capital_and_value_creation_A_study_among_companies_from_the_agribusiness_sector_listed_on_Bovespa. Acesso em: 22 nov. 2018.

ROGGI, O.; GIANNOZZI, A. BAGLIONI, T. Valuing emerging markets companies: New approaches to determine the effective exposure to country risk. **Research in International Business and Finance**, Philadelphia, v. 39, p. 553-567, Jan. 2017. DOI: 10.1016/j.ribaf.2016.07.028. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0275531916301829>. Acesso em: 23 nov 2018.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Corporate Finance**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2002. 971 p. ISBN: 0-390-32000-5

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J.; LAMB, R. **Administração financeira: versão brasileira de corporate finance**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. 1196 p.

ROSS, S. M. **An Elementary Introduction to Mathematical Finance**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 322 p. ISBN 978-0-521-19253-8

ROSS, S. M. **An introduction to mathematical finance: options and other topics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 200 p. ISBN 0-521-770-43-2

ROSSATO, F. G. F. S.; SUSAETA, A.; ADAMS, D. C.; HIDALGO, I. G.; ARAUJO, T. D.; QUEIROZ, A. Comparison of revealed comparative advantage indexes with application to trade tendencies of cellulose production from planted forests in Brazil, Canada, China, Sweden, Finland and the United States. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 97, p. 59-66, Dec. 2018. DOI: 10.1016/j.forpol.2018.09.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389934118301175>. Acesso em: 12 fev. 2019.

S&P DOWN JONES. S&P Global Timber & Forestry Index. 2019. Disponível em: <https://www.spglobal.com/spdji/en/indices/equity/sp-global-timber-and-forestry-index/#overview>. Acesso em: 31 dez. 2019.

SÁ, V. A.; BUFALINO, L.; ALBINO, V. C. S.; CORRÊA, A. A.; MENDES, L. M.; ALMEIDA, N. A. Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 36, n. 3, p. 549-557, maio/jun. 2012. DOI: 10.1590/S0100-67622012000300017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622012000300017&lang=pt. Acesso em: 26 jan. 2019.

SABET, A. H.; HEANEY, R. Real options and the value of oil and gas firms: an empirical analysis. **Journal of Commodity Markets**, Amsterdam, v. 6, p. 50-65, June 2017. DOI: 10.1016/j.jcomm.2017.05.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405851315300799?via%3Dihub>. Acesso em: 29 dez. 2018.

SALEH, J. H.; MARK, G.; JORDAN, N. C. Flexibility: a multi-disciplinary literature review and a research agenda for designing flexible engineering systems. **Journal of Engineering Design**, Abingdon, v. 20, n. 3, p. 307-323, June 2009. DOI: 10.1080/09544820701870813 Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09544820701870813>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SALLES, T. T.; NOGUEIRA, D. A.; BEIJO, L. A.; SILVA, L. F. Bayesian approach and extreme value theory in economic analysis of forestry projects. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 105, p. 64-71, Aug. 2019. DOI: 10.1016/j.forpol.2019.05.021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389934118305288>. Acesso em: 10 fev. 2019.

SAMANEZ, C. P.; COSTA, L. A. Avaliação de opções de *swing* em contratos de gás natural usando um modelo de dois fatores. **Production**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 760-775, out./dez. 2014. DOI: 10.1590/S0103-65132013005000084. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132014000400004. Acesso em: 11 ago. 2019.

SANTOS, E. O. **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo: Atlas. 2001. 252 p.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Editora EMBRAPA, 2018, 353 p

SANTOS, J. O.; FAMÁ, R.; MUSSA, A. A adição do fator de risco momento ao modelo de precificação de ativos dos três fatores de Fama & French aplicado ao mercado acionário brasileiro. **Revista De Gestão**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 453-472, jul./set. 2012. DOI: 10.5700/rege 473. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/82683355.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2018.

SANTOS, L.; SOARES, I.; MENDES, C.; FERREIRA, P. Real options versus traditional methods to assess renewable energy projects. **Renewable Energy**, Oxford, v. 68, p. 588-594, Aug. 2014. DOI: 10.1016/j.renene.2014.01.038. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148114000676?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SANTOS, M. S. C.; BRANDÃO, L. E. T.; MAIA, V. M. Decisão de escolha de carreira no Brasil: uma abordagem por opções reais. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 141-152, abr./maio/jun. 2015. DOI: 10.5700/rausp1190. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0080-21072015000200141&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 31 dez. 2018.

SANVICENTE, A. Z. Problemas de estimação de custo de capital de empresas concessionárias no Brasil: uma aplicação à regulamentação de concessões

rodoviárias. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 47, n. 1, p. 81-95, jan./fev./mar. 2012. DOI: 10.5700/rausp1027. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0080-21072012000100007&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 21 set. 2018.

SARGOLZAEI, M.; SHABGAHI, G. L.; AFSHAR, M. Entropy control of stochastic processes described by stochastic Gompertz equation based on Fokker–Planck equation. **European Journal of Control**, Amsterdam, v. 50, p. 20-29, Nov. 2019. DOI: 10.1016/j.ejcon.2019.05.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S094735801830339X>. Acesso em: 30 Nov. 2019.

SARMIENTO-SABOGAL, J.; SADEGHI, M. Unlevered betas and the cost of equity capital: An empirical approach. **North American Journal of Economics and Finance**, Amsterdam, v. 30, p. 90-105, Nov. 2014. DOI: 10.1016/j.najef.2014.08.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1062940814000989?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SAVOLAINEN, J. Real options in metal mining project valuation: review of literature. **Resources Policy**, Guildford, v. 50, p. 49-65, Dec. 2016. DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.08.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420716301611?via%3Dihub>. Acesso em: 06 jan. 2019.

SCHACHTER, J. A.; MANCARELLA, P. A critical review of Real Options thinking for valuing investment flexibility in Smart Grids and low carbon energy systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 56, p. 261-271, Apr. 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2015.11.071. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115013386?via%3Dihub>. Acesso em: 05 nov. 2018.

SCHAUTEN, M. B. J. Three discount methods for valuing projects and the required return on equity. **Contaduría y Administración**, Cidade do México, v. 58, n. 1, p. 63-85, enero/marzo. 2013. DOI: 10.1016/S0186-1042(13)71198-7. Disponível em: <http://www.elsevier.es/es-revista-contaduria-administracion-87-articulo-three-discount-methods-for-valuing-S0186104213711987>. Acesso em: 15 ago. 2018.

SCHERRER-RATHJE, M.; DEFLORIN, P.; ANAND, G. Manufacturing flexibility through outsourcing: effects of contingencies. **International Journal of Operations & Production Management**, Bradford, v. 34, n. 9, p. 1210-1242, Sept. 2013. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2012-0033. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJOPM-01-2012-0033>. Acesso em: 07 dez. 2018.

SCHLEGEL, D. Background: cost-of-capital in the finance literature. *In*: SCHLEGEL, D. **Cost-of-Capital in Managerial Finance**. Cham: Springer, 2015, p. 9-70.

SCHMIT, T. M.; LUO, J.; TAUER, L. W. Ethanol plant investment using net present value and real options analyses. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 33, n. 10, p. 1442-1451, Oct. 2009. DOI: 10.1016/j.biombioe.2009.06.010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222699652_Ethanol_plant_investment_using_net_present_value_and_real_options_analyses. Acesso em: 02 out. 2018.

SCHROEDER, J. T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R. P.; SHINODA, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 33-42, 2005. DOI: 10.3895/S1808-04482005000200003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/251048285_o_custo_de_capital_como_taxa_minima_de_atratividade_na_avaliacao_de_projetos_de_investimento. Acesso em: 29 set. 2018.

SCHUSTER, P. **Stochasticity in processes: fundamentals and applications to chemistry and biology**. Basel: Springer, 2016. 718 p. ISBN 978-3-319-39502-9

SCHWARTZ, E. The Real options approach to valuation: challenges and opportunities. **Latin American Journal of Economics**, Santiago de Chile, v. 50, n. 2, p. 163-177, Nov. 2013. DOI: 10.7764/LAJE.50.2.163. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/ioe/cuadec/v50y2013i2p163-177.html#download>. Acesso em: 05 jan. 2019.

SEIFERT, T.; SCHREIDER, H.; SIEVERS, S.; SCHEMBECKER, G.; BRAMSIEPE, C. Real option framework for equipment wise expansion of modular plants applied to the design of a continuous multiproduct plant. **Chemical Engineering Research and Design**, Rugby, v. 93, p. 511-521, Jan. 2015. DOI: 10.1016/j.cherd.2014.07.019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876214003384?via%3Dihub>. Acesso em: 22 dez. 2018.

SHAFFIE, S. S.; JAAMAN, S. H. Monte Carlo on net present value for capital investment in Malaysia. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Amsterdam, v. 219, p. 668-693, May 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.05.052. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816301124>. Acesso em: 03 set. 2018.

SHARPE, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. **The Journal of Finance**, New York, v. 19, n. 3, p. 425-442, Sept. 1964. DOI: 10.2307/2977928. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2977928>. Acesso em: 23 set. 2018.

SHEN, J.; PRETORIUS, F. Binomial option pricing models for real estate development. **Journal of Property Investment & Finance**, Bingley, v. 31, n. 5, p. 418-440, Aug. 2013. DOI: 10.1108/JPIF-10-2012-0046. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JPIF-10-2012-0046/full/html>. Acesso em: 17 nov. 2019.

SHERAZ, M.; PREDA, V. Implied volatility in Black-scholes model with GARCH volatility. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 8, p. 658-663, 2014.

DOI: 10.1016/S2212-5671(14)00141-5. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114001415>. Acesso em:
 15 nov. 2019.

SHI, J.; DUAN, K.; WEN, S.; ZHANG, R. Investment valuation model of public rental housing PPP project for private sector: a real option perspective. **Sustainability**, Basel, v. 11, n. 7, p. 1-18, Mar. 2019. DOI: 10.3390/su11071857. Disponível em:
<https://www.semanticscholar.org/paper/Investment-Valuation-Model-of-Public-Rental-Housing-Shi-Duan/4277e3d21a54fee576836437da5b069d76a499a9>. Acesso em: 25 nov. 2019.

SHIMIZU, J. Y. **Pínus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 226 p. ISBN 978-85-89281-26-3. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/315381/pinus-na-silvicultura-brasileira>. Acesso em: 26 jan. 2019.

SHIMIZU, J. Y. Pinus na silvicultura brasileira. **Revista da Madeira**, São Paulo, v. 16, p. 4-14, 2006. Disponível em:
http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=952&subject=Esp%E9cies&title=Pinus%20na%20silvicultura%20brasileira. Acesso em: 20 jan 2019.

SHINDE, A. S.; TAKALE, K. C. Study of Black-Scholes Model and its Applications. **Procedia Engineering**, Amsterdam, v. 38, p. 270-279, 2012. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.06.035. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812019480>. Acesso em: 22 nov. 2019.

SHUIABI, E.; THOMSON, V.; BHUIYAN, N. Entropy as a measure of operational flexibility. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 165, n. 3, p. 696-707, Sept. 2005. DOI: 10.1016/j.ejor.2004.01.033. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221704000815>. Acesso em: 28 nov. 2018.

SILVA, E. S. **Projeto de investimento**: estudo de um caso. Porto: Vida Económica, 2015. 93 p.

SILVA, L. S. A.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade empresarial e o impacto no custo de capital próprio das empresas de capital aberto. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 385-395, set./dez. 2006. DOI: 10.1590/S0104-530X2006000300003. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2006000300003. Acesso em: 07 ago. 2018.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista. Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 931-936, ago. 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000600012. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600012. Acesso em: 09 set. 2018.

SIMÕES, D.; RIBEIRO, J. P.; GOUVEIA, P. R.; SANTOS, J. C. Economical and financial analysis of aviaries for the integration of broilers under conditions of risk. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 3, p. 240-247, May/Jun. 2015. DOI: 10.1590/S1413-70542015000300005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542015000300240&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 29 jan. 2019.

SIYUAN, C.; QI, Z.; YANYAN, T.; HAILONG, L.; BOYU, L. Investment strategy for shallow geothermal resource based on real option model. **Energy Procedia**, Amsterdam, v. 158, p. 6118-6125, Feb. 2019. DOI: 10.1016/j.egypro.2019.01.500. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610219305235>. Acesso em: 26 set. 2019.

SLADE, M. E. Valuing managerial flexibility: an application of real-option theory to mining investments. **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v. 41, n. 2, p. 193-233, Mar. 2001. DOI: 10.1006/jeem.2000.1139. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069600911392>. Acesso em: 01 dez. 2018.

SMITH, J. E. Alternative approaches for solving real-options problems. **Decision Analysis**, Catonsville, v. 2, n. 2, p. 89-102, June 2005. DOI: 10.1287/deca.1050.0041. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/deca.1050.0041>. Acesso em: 16 nov. 2019.

SOBEL, M. J.; SZMEREKOVSKY, J. G.; TILSON, V. Scheduling projects with stochastic activity duration to maximize expected net present value. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 198, n. 3, p. 697-705, Nov. 2009. DOI: 10.1016/j.ejor.2008.10.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221708008291>. Acesso em: 05 ago. 2018.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p. ISBN 9788522450374

STIRZAKER, D. **Stochastic processes and models**. New York: Oxford University Press, 2005. 331 p. ISBN 0-19-856813-4

STRANGE, N.; JACOBSEN, J. B.; THORSEN, B. J. Afforestation as a real option with joint production of environmental services. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 104, p. 146-156, July 2019. DOI: 10.1016/j.forpol.2019.04.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934118304982>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SUTTINON, P.; NASU, S. Real options for increasing value in industrial water infrastructure. **Water Resources Management**, Dordrecht, v. 24, p. 2881-2892, Jan.

2010. DOI: 10.1007/s11269-010-9585-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-010-9585-0>. Acesso em: 11 set. 2018.

SVIECH, V.; MANTOVAN, E. A. Análise de investimentos: controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos. **Percursos**, Curitiba, v. 1, n. 13, p. 270-298, 2013. Disponível em: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/percurso/article/view/657>. Acesso em: 16 ago. 2018.

SYNCOPATION SOFTWARE. **DPL: Decision Programming Language**. Versão 9.0.18. Concord, 2020. Disponível em: <https://www.syncopation.com/>.

TAMBOSI FILHO, E.; COSTA JÚNIOR, N. C. A.; ROSSETTO, J. R. Testando o CAPM Condicional nos Mercados Brasileiro e Norte-Americano. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 153-168, out./dez. 2006. DOI: 10.1590/S1415-65552006000400008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552006000400008. Acesso em: 15 ago. 2018.

THORSEN, B. J. Afforestation as a real option: some policy Implications. **Forest Science**, Oxford, v. 42, n. 2, p. 171-178, May 1999. DOI: 10.1093/forestscience/45.2.171. Disponível em: <https://academic.oup.com/forestscience/article/45/2/171/4627549>. Acesso em: 18 set. 2019.

TIAN, Y. S. A flexible binomial option pricing model. **Journal of Futures Markets**, New York, v. 19, n. 7, p. 817-843, Sept. 1999. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9934(199910)19:7<817::AID-FUT5>3.0.CO;2-D. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291096-9934%28199910%2919%3A7%3C817%3A%3AAID-FUT5%3E3.0.CO%3B2-D>. Acesso em: 26 nov. 2019.

TIMURLINK, Ö.; KAPTAN, K. Country Risk. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Amsterdam, v. 62, p. 1089-1094, Oct. 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.186. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812036270>. Acesso em: 21 mar. 2019.

TIWANA, A.; WANG, J.; KEIL, M.; AHLUWALIA, P. The bounded rationality bias in managerial valuation of real options: theory and evidence from IT projects. **Decision Sciences**, Atlanta, v. 38, n. 1, p. 157-181, Feb. 2007. DOI: 10.1111/j.1540-5915.2007.00152.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1540-5915.2007.00152.x>. Acesso em: 26 dez. 2018.

TOMAZONI, T.; MENEZES, E. A. Estimativa do custo de capital de empresas brasileiras de capital fechado (sem comparáveis de capital aberto). **Revista de Administração**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 38-48, out./dez. 2002. Disponível em:

<http://www.spell.org.br/documentos/ver/16707/estimativa-do-custo-de-capital-de-empresas-brasileiras-de-capital-fechado--sem-comparaveis-de-capital-aberto->. Acesso em: 21 ago. 2018.

TONIN, J.; COELHO, A. B. Testando modelos de precificação de opções: análise das opções de compra sobre contratos futuros de café arábica na BM&FBOVESPA. **Revista de Economia e Administração**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 211-234, jun. 2012. DOI: 10.11132/rea.2012.606. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275105891_Testando_modelos_de_precificacao_de_opcoes_analise_das_opcoes_de_compra_sobre_contratos_futuros_de_cafe_arabica_na_BMFBovespa. Acesso em: 10 nov. 2019.

TREVISAN, R.; MOTTA, C. I.; FIORESI, T.; TRAUTENMÜLLER, A. V.; RABUSKE, J. E.; DENARDI, L. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Pinus elliottii* Engel. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 634-638, abr. 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014000400010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014000400010&lang=pt. Acesso em: 25 jan. 2019.

TRIAANTIS, A.; BORISON, A. Real options: state of the practice. **Journal of Applied Corporate Finance**, Malden, v. 14, n. 2, p. 8-25, Summer 2001. DOI: 10.1111/j.1745-6622.2001.tb00327.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1745-6622.2001.tb00327.x>. Acesso em: 05 jan. 2019.

TRIGEORGIS, L. Making use of real options simple: an overview and applications in flexible/modular decision making. **The Engineering Economist**, Norcross, v. 50, n. 1, p. 25-53, 2005. DOI: 10.1080/00137910590917026. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00137910590917026>. Acesso em: 03 jan. 2019.

TRIGEORGIS, L. Opções reais e interações com a flexibilidade financeira. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 95-120, jul./set. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75902007000300014. Acesso em: 26 dez. 2018.

TRIGEORGIS, L. Real options and interactions with financial flexibility. **Financial Management**, Tampa, v. 22, n. 3, p. 202-224, Autumn. 1993b. DOI: 10.2307/3665939. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3665939>. Acesso em: 19 dez. 2018.

TRIGEORGIS, L. Real options: a primer. In: ALLEMAN, J.; NOAM, E. (eds.). **Real options in telecommunications: the new investment theory and its implications for telecommunications economics**. Norwell: Kluwer Academic, 1999. 280 p. ISBN 0-7923-7734-6

TRIGEORGIS, L. The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options. **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Seattle, v. 28, n. 1, p. 1-20, Mar. 1993a. DOI: 10.2307/2331148. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2331148>. Acesso em: 11 dez. 2018.

VASQUES, A. G.; NOGUEIRA, A. S.; KIRCHNER, F. F.; BERGER, R. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **FLORESTA**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 445-450, set./dez. 2007. DOI: 10.5380/rf.v37i3.9941. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/9941>. Acesso em: 22 fev. 2019.

VENDRAME, V.; TUCKER, J.; GUERMAT, C. Some extensions of the CAPM for individual assets. **International Review of Financial Analysis**, Amsterdam, v. 44, p. 78-85 Mar. 2016. DOI: 10.1016/j.irfa.2016.01.010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1057521916000119?via%3Dihub>. Acesso em: 14 nov. 2018.

VENDRAME, V.; GUERMAT, C.; TUCKER, J. A conditional regime switching CAPM. **International Review of Financial Analysis**, Amsterdam, v. 56, p. 1-11, Mar. 2018. DOI: 10.1016/j.irfa.2017.12.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1057521917301837>. Acesso em: 15 out. 2018.

VENETSANOS, K.; ANGELOPOULOU, P.; TSOUTSOS, T. Renewable energy sources project appraisal under uncertainty: the case of wind energy exploitation within a changing energy market environment. **Energy Policy**, London, v. 30, n. 4, p. 293-307, Mar. 2002. DOI: 10.1016/S0301-4215(01)00096-9. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421501000969>. Acesso em: 05 jan. 2019.

VICENTE, J. V. M.; GUEDES, T. S. A Volatilidade implícita contém informações sobre a volatilidade futura? Evidências do mercado de opções de ações da Petrobras. **Brazilian Business Review**, Vitória, v. 7, n. 1, p. 48-65, jan./abr. 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=123016768003>. Acesso em: 01 dez. 2019.

VIEBIG, J.; PODDIG, T.; VARMAZ, A. **Equity valuation: models from leading investment banks**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008. 439 p. ISBN 978-0-470-03149-0

VIRGENS, A. P.; FREITAS, L. C.; LEITE, A. M. P. Análise econômica e de sensibilidade em um povoamento implantado no sudoeste da Bahia. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 211-219, fev. 2016. DOI: 10.1590/2179-8087.104914. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872016000200211&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 27 fev. 2019.

VIRGENS, A. P.; FREITAS, L. C.; LUZ, D. S.; MOREIRA, A. C. D. Análise econômica e de sensibilidade em projetos de reflorestamentos no estado da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 120-127, jun. 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/analise%20economica%20e%20de%20sensibilidade.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2019.

VITIELLO JUNIOR, L. R. S. Opções de compra: o ajustamento ao mercado brasileiro de dois modelos de precificação. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 27-45, abr. 2000. DOI: 10.1590/S1415-65552000000100003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552000000100003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 10 nov. 2019.

WILMOTT, P.; HOWISON, S.; DEWYNNE, J. **The mathematics of financial derivatives**: A student introduction. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 317 p. ISBN 0-521-49699-3

WONG, K. P. Operating leverage and the interaction between abandonment options and exotic hedging. **Journal of Derivatives Accounting**, Singapore, v. 2, n. 1, p. 87-96, Mar. 2005. DOI: 10.1142/S0219868105000331. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/toc/jda/02/01>. Acesso em: 19 ago. 2019.

WONG, K. P. The effects of abandonment options on operating leverage and investment timing. **International Review of Economics & Finance**, Greenwich, v. 18, n. 1, p. 162-171, Jan. 2009. DOI: 10.1016/j.iref.2007.09.004. Disponível em: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1059056007000809](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059056007000809). Acesso em: 29 ago. 2019.

WONG, K. P. The effects of abandonment options on operating leverage and forward hedging. **International Review of Economics & Finance**, Greenwich, v. 15, n. 1, p. 72-86, Feb. 2006. DOI: 10.1016/j.iref.2004.10.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059056004000747>. Acesso em: 21 ago. 2019.

XIAO, Y.; FU, X.; OUM, T. H.; YAN, J. Modeling airport capacity choice with real options. **Transportation Research Part B**, New York, v. 100, p. 93-114, June 2017. DOI: 10.1016/j.trb.2017.02.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261517301066?via%3Dihub>. Acesso em: 07 jan. 2019.

XIAOPING, H.; JIE, C. Randomized binomial tree and pricing of American-style options. **Mathematical Problems in Engineering**, London, v. 3, p. 1-6, Mar. 2014. DOI: 10.1155/2014/291737. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2014/291737/>. Acesso em: 22 nov. 2019.

XIE, F. Managerial flexibility, uncertainty, and corporate investment: The real options effect. **International Review of Economics & Finance**, Greenwich, v. 18, n. 4, p. 643-655, Oct. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059056008001275>. Acesso em: 10 dez. 2018.

XUE, Y.; ZHANG, M. Valuing research investment projects based on discrete time model: a real options approach. **Advanced Materials Research**, Pfäffikon, v. 926-930, p. 4073-4076, 2014. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.926-930.4073. Disponível em: <https://www.scientific.net/AMR.926-930.4073>. Acesso em: 26 nov. 2019.

YAO, H.; PRETORIUS, F. Demand uncertainty, development timing and leasehold land valuation: empirical testing of Real Options in residential real estate development. **Real Estate Economics**, Hoboken, v. 42, n. 4, p. 829-868, June 2014. DOI: 10.1111/1540-6229.12052. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1540-6229.12052>. Acesso em: 20 nov. 2019.

YAO, J. S.; CHEN, M. S.; LIN, H. W. Valuation by using a fuzzy discounted cash flow model. **Expert Systems with Applications**, New York, v. 28, n. 2, p. 209-222, Feb. 2005. DOI: 10.1016/j.eswa.2004.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417404001125>. Acesso em: 18 nov. 2018.

YEH, I. C.; LIEN, C. H. Evaluating real estate development project with Monte Carlo based binomial options pricing model. **Applied Economics Letters**, London, v. 27, n. 4, p. 307-324, 2020. DOI: 10.1080/13504851.2019.1616049. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13504851.2019.1616049>. Acesso em: 2 jan. 2020.

YUAN, F. C.; LEE, C. H. Using least square support vector regression with genetic algorithm to forecast beta systematic risk. **Journal of Computational Science**, Oxford, v. 11, p. 26-33, Nov. 2015. DOI: 10.1016/j.jocs.2015.08.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877750315300090#bib0290>. Acesso em: 15 maio 2020.

YU, S.; LI, Z.; WEI, Y. M.; LIU, L. A real option model for geothermal heating investment decision making: Considering carbon trading and resource taxes. **Energy**, Oxford, v. 189, Dec. 2019. DOI: 10.1016/j.energy.2019.116252. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219319474>. Acesso em: 02 jun. 2020.

ZABARANKIN, M.; PAVLIKOV, K.; URYASEV, S. Capital Asset Pricing Model (CAPM) with drawdown measure. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 234, n. 2, p. 508-517, Apr. 2014. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.03.024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037722171300252X?via%3Di> hub. Acesso em: 28 ago. 2018.

ZAMBUJAL-OLIVEIRA, J. Investments in combined cycle natural gas-fired systems: a real options analysis. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, London, v. 49, p. 1-7, Jul. 2013. DOI: 10.1016/j.ijepes.2012.11.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142061512006588>. Acesso em: 14 nov. 2019.

ZERVOS, M.; OLIVEIRA, C.; DUCKWORTH, K. An investment model with switching costs and the option to abandon. **Mathematical Methods of Operations Research**, Heidelberg, v. 88, n. 3, p. 417-443, Dec. 2018. DOI: 10.1007/s00186-018-0641-5.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00186-018-0641-5>. Acesso em: 09 ago. 2019.

ZHANG, H.; LIU, F.; TURNER, I.; YANG, Q. Numerical solution of the time fractional Black–Scholes model governing European options. **Computers & Mathematics with Applications**, Oxford, v. 71, n. 9, p. 1772-1783, May 2016. DOI: 10.1016/j.camwa.2016.02.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0898122116300499>. Acesso em: 23 nov. 2019.

ZHANG, L. Neutrality and efficiency of petroleum revenue tax: a theoretical assessment. **The Economic Journal**, Oxford, v. 107, n. 443, p. 1106-1120, July 1997. DOI: 10.1111/j.1468-0297.1997.tb00010.x. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2957852>. Acesso em: 05 set. 2019.

ZHAO, T.; TSENG, C. L. Flexible facility interior layout: a real options approach. **The Journal of the Operational Research Society**, Oxford, v. 58, n. 6, p. 729-739, June 2007. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/4622757?seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 09 dez. 2018.

ZINECKER, M.; RAJCHLOVÁ, J. Private equity and venture capitalists' investment criteria in the Czech Republic. **Acta Universitatis Agricultura et Silvicultura Mendelianae Brunensis**, Brno, v. 58, n. 6, p. 641-652, Nov. 2010. Disponível em: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/70193/actaun_2010058060641.pdf?sequence=1. Acesso em: 23 out. 2018.

ŽIŽLAVSKÝ, O. Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Amsterdam, v. 156, p. 506-512, Nov. 2014. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.11.230. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814060509>. Acesso em: 27 nov. 2018.