UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

**GABRIEL FRATTA FRITZ**

# AVALIAÇÃO DA INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA: ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS

**Botucatu**

**2023**

**GABRIEL FRATTA FRITZ**

# AVALIAÇÃO DA INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA: ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS

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.
Coorientador: Prof. Dr. Richardson Barbosa Gomes da Silva.

**Botucatu**

**2023**

F919a

Fritz, Gabriel Fratta
Avaliação da integração pecuária-floresta : análise de opções reais / Gabriel Fratta Fritz. -- Botucatu, 2023
101 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Danilo Simões
Coorientador: Richardson Barbosa Gomes da Silva

1. Ciências florestais. 2. Economia florestal. 3. Bovinos Criação. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**Câmpus de Botucatu**

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DA INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA: ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS

**AUTOR: GABRIEL FRATTA FRITZ**
**ORIENTADOR: DANILO SIMOES**
**COORIENTADOR: RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA**

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

Richardson Barbosa Gomes da Silva
Prof. Dr. RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA (Participaçao Presencial)
PosDoutorando Departamento de Ciencia Florestal Solos e Ambiente / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Paulo André de Oliveira
Prof. Dr. PAULO ANDRÉ DE OLIVEIRA (Participaçao Presencial)
Agronegócio / Faculdade de Tecnologia de Botucatu

p/ Richardson Barbosa Gomes da Silva
Prof.ª Dr.ª DANIELA POLIZELI TRAFFICANTE (Participaçao Virtual)
Pós-Doutoranda - Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Botucatu, 28 de fevereiro de 2023

## AGRADECIMENTOS

À minha querida mãe pelo apoio incondicional e eterno.
À minha família amada, meu irmão, meu tio, meu padrasto e minha avó.
Ao Prof. Dr. Danilo Simões e Prof. Dr. Richardson Barbosa Gomes da Silva, pela paciência e ensinamentos que me passaram.
Aos colegas de laboratório.
A todos os professores e funcionários da FCA.
Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Unesp de Botucatu pelo suporte acadêmico.
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.

## RESUMO

O planejamento dos sistemas silvipastoris, que consorciam florestas plantadas com a criação de animais, devem almejar, concomitantemente, lucratividade e sustentabilidade. Na análise econômica dos projetos de investimentos em sistemas silvipastoris, é necessário que sejam incorporadas as flutuações de mercado em que o projeto está inserido. Desta forma, a análise por Opções Reais permite o diagnóstico da exposição de gestores ao risco e o melhor caminho a ser tomado diante as flexibilidades gerenciais. Sendo assim, o objetivo foi avaliar se um projeto de investimento com florestas plantadas de *Eucalyptus* sp. e criação semiextensiva de gado de corte é economicamente viável por meio da análise de opções reais. Ao analisar a série histórica de preços da cabeça do boi magro e da arroba do boi gordo, foi constatado que ocorreu um Movimento Geométrico Browniano. Conseguinte, foram incorporadas as flexibilidades gerenciais ao projeto de investimento em sistemas silvipastoris. A abordagem de precificação das opções adotada foi a americana, em tempo discreto, com posterior construção das árvores binomiais de decisão. O valor presente líquido tradicional foi de USD 5.287. Quando consideradas as incertezas, o valor presente líquido expandido foi USD 5.402. A volatilidade do projeto foi de 15,63%. O projeto de investimento em sistemas silvipastoris é economicamente viável sob a perspectiva da análise por opções reais. A opção de diferimento é a única responsável pelo incremento de valor do projeto, em 2,17%.



**Palavras-chave**: sistema silvipastoril; movimento browniano geométrico; volatilidade.

## ABSTRACT

The design of silvipastoral systems, which combine planted forests with livestock production, must aim at both profitability and sustainability. In the economic analysis of investment projects in silvipastoral systems, it is necessary to take into account the market fluctuations in which the project is inserted. Thus, the Real Options Analysis allows to diagnose the risk exposure of the managers and the best path to take, given the managerial flexibility. Thus, the objective was to evaluate the economic viability of an investment project involving the planting of *Eucalyptus* sp. forests and semi-extensive beef cattle farming using the Real Options Analysis. By analyzing the historical price series of the lean cattle head and the fat cattle arroba, a Geometric Brownian Motion was found. Consequently, managerial flexibility was incorporated in the investment project of the silvipastoral systems. The American discrete time approach to option pricing was adopted, followed by the construction of binomial decision trees. The traditional NPV was USD 5,287. When uncertainties were considered, the expanded NPV was USD 5,402. The project volatility was 15.63%. The silvipastoral systems investment project is economically feasible from the perspective of Real Options Analysis. The deferral option is the only option responsible for increasing the project value by 2.17%.



**Keywords**: silvopastoral system; geometric brownian motion; volatility.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espaçamento entre os componentes do sistema silvipastoril com *Eucalyptus* sp. e pecuária.....48

Figura 2 – Árvore binomial da opção de diferimento.....56

Figura 3 – Árvore binomial da opção de expansão.....56

Figura 4 – Árvore binomial da opção de abandono.....56

Figura 5 – Árvore binomial com todas as opções combinadas.....57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros para a construção da árvore binomial.....59

Tabela 2 – Valor do projeto com a opção de diferimento, expansão e abandono.....60

**SUMÁRIO**


| | | |
|---|---|---|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 18 |
| 2.1 | Sistemas silvipastoris | 18 |
| 2.2 | Análise de projetos de investimento | 19 |
| 2.3 | Taxa do custo de oportunidade | 20 |
| 2.3.1 | Custo Médio Ponderado do Capital | 21 |
| 2.3.2 | Modelo de precificação de ativos | 23 |
| 2.3.3 | Coeficiente de risco sistemático | 24 |
| 2.4 | Fluxo de caixa esperado | 25 |
| 2.5 | Valor presente líquido | 26 |
| 2.6 | Flexibilidade gerencial | 28 |
| 2.7 | Análise de Opções Reais | 30 |
| 2.8 | Taxonomia das opções | 32 |
| 2.8.1 | Opção de diferimento | 32 |
| 2.8.2 | Opção de expansão | 33 |
| 2.8.3 | Opção de abandono | 35 |
| 2.9 | Apreçamento de opções | 36 |
| 2.9.1 | Modelo de Black, Scholes e Merton | 37 |
| 2.9.2 | Modelo binomial | 37 |
| 2.9.3 | Processo estocástico | 40 |
| 2.9.4 | Tempo discreto | 42 |
| 2.9.5 | Movimento Browniano Geométrico | 43 |
| 2.9.6 | Volatilidade | 45 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 47 |
| 3.1 | Objeto do Estudo | 47 |
| 3.2 | Análise econômica | 49 |
| 3.2.1 | Fluxo de caixa do projeto de investimento | 49 |
| 3.2.2 | Taxa do custo de oportunidade | 50 |
| 3.2.3 | Valor presente Líquido | 52 |
| 3.3 | Volatilidade do projeto de investimento | 52 |
| 3.4 | Modelo binomial de precificação | 55 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 58 |
| 4.1 | Taxa de desconto do projeto de investimento | 58 |
| 4.2 | Modelo determinístico | 58 |
| 4.3 | Modelo estocástico | 59 |
| 5 | CONCLUSÕES | 63 |
| | REFERÊNCIAS | 65 |

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil configura-se como importante produtor no setor primário, sobretudo no que tange à agropecuária. Todavia, as áreas destinadas às pastagens encontram-se com milhões de hectares em algum estado de degradação e com baixa produtividade.

Levando-se em consideração a pressão pelo aumento na produção de matérias-primas, devido a um futuro com maior população e, consequentemente, maior consumo, devem-se procurar soluções sustentáveis para um problema de tal magnitude. Nesse contexto, surgem os sistemas integrados de produção que incorporam, na mesma área, pecuária, floresta e agricultura, com diversas combinações diferentes entre si.

Desde sua implantação até a fase de manutenção, os sistemas silvipastoris (SSP), que consorciam florestas plantadas com produção animal, possuem incertezas associadas, necessitando de avaliações constantes durante seu horizonte temporal. Os SSP demandam investimento para sua realização e devem ser considerados como um projeto de investimento por parte dos tomadores de decisão.

Desta forma, um projeto de investimento pode ser avaliado por meio da Análise por Opções Reais (*Real Options Analysis* - ROA), a qual possibilita aos gestores a flexibilidade de gerenciamento de ativos reais e a tomada de decisão pautada em índices determinísticos e probabilísticos. Nela, podem ser consideradas opções como adiar o início do projeto ou o reinvestimento no mesmo em reação às flutuações do mercado.

Portanto, os projetos de investimento em sistemas silvipastoris, sob condições de incerteza, necessitam de ferramentas adequadas para análise futura, justificando-se a abordagem do investimento com a ROA, a fim de se obter quais as melhores possibilidades de ocorrência do projeto.

Diante disso, considerando os riscos e almejando melhorar o desempenho do projeto de investimento, objetivou-se analisar se um SSP que integra floresta plantada com *Eucalyptus* sp. e gado de corte em criação semiextensiva é economicamente viável por meio da análise de opções reais.

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1 Sistemas silvipastoris

Dentre as formas de integrar a floresta e o componente animal, destacam-se os Sistemas Silvipastoris (SSP), caracterizados como sistemas agroflorestais que combinam plantas forrageiras utilizadas para pastagem, plantas arbóreas e animais de criação. Este tipo de sistema pode ocorrer como resultado do manejo de pastagens naturais ou adaptações de áreas com aptidão para a criação e cultivo de árvores (ABDUL-SALAM et al., 2022; BERNARDINO; GARCIA, 2010; MURGUEITIO et al., 2015).

O SSP é utilizado a fim de tornar a produção animal sustentável, buscando reduzir o impacto sobre os recursos naturais, garantindo produtividade e bem-estar animal. Desta forma, eles permitem o aumento da lucratividade proveniente da exploração da floresta plantada com espécies comerciais e, consequentemente, o incremento da produtividade da terra (AYNEKULU et al., 2020; JOSE; DOLLINGER, 2019; MANCERA et al., 2018).

Os SSP são um tipo de sistema integrado com baixa emissão de carbono, pois, ainda que haja criação de gado, o cultivo da pastagem e das árvores reduz a emissão total de gases de efeito-estufa pelo sistema. Este tipo de manejo encontra-se dentro de expectativas mundiais para o futuro do planeta, justificado também pela produtividade da terra e maior geração de renda (CARAUTA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018; PINHEIRO et al., 2021).

Soma-se a isso o fato de que as exigências para a exportação de produtos aos principais centros consumidores do mundo encontram-se conectadas com a agenda ambiental. Desta forma, os sistemas integrados de produção podem suprir as demandas de exportadores, agregando valor ao produto comercializado (HOCHSTETLER; INOUE, 2019; SÁ et al., 2017; SWART; BRINKMANN, 2019).

O manejo dos SSP requer maior domínio do espaço e do tempo, demandando mais habilidades na sua implantação e condução em detrimento da simplificação encontrada em um sistema de cultivo ou criação isolada. O entendimento aprofundado das relações hierárquicas entre os ecossistemas e o reconhecimento dos limites do uso da terra são fatores-chave para melhor

trabalhar com o SSP (ÁVILA-RAMÍREZ et al., 2019; HUERTAS et al., 2021; SÁNCHEZ-SANTANA et al., 2018).

Devido à maior profundidade alcançada pelas raízes das árvores, há maior infiltração e percolação de água no solo. Consequentemente, com a redução do volume e velocidade do escoamento da água precipitada, há menor degradação das pastagens naturais e plantadas (KUMAR et al., 2022; STEFANO; JACOBSON, 2017; TURNER-SKOFF, CAVENDER, 2019; VARSHA et al., 2017).

Com a finalidade de produção de papel, madeira ou energia, têm-se utilizado como componente florestal nos SSP espécies do gênero *Eucalyptus*. O espaçamento de plantio das árvores e a arquitetura da planta devem permitir que a luz ultrapasse as copas, permitindo o crescimento da pastagem para a atividade pecuária, haja vista que, caso ocorra sombreamento excessivo, a atividade pecuária pode ser prejudicada (CUNHA et al., 2021; FURLAN et al., 2020; MATTOS et al., 2020).

As práticas silvipastoris proporcionam o bem-estar animal, visto que sombreiam e protegem a criação, permitindo aos animais dedicarem maior tempo à ruminação e ao pastejo, o que aumenta a produtividade. Em função de sua alimentação, os animais reduzem a matocompetição e, por meio do estrume, colaboram para fertilização do solo, diminuindo a necessidade de utilização de fertilizantes minerais (GALLOSO-HERNÁNDEZ et al., 2021; LEMES et al., 2021; REIS et al., 2021).

Os sistemas silvipastoris possuem fontes de entrada monetária diversificada, atuando como alternativa viável para investimento e lucratividade. Com horizonte temporal maior do projeto, há possibilidade de melhor gerenciamento aos tomadores de decisão, aumentando a confiança do investidor (BROOM, 2017; CHIZMAR et al., 2020; CUEVAS-REYES et al., 2020).

## 2.2 Análise de projetos de investimento

A análise de projetos de investimento é uma metodologia pautada em métodos de reestruturação do capital a partir das diferentes dinâmicas de mercado, a fim de obter melhor controle, seleção e manutenção dos ganhos e da

lucratividade pautados na geração de fluxos de caixa (ALIBEIKI; LOTFALIEI, 2021; MATTOS et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2021).

Na administração de projetos de investimento, deve haver monitoramento, controle e revisão constante, analisando a consistência dos mesmos de acordo com as possibilidades existentes e peculiares. As projeções de fluxo de caixa, conjuntamente com a análise do projeto após sua implantação, são de fundamental importância para a estruturação econômica e manutenção do mesmo (ČIRJEVSKIS, 2021; FEDOROV et al., 2021; GUO; ZHANG, 2020).

De acordo com Assaf Neto (1992), ao avaliar alternativas de investimento, procura-se maximizar o valor de um projeto de investimento, promovendo seu incremento de valor. Desta forma, objetiva-se maximização dos potenciais ganhos, possibilitando análise mais fundamentada da utilização de ativos pelas organizações que desenvolvem algum tipo de atividade econômica (PISZ; CHWASTYK, 2019; WANG et al., 2022; YURIEVA et al., 2021).

A performance do projeto de investimento é obtida por meio do uso de indicadores econômicos para captação de informações úteis ao desempenho de tal projeto, as quais são valiosas para a construção de sua imagem. A performance impacta diretamente as tomadas de decisões, com o objetivo de promover a sustentabilidade econômico-financeira do projeto em análise (HIETAJÄRVI et al., 2017; KIRIDENA; SENSE, 2016; SUNG; PARK, 2019).

## 2.3 Taxa do custo de oportunidade

O custo é um conceito importante da economia e fundamenta outros conceitos como o do custo de oportunidade, que aparece pela primeira vez em 1889 por Frederic von Vieser. O custo de oportunidade é a melhor alternativa de investimento em relação a uma ou mais possibilidades frente à escassez (BISTLINE et al., 2018; KNOKE et al., 2020; TABASH et al., 2022).

Custo de capital também é um termo empregado para a taxa de juros utilizada a fim de computar o dinheiro ao longo do tempo, visto que esta demonstra o custo de captação de recursos e manutenção do ciclo de produção do capital. A taxa do custo de oportunidade relaciona-se, também, ao retorno que

um investimento proporcionará ao investidor (ANNING-DORSON, 2021; ELLINGTON, 2022; ESPINOZA et al., 2020).

O custo de oportunidade tem fundamentos gerenciais: devem ser feitas escolhas e ao escolher há uma oportunidade perdida. Há de se identificar e estabelecer o que é a alternativa não escolhida e saber usar o custo de oportunidade como uma ferramenta de análise, embora sua avaliação possa ser feita por estimativas (SUNG; PARK, 2019; ULLAH; NARAIN, 2021; ZIĘTY et al., 2022).

O custo de oportunidade é usado nas tomadas de decisão relacionadas às atividades de investimentos futuros e é importante para utilização como taxa de desconto econômico. Este custo pode ser utilizado para estimar quais as melhores possibilidades dentre cenários para os mais variados segmentos (JOHANSSON; KRISTRÖM, 2020; LUTTRELL et al., 2018; SANDMANN et al., 2018).

A taxa de desconto procura aplicar sobre o projeto uma taxa que reflita o risco do mesmo. Se o projeto é um incremento às atividades de outro já existente, é plausível aplicar o custo de capital ao projeto, assumindo similaridades entre eles (BRUSOV et al., 2021; LUO; YANG, 2021; MAGRACH et al., 2019).

As medidas de tomada de decisão financeira devem ser aplicadas de modo que superem, estrategicamente, dificuldades encontradas pelos diferentes agentes do mercado. A utilização do custo de oportunidade ajuda a mensurar quais as melhores expectativas de uso do capital a ser investido e se mostra como ferramenta de análise de projetos (HUSSAIN, 2020; SHEN, 2021; STEFFEN, 2018).

### 2.3.1 Custo Médio Ponderado do Capital

O custo médio ponderado do capital (*Weighted Average Cost of Capital* - WACC) é utilizado como uma média ponderada entre o capital próprio e a participação societária no projeto, assim como é apropriado para cálculos que resultam na seleção de projetos de investimento (CARLUCCIO et al., 2021; CHEN, 2021; SIMMONS-SÜER, 2018).

O WACC é uma taxa de retorno requerida por investidores ao longo do tempo e representa o custo de capital utilizado no decorrer do projeto de investimento, sendo útil na avaliação de retorno do capital investido. Este aumenta proporcionalmente à medida que o risco e a taxa de retorno sobre o investimento aumentam (GELO et al., 2019; MALI; LIM, 2021; MARI; MARRA, 2019).

Objetivando a melhor performance, a estruturação da decisão de investimentos deve considerar uma mistura de dívidas e gastos utilizando-se de capital próprio e de terceiros. As escolhas financeiras em um projeto de investimento têm implicações diretas no WACC, além de possuírem efeito indireto, pois mudam o risco e a taxa requerida de retorno (ANGELOPOULOS et al., 2017; FERGUSON, 2018; SHEN, 2021).

Na criação de valor no projeto de investimento, há a avaliação do desempenho do capital próprio e dos credores, conjuntamente às dívidas e créditos. Esta atividade permite o balizamento das decisões aos tomadores de decisão, melhorando a política financeira da empresa de acordo com as flutuações de mercado (FRANC-DABROWSKA et al., 2021; JAMESON et al., 2021; MEHTA; ALI, 2021).

O WACC pode ser utilizado também como taxa mínima de atratividade, ou seja, a taxa mínima requerida para o investimento em um determinado projeto. Esta funcionalidade é de fundamental importância, pois possibilita uma visão adequada da projeção para o investimento, garantindo precisão mesmo em cenários incertos (BACHNER et al., 2019; BRUSOV et al., 2021; DEMPSEY, 2019).

O WACC é o método de avaliação de investimento em projetos mais aceito devido à prática geral de separar as decisões de financiamento e de investimento. Esta separação é desejável em ambientes descentralizados de tomada de decisões em que a avaliação de projetos é feita por tomadores de decisão que não tem participação no financiamento (HINO; HALL, 2017; SERRANO et al., 2017; WICAKSONO et al., 2019).

### 2.3.2 Modelo de precificação de ativos

A teoria do portfólio criada por Markowitz (1959) permitiu determinar o cálculo do risco de uma carteira de investimentos ou para um determinado ativo, partindo da premissa que uma carteira com vários ativos se torna um ativo único. O modelo de precificação de ativos, definido como *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), foi desenvolvido na década de 1960, paralelamente, por autores diferentes (LINTNER, 1965; SHARPE, 1964; MOSSIN, 1966).

O CAPM objetiva fornecer uma resposta à relação entre risco e retorno esperado do portfólio de investimento. Cada ativo é mantido na proporção de valor de mercado que representa em relação ao valor total de mercado de todos os ativos expostos ao risco somados (ALEXANDRIDIS; HASAN, 2020; FERGUSON, 2018; JOHNSTONE; TULIG, 2021).

O fator mais importante que fez a teoria do portfólio de Markowitz ser utilizada como modelo de precificação de ativos, é o conceito de ativo livre de risco, que significa um ativo com variância zero. Isso causa um efeito de que um ativo exposto ao risco não possuiria correlação com os outros ativos e forneceria a taxa de retorno livre de risco ao acionista (BARBERÀ-MARINÉ et al., 2018; MÜLLER et al., 2019).

Uma abordagem mais simplificada do CAPM indica que o portfólio para ativos expostos ao risco que qualquer investidor possui é igual aos outros. Se todos investidores estão expostos ao mesmo risco de portfólio, então este se torna o portfólio de mercado. O portfólio de mercado é composto por todos ativos expostos ao risco (AGARWAL et al., 2017; MÜLLER et al., 2019; VENDRAME et al., 2016).

Três pressupostos baseiam o CAPM: o primeiro trata-se de que os investidores podem comprar e vender todos os ativos a preços competitivos de mercado. O segundo trata-se de os investidores escolherem negociar o melhor retorno esperado possível do ativo em função da volatilidade assumida. O terceiro pressuposto diz que os investidores possuem expectativas homogêneas, considerando as volatilidades, correlações e retornos esperados dos ativos (APERGIS; REHMAN, 2018; DEMPSEY, 2019; JAFARIZADEH; BRATVOLD, 2021).

As carteiras de investimento se fundamentam no risco. Um modelo de precificação de ativos que possui riscos e incertezas associados implica que a exposição das carteiras a fatores de incerteza gera retornos. Através da estratégia de proteção ao risco adequada, o retorno será positivo (JARROW, 2017; MALI; LIM, 2021; ZHOU et al., 2020).

Gerentes de projetos de investimento atuam como investidores das empresas que representam. Os gerentes de projeto tentarão proteger-se contra deteriorações nas oportunidades de investimento, a fim de não terem o capital aplicado prejudicado, objetivando maximização de lucros do capital próprio e de terceiros (ARSHAD et al., 2019; BISCEGLIA; SCIGLIUTO, 2016; TAUSSIG, 2022).

### 2.3.3 Coeficiente de risco sistemático

A premiação dos ativos financeiros ao risco sistemático gera o índice beta em relação ao mercado. Este índice, estatisticamente calculado para estimar o retorno esperado do ativo, é fundamental na análise de risco, pois impulsiona as decisões de alocação de capital por parte dos tomadores de decisão dos projetos de investimento (BEYER; SMITH, 2021; LOTFALIEI, 2021; RUTKOWSKA-ZIARKO, 2022).

A relação entre risco e retorno dá-se de forma gráfica, pela reta da Linha do Mercado de Títulos e apresenta como eixo horizontal o beta e na vertical o retorno esperado. Os investidores aumentam o retorno requerido conforme o risco esperado, ou seja, a incerteza aumenta (ALEXANDRIDIS; HASAN, 2020; BAI et al., 2019; BARBERÀ-MARINÉ et al., 2018).

A escolha dos ativos é um fator importante na alocação de capital. Os ativos podem ser de baixo risco ou alto risco. A fim de promover diversificação de ativos no portfólio, recomenda-se que seja alocado capital em variados ativos com riscos diferentes (BISCEGLIA; SCIGLIUTO, 2016; MA et al., 2022; VENDRAME et al., 2018).

A inclinação da reta da Linha do Mercado de Títulos indica o retorno requerido por unidade de risco pelos investidores. Por meio de cálculos, há possibilidade de selecionar qualquer ponto da reta e computar um prêmio pelo

risco a um ativo qualquer. Há também movimentos que ocorrem ao longo da reta que refletem mudanças no risco do ativo (BRENES GONZÁLEZ, 2019; FRANC-DABROWSKA et al., 2021; SARAVIA et al., 2021).

Os mercados emergentes são geralmente vistos como lugar para perspectivas econômicas positivas no futuro, visto que possuem vastidão e necessidade de desenvolvimento social e econômico-financeiro. Além disso, possuem alto risco no investimento e alta possibilidade de retorno (JOHNSTONE; TULIG, 2021; MA; YANG; CUI, 2022; SEMENOV, 2021).

## 2.4 Fluxo de caixa esperado

Para o melhor entendimento do fluxo de caixa de um projeto, deve-se fazer um aprofundamento do ciclo de trabalho do capital para compreender o fluxo do dinheiro no projeto. Salienta-se que o ciclo de trabalho do capital está ligado à geração e acumulação de riqueza, portanto, este ciclo deve se repetir para a máxima eficácia do projeto, obtendo-se maior possibilidade de acumulação de riqueza (DELAPEDRA-SILVA et al., 2022; LÓPEZ-MARÍN et al., 2021; NGUYEN et al., 2017).

O fluxo de caixa descontado consta das entradas e saídas de capital no tempo de execução do projeto de investimento, a partir de uma projeção do fluxo de capital é computada uma taxa de desconto, determinando o valor presente de projetos. Pode ser utilizado em situações que abordam a análise de custos e benefícios do projeto, possibilitando definir uma linha cronológica de investimento para sua realização (DEC, 2020; KLIMEK, 2021; OWUSU-MANU et al., 2022).

Além disso, o fluxo de caixa é utilizado para valoração de projetos de investimento e elaboração de projetos futuros, assim como avaliação do desempenho econômico com resultados passados, possibilitando uma análise das tomadas de decisão ocorridas e se estas foram positivas ou negativas ao projeto (CHEN, 2021; LILFORD et al., 2018; SHTEFAN; ELIZAROVA, 2018).

Todas as entidades que desempenham algum tipo de atividade econômica têm de ter formas de controlar o fluxo de caixa, visto que precisam de gerenciamento. Quando o tempo de duração do investimento é maior, o aumento do fluxo de caixa afeta positivamente o desempenho para alguns tipos de

investimento devido ao risco (BLASET KASTRO; KULAKOV, 2020; NGUYEN et al., 2017; VAYAS-ORTEGA et al., 2020).

Levando-se em conta a valoração de um fluxo de caixa finito, devem-se estimar os fluxos de caixa anuais esperados e deve-se determinar a taxa de desconto ajustada ao risco apropriada para o fluxo, obtendo-se, o valor presente. Os fluxos de caixa finitos necessitam da demonstração de resultados, do balanço e do orçamento de caixa para a elaboração (ABBAS et al., 2016; LI, 2021; NENDEL, 2021).

O método de orçamento de capital pelo fluxo de caixa parte da premissa de que o valor do dinheiro diminui ao longo do tempo, utilizando, então, para o seu cálculo a taxa de desconto. Esta serve também como balizadora de quanto poderá ser devolvido aos credores por parte da empresa para a continuidade de suas atividades (HAHN et al., 2018; JAFARIZADEH; BRATVOLD, 2021; YURIEVA et al., 2021).

## 2.5 Valor presente líquido

O valor presente líquido (VPL) de um projeto tem seu valor oriundo da somatória dos valores presentes obtidos por meio do fluxo de caixa subtraído do investimento inicial. Mostra-se como um importante indicativo de saúde financeira para a operacionalização do projeto de investimento, além de ser fundamental na decisão de investimento em projetos. Se o projeto possuir VPL maior que zero, ele mostra-se viável e, se for menor que zero, é inviável (DOBROWOLSKI; DROZDOWSKI, 2022; LILFORD et al., 2018; ZIĘTY et al., 2022).

Caso o projeto de investimento for mutuamente excludente, ou seja, se só for possível escolher um entre vários, o projeto com maior valor de VPL é o que terá vantagens de investimento sobre outros. Se houverem mais projetos, não mutuamente excludentes, eles terão seus VPL calculados individualmente e depois somados obtendo-se um VPL total (ASADUJJAMAN et al., 2021; GLIGOR, 2018; NOURY et al., 2020).

Salienta-se que o VPL é um método de análise de investimentos baseado no cálculo do fluxo de caixa descontado, pois considera o valor do dinheiro no tempo. Este indicador varia nos formatos de cálculo de acordo com o tipo de fluxo

de caixa, portanto, para projetos com maior extensão temporal, a periodicidade do fluxo de caixa será maior. Já em projetos com extensão temporal mais enxuta, o cálculo do VPL deve ser feito com periodicidade menor (KNOKE et al., 2020; MOON; BARAN, 2018; ZORE et al., 2018).

Existem passos para realizar o fluxo de caixa, que são: a identificação dos fluxos mais importantes do capital, ordenação para identificação da entrada e saída de capital, desconto dos valores com uma taxa de desconto apropriada, soma dos montantes resultantes para obtenção do VPL do projeto e, por fim, analise do resultado baseado nos critérios de seleção de projetos (DEMPSEY, 2019; MUHARAM; TARRAZON, 2017; SERRANO et al., 2017).

O VPL é calculado de forma determinística, obtido através de uma formulação estática e, mesmo que se utilizando de uma taxa de desconto adequada, terá um valor único. Este valor não irá sofrer nenhuma mudança, mesmo com as possibilidades de ocorrências futuras que não foram ponderadas no início do projeto de investimento (AGATON, 2021; GUO; ZHANG, 2020; SAVOLAINEN, 2016).

Visto que a modelagem do VPL é estática, ela não leva em consideração o valor do projeto sob condições de risco e incerteza. Sob estas condições, necessita-se de modelos com maior acurácia e mais eficazes, demonstrando qual será o valor presente do projeto sob diferentes circunstâncias. Isto evidencia quais podem ser os melhores e piores resultados, garantindo melhor análise do projeto sob condições de risco (CHEN et al., 2021; HAHN et al., 2018; MURGAS et al., 2021).

Desta forma, não se nega a importância de análises pautadas na utilização da modelagem estática do VPL, porém, deve-se sobrepor a ideia de que só o VPL estático analisará com qualidade o futuro do projeto de investimento. Para o melhor balizamento das finanças, devem-se considerar as incertezas do projeto de investimento, pois com estas, pode ocorrer uma modelagem probabilística com múltiplos cenários futuros (MAHDIYAR et al., 2021; SCARPA et al., 2021).

## 2.6 Flexibilidade gerencial

Com a introdução e emergência de novas tecnologias e a globalização dos mercados, as demandas mais específicas em um mundo mais rápido e conectado trazem uma pressão muito forte aos projetos de investimento. Tal fenômeno intensificou-se no século XXI, onde as fontes de pressão forçam o desenvolvimento de práticas administrativas diversificadas dentro das organizações (PÉREZ-PÉREZ et al., 2019; SEN et al., 2022; VAN DEN BOOMEN et al., 2020).

Projetos de investimento que procuram vantagens competitivas devem considerar a prática do gerenciamento flexível, cujo arcabouço é pautado no conhecimento oriundo da flexibilidade possível das operacionalizações gerenciais (ANNING-DORSON, 2021; BRIEST et al., 2020; GROSSMANN; ORLOV, 2022).

A flexibilidade gerencial relaciona-se intrinsecamente com as características do ambiente empresarial. Ambiente este em que as empresas almejam aumentar sua capitalização e alcançar fatias maiores dos mercados. Os mercados, de forma geral, estão sujeitos a muitas mudanças e muita pressão devido à competição. As empresas precisam se manter da forma mais flexível, prontas para mudanças de atitude frente às ocasiões do mercado (AGATON, 2021; BARBOSA, 2020; SEN et al., 2022).

A mudança organizacional considera um processo que utiliza diferentes indicadores, baseado na capacidade dinâmica. As capacidades dinâmicas possibilitam a integração e coordenação de recursos. As organizações econômicas devem sempre se posicionar estrategicamente, de forma a agir com as capacidades dinâmicas e de capital humano que possuem (GLIGOR, 2018; GRANDAGE, 2021; ZHANG et al., 2021a).

As capacidades dinâmicas permitem a construção das bases da flexibilidade organizacional para que organizações se encaixem no contexto econômico ou se realinhem em função de possíveis desvios. De forma operacional, a flexibilidade deve ser manejada, a fim de alinhar-se ao ambiente de projetos ao longo do tempo (CASTELLANOS; GEORGE, 2020; HIETAJÄRVI et al., 2017; MÜLLER et al., 2019).

No contexto das relações internas e externas ao projeto de investimento, o conceito de flexibilidade refere-se à habilidade de criar mudanças positivas, assim como a capacidade de resposta às mudanças não previstas. A flexibilidade interna é a capacidade de organizações adaptarem-se ao ambiente, enquanto flexibilidade externa refere-se à capacidade de influenciar o ambiente e reduzir vulnerabilidades em face da competitividade (PRINCE et al., 2022; SEN et al., 2022; SHALENDER et al., 2017).

A dinâmica organizacional deve ser estabelecida de forma que o projeto de investimento sempre possua capacidade de se renovar, expandir-se e adaptar-se aos desafios impostos pelos mercados. Em ambientes cuja incerteza é elevada, as metodologias de análise de decisões de investimento, como VPL e utilização da projeção do fluxo de caixa, não se mostram suficientes para a decisão por não considerarem a flexibilidade em seus cálculos (CLAUSSEN et al., 2018; SCHACHTER; MANCARELLA, 2016; WICAKSONO et al., 2019).

A abordagem do projeto com a Análise por Opções Reais (ROA) é interessante, pois considera as incertezas, por meio de simulações preditivas. Desta forma, ela nos permite conhecer, mediante predições, quais serão as possibilidades futuras, ofertando um melhor gerenciamento dos riscos inerentes aos tipos de cenários (FIORITI et al., 2021; HAHN et al., 2018; MURGAS et al., 2021).

A ROA funciona de forma análoga aos investimentos em opções financeiras, porém é voltada a projetos de investimento e abordagem com diversas opções para ativos tangíveis. As opções analisadas são variadas, pois devem lidar com aspectos gerenciais, demandando tomadas de atitudes diferentes. Portanto, a flexibilidade gerencial torna-se um fator necessário frente às incertezas do mercado e deve ser utilizada a favor dos tomadores de decisão (CHEN et al., 2021; FIORITI et al., 2021; PETERSEN et al., 2021).

Com as projeções obtidas pela ROA de subida e descida do projeto, a flexibilidade financeira poderá ser visualizada com a inserção das incertezas, o que permite a existência da flexibilidade gerencial e antevisão de problemas que poderão ser resolvidos com maior agilidade (BONAIMÉ et al., 2016; FEDOROV et al., 2021; LIU et al., 2022).

## 2.7 Análise de Opções Reais

A Análise de Opções Reais (*Real Options Analysis* - ROA) traz como conceito a aplicação das opções financeiras a ativos da vida real. Esta metodologia pode ser usada quando existe grau de incerteza, flexibilidade gerencial e as informações necessárias à avaliação econômica não se encontram totalmente claras no começo do projeto de investimento (AQUILA et al., 2020; BOLTON et al., 2019; ISAZA CUERVO et al., 2021).

As opções reais assemelham-se às opções financeiras convencionais já que são um direito, mas não a obrigação, de exercer uma determinada opção. No caso dos ativos da vida real, a opção está em tomar ou não uma determinada decisão. Isto confere vantagens a investidores que planejam suas decisões de acordo com as incertezas do mercado (ASSERETO; BYRNE, 2021; LIU et al., 2020; STEFFEN, 2018).

Em relação ao exercício das opções, existem duas formatações principais: a primeira é a europeia, em que o detentor da opção poderá exercê-la apenas na data de expiração; enquanto a opção americana poderá ser exercida a qualquer momento antes da expiração do contrato (BATTAUZ et al., 2021; MESGARANI; AHANJ; AGHDAM, 2022; SHANG; BYRNE, 2021).

As opções reais surgem como uma extensão às opções financeiras, já que se encontram voltadas aos ativos reais, como *commodities*, inserção e uso de tecnologias, equipamentos de grande porte, construções, entre outros, aumentando as opções de gerenciamento. A abordagem da ROA foi refinada por diversos autores, visto a gama de aplicações em diferentes áreas (AMORE, 2020; KIM; LI, 2020; YUE; YING, 2021).

A lógica das opções reais mostra-se como ferramenta importante para analisar investimentos sob situações de incerteza. Esta teoria sugere que, em condições de incerteza, gerentes de projetos de investimento podem e devem lançar mão de estratégias a fim de se manter. Isto possibilita redirecionamentos a partir de novas informações de mercado e sobre os investidores durante a vida econômica do projeto de investimento (SKROBOTOV, 2022; WANG et al., 2019; XU, 2022).

É importante destacar que todas as decisões tomadas com a ROA objetivam, em última instância, gerar flexibilidade gerencial para as adversidades impostas, abordando os acontecimentos futuros, além de diminuir ou aumentar, respectivamente, os impactos negativos ou positivos das decisões (HENAO et al., 2017; RIOS et al., 2019; SCHACHTER; MANCARELLA, 2016).

A ROA parte da premissa de que o valor presente do projeto deve ser obtido por meio do fluxo de caixa, com abordagens diversas de aplicação como a utilização de equações parciais derivadas e ferramentas matemáticas de modelagem (KIM et al., 2020; KIM et al., 2019; MURGAS et al., 2021).

O tomador de decisões poderá decidir sobre cada projeto de investimento, quando existir mais de um. Em relação ao mercado de ações, nota-se maior longevidade dos investimentos em opções reais, visto que os projetos de investimento devem ter planejamento e gerenciamento confiáveis (SUNG; PARK, 2019; YI; LIU, 2022; ZHENG et al., 2022).

A partir do modelo de precificação selecionado, calculam-se os valores das opções reais como função do tempo, dadas as informações necessárias para a modelagem. A aplicação da ROA permite que as opções sobre o investimento sejam alteradas de acordo com a duração do projeto, permitindo aos gestores fazerem mudanças no projeto, refletindo o valor de cada opção dentro do horizonte de planejamento (LI et al., 2022; RIOS et al., 2019).

A abordagem metodológica tradicional do fluxo de caixa estático não considera a flexibilidade dentro do valor presente do projeto, de forma que os valores oferecidos com opções reais podem melhorar as possibilidades de retorno sobre o investimento. Esta metodologia se mostra útil para o aperfeiçoamento de processos vindouros ao longo do horizonte temporal do projeto (DRANKA et al., 2020; GUEDES; SANTOS, 2016; MEHTA; ALI, 2021).

A ROA mostra-se bastante necessária em ambientes de alta incerteza, que implicam em tomadas de decisão flexíveis e valoração as opções existentes, predizendo economicamente o que pode acontecer. Projetos de investimento no âmbito florestal e agropecuário vêm utilizando modelos pautados na ROA (MARTINS et al., 2022; LÓPEZ-MARÍN et al., 2021; PEREIRA et al., 2020; SIMÕES et al., 2018).

## 2.8 Taxonomia das opções

Por se tratar de possibilidades de investimento em ativos reais, as opções se mostram tão amplas quanto os projetos aos quais estão relacionadas. Desta forma, os diferentes modelos são caracterizados por quantidades maiores ou menores de opções de gerenciamento (AGATON, 2021; CHEN et al., 2021; SCHACHTER; MANCARELLA, 2016).

Dentro da perspectiva abordada pela ROA e as diferentes metodologias de valoração utilizadas, podem ser valorados vários tipos de opções reais. Desta maneira, a flexibilidade e o retorno oriundo da simulação das incertezas gera um valor presente mais robusto ao projeto, já que considera as possibilidades de ocorrências de acordo com o mercado (HINO; HALL, 2017; KOTTAYI et al., 2019; SUNG; PARK, 2019).

O gerenciamento dos projetos de investimento agropecuários deve considerar todos os fatores produtivos, seus custos e os retornos aos acionistas. O horizonte temporal do projeto, a cultura envolvida e a integração de elementos traz maior complexidade à modelagem, porém, as possibilidades de realização do ciclo de trabalho do capital e, consequente, aumento da riqueza também são maiores quando o projeto é analisado sob a perspectiva das opções reais (DIAS; PETERS, 2021; KHARVI; PAKKALA, 2021; MINTAH, 2018).

### 2.8.1 Opção de diferimento

Dentro da perspectiva das opções americanas de compra, nas quais o exercício da opção poderá ser feito a qualquer momento dentro do tempo de investimento, a opção de diferir ou postergar o investimento é uma possibilidade de quando, por razões diversas, o cenário não se mostrar favorável ao investimento (CHENG et al., 2017; FERNANDES et al., 2013; KIM; LEE, 2018).

De forma geral, ao se aplicar modelos de diferimento de opções reais, pode-se também obter qual o melhor momento de investimento (*timing*), gerando eficiência analítica a este *timing*. Isso pode gerar melhores resultados aos

tomadores de decisão em detrimento de decisões arbitrárias ou com embasamento estático, desconsiderando a dinâmica do mercado (ISAZA CUERVO et al., 2021; KIM et al., 2020; SIRIONGVAKIN; ATHIGAKUNAGORN, 2020).

Em projetos em que o investimento não retornará totalmente e será realizado em um momento ótimo, a opção de diferir é extremamente válida, estimando com maior precisão quando será o melhor momento de investimento. Isto possibilita liberdade na formulação estratégica para o investidor, alocando o capital no tempo certo, de acordo com as condições de mercado (GUO et al., 2016; MOON; BARAN, 2018; OLANIYI et al., 2018).

Caso os modelos adotados mostrem uma projeção do valor presente negativa, um ponto importante na construção de modelos com esta opção é a possibilidade de se desfazer do projeto a qualquer momento. Isto permite que os tomadores de decisão tenham capacidade de visualização mais ampla da dinâmica do projeto (BOND et al., 2019; HAHN et al., 2018; MUHARAM; TARRAZON, 2017).

Deve-se considerar o papel importante que as incertezas exercem sobre a tomada de decisão, sejam elas endógenas ou exógenas ao projeto de investimento. Tais incertezas variam em quantidade e valor nos diferentes projetos de investimento em que esta metodologia é utilizada, sendo fatores importantes a construção dos modelos de opções (BHATTACHARYYA, 2018; CHI et al., 2019).

### 2.8.2 Opção de expansão

O valor de um projeto com a opção de expansão depende da evolução do seu valor futuro, ou seja, o exercício da opção de expansão a qualquer momento se justifica quando o valor presente do projeto com a opção for maior que o valor do projeto sem a mesma, em condições favoráveis de mercado. Observando-se que o valor presente do projeto não considera o investimento inicial realizado (HENAO et al., 2017; LI et al., 2022).

Existem situações em que os gerentes de projetos têm a possibilidade de fazer reinvestimentos, adentrar em novos mercados ou lançar novos produtos permitindo que o projeto de investimento tenha em suas expectativas futuras a opção de expandir. Portanto, esta opção permite que os tomadores de decisão invistam em outros projetos (BENITEZ; FERREIRA LIMA, 2019; CRUZ RAMBAUD; SÁNCHEZ PÉREZ, 2017; ZHOU et al., 2020).

Para a expansão, uma empresa com vários projetos de investimento pode aceitar um valor presente líquido negativo no começo do projeto pela possibilidade de ter retornos positivos ao valor presente durante a execução do mesmo, ou seja, o acréscimo ao valor do projeto inicial ao longo do tempo permite que seja concretizada a expansão (CHEN et al., 2021; MARQUES et al., 2021; TABASH et al., 2022).

Definir os limites de exercício desta opção é uma ferramenta importante para controlar de forma robusta as incertezas que circunscrevem qualquer projeto de investimento. É importante destacar que, com o passar do tempo de execução do projeto, o valor da opção tende a aumentar e as incertezas diminuírem, quando se chega próximo ao limite do tempo de exercício da opção, sendo uma possibilidade bastante interessante a se definir (FEDOROV et al., 2021; STICCA; NAKAO, 2019; ZERVOS et al., 2019).

A opção de expansão deve ser avaliada no início do projeto, assumindo que ele dará à empresa o direito de expandir e investir em novos projetos no futuro. O projeto inicial deve ter um horizonte de tempo pré-fixado, onde no final do mesmo será realizada a decisão de investir ou não em um segundo projeto. Portanto, a empresa não poderá fazer a expansão se não houver um primeiro projeto (BALLIAUW, 2021; MEHRDOUST; NOORANI, 2022; OLIVEIRA et al., 2021).

O primeiro projeto tem a possibilidade de possuir um VPL negativo ou próximo a zero e poderá ser reconhecido pelos investidores e tomadores de decisão como um projeto de baixo investimento inicial. O projeto de expansão possibilitará aumentar o valor presente em função de um maior montante arrecadado no primeiro projeto de investimento (FIORITI et al., 2021; YI; LIU, 2022).

### 2.8.3 Opção de abandono

A opção de abandono acontece quando o investimento em projetos não demonstra o retorno econômico esperado. Fato este que, ao ser sopesado por meio do VPL, não demonstra o montante esperado no início do projeto com aquilo que foi arrecadado. Desta forma, obtém-se um valor presente menor do que o pressuposto com o VPL, ou seja, o valor presente é menor do que o valor projetado (BANDA, 2021; HAHN et al., 2018; THIJSSEN, 2022).

Se o projeto de investimento tem um horizonte temporal, seu valor de continuidade deve ser comparado ao seu valor de abandono. Caso o valor de manter o projeto de investimento for maior, ele deve ser continuado; se o valor da opção de abandono do projeto for maior do que esperado, o detentor da opção deve considerar abandoná-lo (ADKINS; PAXSON, 2017; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ et al., 2021).

O valor de abandono do projeto fica claramente colocado em situações específicas e que não mudam durante seu horizonte temporal. A maioria dos projetos não possui o valor desta opção e o mesmo deve ser estimado como uma opção americana de venda. O valor de abandono pode variar no decorrer do projeto, tornando mais difícil a aplicação de técnicas de precificação de opções mais comumente utilizadas (ZHANG; YIN, 2021c; ZHOU et al., 2020).

É possível que o abandono de um projeto não traga liquidação total do investimento, porém, este opção pode criar mais custos, visto que, quando utilizando a mão de obra disponível, haverá um pagamento ao pessoal envolvido. Nestes casos, o abandono se tornaria viável apenas se o fluxo de caixa demonstrasse, robustamente, a diminuição do valor do projeto (MURGAS et al., 2021; SCHACHTER; MANCARELLA, 2016).

## 2.9 Apreçamento de opções

O apreçamento das opções é realizado a partir de modelos construídos por meio de parâmetros definidos de acordo com a atividade para a qual está sendo desenvolvida a modelagem. Esta modelagem considera um processo estocástico, baseado na aleatoriedade, que também é observada no caminho errático realizado pelo preço (GÓMEZ-PADILLA et al., 2021; YANG et al., 2016).

O movimento randômico, que mostra o movimento do preço de um ativo, faz com que os modelos de predição de preços de opções sobre ativos sigam no mesmo caminho, ou seja, tentam prever o preço das opções baseados nos últimos movimentos realizados (BOND et al., 2019; FENG et al., 2021; LIU et al., 2022).

Desta forma, procura-se por meio da construção de modelos de precificação, precificar os diferentes tipos de opções existentes. Os modelos são inicialmente construídos de forma mais simplificada e então vão sendo adicionados elementos para que a formulação fique mais robusta, procurando sempre maior proximidade à realidade (HAHN et al., 2018; XU, 2022; YU et al., 2019).

Na precificação das opções reais, a ideia da modelagem é a mesma. Desta forma, parte-se de um modelo mais simples e, em seguida, são construídos modelos mais complexos, que se encaixem melhor no projeto de investimento. Baseado na perspectiva de que projetos de investimento em diferentes áreas do mundo corporativo tem formulações diferentes, os modelos devem acompanhar tais diferenças (BALLOTTA; RAYÉE, 2022; KIM et al., 2019; MA et al., 2022).

Salienta-se que o uso de modelos de precificação robustos também está atrelado ao desenvolvimento de modelos com maior complexidade, aos avanços tecnológicos, às necessidades de cada projeto de investimento e o aprofundamento de pesquisas acadêmicas nas respectivas áreas (ALIBEIKI; LOTFALIEI, 2021; ČIRJEVSKIS, 2021; PRINCE et al., 2022).

### 2.9.1 Modelo de Black, Scholes e Merton

As primeiras tentativas de precificação de opções por uma abordagem que considerasse um processo estocástico deu-se, pela primeira vez, no começo do século XX, porém, nas primeiras versões eram utilizados modelos que, após o cômputo, tinham resultados negativos ou que os preços das opções excederiam o preço do ativo objeto, resultando em erro (HUBALEK; SCHACHERMAYER, 2021; NÁNDORI; PIRJOL, 2022; SUNG; PARK, 2019).

No início da década de 1970, Fischer Black e Myron Scholes publicaram o primeiro trabalho com sua fórmula recém-descoberta. Nessa época, Robert Merton conheceu os dois pesquisadores e melhorou a formulação original. O modelo recebeu, então, o nome dos três pesquisadores (BLACK; SCHOLES, 1973; MERTON, 1973).

Uma diferenciação importante do modelo de Black, Scholes e Merton (BSM) daqueles que haviam sido utilizados até então é a não utilização de parâmetros arbitrários, de forma a determinar quais são as variáveis que influenciam o preço das opções sobre ações. Outro problema resolvido pelo modelo BSM é a utilização de uma função log-normal para eliminar oscilações negativas de preços, representando o caminho aleatório realizado pelo preço (LI et al., 2022; LV et al., 2022; MALHOTRA et al., 2022).

As variáveis encontradas no modelo BSM que influenciam os preços das opções sobre ações são: o preço de mercado do ativo objeto, o preço de exercício, tempo até o vencimento da opção, taxa de juros livre de risco, a volatilidade do preço da ação e os dividendos esperados durante a vigência da opção, sendo este último adicionado à formulação original que não considerava o pagamento de dividendos (YI; LIU, 2022; ZHANG et al., 2022).

### 2.9.2 Modelo binomial

Em 1979, John Cox, Stephen Ross e Mark Rubinstein realizaram um importante trabalho, simplificando a forma como a precificação de opções era realizada, baseando-se na ideia da árvore de decisões. Seguindo os passos do

modelo BSM no apreçamento de opções, o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (CRR) propôs uma modelagem em formato de treliça binomial, que seguia um processo de Markov (COX et al., 1979; KIM et al., 2019; MEIER et al., 2021).

Diferente do modelo BSM que era em tempo contínuo, o CRR é um modelo em tempo discreto para valoração de opções. Isto simplificou os caminhos de precificação de opções, de forma que o modelo binomial possibilitou uma ampla gama de estudos e formalizações de modelos para vários segmentos que usam a valoração de opções, sejam elas financeiras ou reais (DING et al., 2022; GOMEZ-CUNYA et al., 2020; MOON, 2022).

Na concepção do modelo de treliça binomial, o tempo de exercício da expiração da opção é dividido em intervalos discretos iguais. Assume-se que em cada intervalo de tempo, o preço do ativo objeto move-se de um valor inicial para duas possibilidades, uma de subida outra de descida (DU et al., 2022; HE et al., 2021; KIM et al., 2020).

Este processo é repetido até a data de expiração da opção ser alcançada, com isto, o valor do ativo objeto é determinado em cada nó. No caso de projetos de investimento, o valor presente do projeto comporta-se de forma similar ao preço do ativo objeto (ANDALIB et al., 2018; HENAO et al., 2017; LONCAR et al., 2017).

A modelagem de árvores binomiais tenta fragmentar os caminhos aleatórios do preço do ativo objeto para obter maior precisão de caminho. Para a modelagem, existem parâmetros específicos que devem ser considerados, como o número de períodos, que caso sejam muito grandes, os intervalos acabam por prejudicar a modelagem computacional, aumentando os erros nos resultados (BASTIAN-PINTO, 2015; HOWE et al., 2018; WYNN et al., 2017).

O modelo de treliças foi construído em uma época em que os recursos computacionais eram inferiores aos atuais, o que favoreceu a construção de modelos com nós recombinantes, ou seja, o caminho realizado pelo preço possui mais de uma forma de chegar até o ponto final (DICLE; LEVENDIS, 2020; FIORITI et al., 2021; PASSOS et al., 2017).

Os caminhos aleatórios têm uma modelagem mais difícil quando a volatilidade varia em cada um dos períodos de tempo. Isto ocorre pois deve-se

calcular novamente a probabilidade e os valores de subida e descida em cada um dos nós (BRĂTIAN et al., 2022; DU, 2019; LO et al., 2022).

Quando a treliça é finalizada, obtém-se um modelo que estima o comportamento do ativo objeto. A resolução da árvore binomial segue um processo de Markov, portanto os nós terminais são resolvidos inicialmente de forma que o caminho resolutivo para a precificação de opções vai do final para o início do processo (ČIRJEVSKIS, 2021; DIAS; PETERS, 2021; ZERVOS et al., 2019).

O modelo binomial tem como principal vantagem a flexibilidade, quando comparado ao modelo BSM, já que simula tanto opções europeias quanto americanas, desta forma, obtendo abrangência e grande utilização no mercado de opções financeiras e opções reais (LIU; RONN, 2020; MUROI; SUDA, 2022; STOJKOSKI et al., 2021).

Um procedimento iterativo é realizado, expresso em formato de treliça binomial, permitindo a especificação de cada nó ou pontos na variação do tempo de exercício da opção. Cada nó da árvore é uma estimativa do movimento que o preço do ativo subjacente pode possuir nos sucessivos períodos de tempo (KIM et al., 2020; MURGAS; HENAO; GUZMAN, 2021; SHVIMER; HERBON, 2020a).

Os valores em cada nó dependem da probabilidade que o preço do ativo objeto terá de acréscimo ou decréscimo em cada um dos intervalos de tempo. No caso de subida na treliça, o fator u (*upward*) é utilizado, já na descida utiliza-se o fator d (*downward*). O movimento para cima ou para baixo depende de um fator probabilístico que considera a volatilidade do ativo (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ; PÉREZ-PÉREZ; PÉREZ-VAS, 2021; GHODDUSI, 2017).

Almejando sua construção, o modelo binomial considera o preço do ativo objeto à vista (preço *spot*); a taxa de juros livre de risco; a volatilidade, que será responsável pela abertura dos preços; o preço de exercício (*strike*) que é uma cláusula contratual; o tempo de vencimento; o fator de subida *u* e o fator de descida *d*; além da probabilidade de subida ou descida, que será diferente nos modelos binomiais em tempo contínuo e em tempo discreto (AHMADI et al., 2020; HE; SHI, 2016; SHVIMER; HERBON, 2020b).

### 2.9.3 Processo estocástico

Quando se diz que um processo é estocástico, este processo tem algum grau de aleatoriedade para o seu acontecimento em momentos futuros e não há determinação do estado do sistema após certo tempo. Por se tratar de um processo sobre as probabilidades de ocorrência de eventos futuros, calculam-se as probabilidades de ocorrência de eventos e não o que gerou este processo (ERDOGAN; LORD, 2022; KHARVI; PAKKALA, 2021; MURGAS et al., 2021).

Sistemas naturais apresentam variação ao longo do tempo, desta forma, as variáveis utilizadas para sua análise estão sujeitas às mudanças ao longo do tempo. Portanto, a natureza está sujeita às incertezas, criadas por fatores que são determinantes para a continuidade do processo em que o sistema está inserido. Desta forma, sistemas naturais expressam propriedades estocásticas (AYACHE; BOULY, 2022; KIM et al., 2019; LIU; THOMAKOS, 2021).

Estes processos são entendidos como uma coleção de variáveis aleatórias que se desenvolvem ao longo do tempo e tem, se não totalmente, parte do seu movimento aleatório. Desta maneira, dada uma condição inicial, vários caminhos são possíveis na evolução do movimento, implicando em modelagens que considerem todas as probabilidades de ocorrência de movimentos futuros (BAAQUIE, 2018; LI et al., 2022; YANO; KURODA, 2021).

Um modelo é determinístico quando, dadas as condições iniciais, pode-se prever a saída de um experimento com certeza. Já no modelo aleatório, sob condições iniciais não alteradas, cada experimento pode ser executado infinitas vezes e o resultado de saída não é o mesmo. Este tipo de modelo é utilizado para quantificação dos mais variados tipos de incertezas (PASSOS et al., 2017; PRINGLES et al., 2020; SKROBOTOV, 2022).

Desta forma, um processo estocástico é um sistema para o qual são feitas observações em intervalos de tempo iguais e o valor observado de saída está dentro do conjunto de resultados de uma variável aleatória. Os processos estocásticos podem ser divididos em processos em tempo discreto e contínuo (FUENTES et al., 2022; LIU et al., 2021; WU et al., 2018).

Os processos em tempo discreto são aqueles que podem ser contados, normalmente refletindo um conjunto enumerável. Já os processos em tempo

contínuo são aqueles em que as saídas estão no conjunto dos números reais e são associados à uma função de densidade de probabilidade (GOODELL et al., 2021; MAMAJIWALA; ROY, 2022; TUDOR et al., 2019).

Com relação aos processos em tempo discreto, o processo de Markov é utilizado para predições de saída quando esta saída é dada pela última movimentação observada, ou seja, não preservando memória de eventos ocorridos anteriormente. O resultado de saída e o tempo decorrido por esta são suficientes para aferir a probabilidade de movimentação para a próxima observação. Qualquer que seja a observação feita antes da última, não há influência no resultado de saída obtido no momento atual (LIU et al., 2020; MA et al., 2022; THIJSSEN, 2022).

Como este processo tem formulação relativamente simples, levando a representações matemáticas mais simplificadas, é amplamente utilizado para mensurações probabilísticas. A cadeia de Markov mostra, por meio de grafos com os nós específicos, os movimentos ocorridos ao longo do tempo. Pode-se também representar esta cadeia por meio de matrizes (DING et al., 2022; NENDEL, 2021; WALLER et al., 2019).

Uma cadeia de Markov apresenta três tipos de estados: transientes, quando são visitados uma única vez; os recorrentes, que quando atingidos sairão deste estado. Os transientes são estados que o caminho aleatório pode percorrer e não acabar em si e; os absorventes, onde não há chance de saída deste estado ao longo do tempo (KHARVI; PAKKALA, 2021; NENDEL, 2021; SHARMA, 2017).

Ao analisar uma cadeia Markoviana, há algumas questões a serem feitas. Por exemplo, quando o movimento inicia-se em um vértice qualquer, qual a probabilidade de visitar outro nó mais distante? Outra inferência é, iniciando-se o caminho por um nó qualquer, quantas visitas outro nó intermediário receberá para chegar a um terceiro nó? (ALHAGYAN, 2022; GUO et al., 2020; SANTILLI; TIERZ, 2021).

Objetivando responder estes questionamentos, utiliza-se da análise do primeiro passo, calculando-se então a probabilidade de absorção dos pontos que podem ser alcançados com o primeiro passo, depois, calcula-se o tempo médio até a absorção do movimento pautado na ideia de esperança condicional. Após os cálculos de um primeiro movimento, multiplica-se o valor do passo pela

probabilidade de chegar no passo seguinte, desta forma, realizando o caminho aleatório (BLOMVALL; HAGENBJÖRK, 2022; RUF, 2021; YAZDANI et al., 2022).

### 2.9.4 Tempo discreto

As variáveis aleatórias representam todos os valores possíveis que um número de acontecimentos pode apresentar e a sua distribuição de probabilidades. As variáveis aleatórias podem ser discretas e contínuas, as variáveis contínuas podem assumir quaisquer valores reais entre o mínimo e o máximo da probabilidade assumida e são calculadas por meio da integral definida da função (DU et al., 2022; HUBALEK; SCHACHERMAYER, 2021; LV; ZHENG; WANG, 2022).

Já as variáveis discretas só assumem valores finitos ou infinitos numeráveis e podem ser calculadas por meio de somatórias dos valores discretos assumidos nas distribuições de probabilidade. A função de probabilidade relaciona o valor assumido pela variável aleatória com a probabilidade de ocorrência. As distribuições em tempo discreto mais comuns são as distribuições de Bernoulli e a binomial (HOWE et al., 2018; XIE et al., 2021; ZMEŠKAL et al., 2022).

Como as variáveis aleatórias representam probabilidades de ocorrência, estas estão ligadas a experimentos realísticos e procuram quantificar estas ocorrências por meio de modelagens matemáticas. Para melhor posicionamento das distribuições, existem a esperança e a variância de cada tipo de distribuição (LO et al., 2022; POHL et al., 2022; XIE et al., 2022).

A esperança ou valor esperado é uma somatória de todos os valores assumidos pela variável aleatória discreta, multiplicados por cada uma de suas probabilidades, sendo uma medida da posição assumida pela distribuição. A variância representa uma medida da variabilidade da distribuição ou o centro de massa da distribuição. Esperança e variância representam o primeiro e o segundo momento de uma distribuição (KARMAKAR et al., 2018; NAKAMURA et al., 2022; RANDON-FURLING et al., 2022).

O processo de Bernoulli é uma sequência finita ou infinita de variáveis binárias aleatórias e ocorre quando existe apenas a possibilidade de sucesso ou

fracasso do experimento, sendo um processo estocástico em tempo discreto. A distribuição binomial é uma série de repetições dos experimentos de Bernoulli e será a variável aleatória do número de sucessos totais. Para a sua resolução, leva-se em consideração análise combinatória (MOLTCHANOVA, 2017; RUJIVAN; RAKWONGWAN, 2021; XIE et al., 2022).

Desta maneira, a distribuição binomial é utilizada para descrever uma variável aleatória sempre que esta se tratar de um experimento com repetições independentes, possibilidades apenas de sucesso e fracasso, além de probabilidade de sucesso constante (MAHADEO et al., 2022; WANG et al., 2019; WU et al., 2018).

### 2.9.5 Movimento Browniano Geométrico

O movimento browniano foi observado pela primeira vez por Robert Brown, que percebeu o movimento irregular e incessante que partículas de pólen apresentavam quando suspensas em água. Einstein (1905) explicou este fenômeno, mostrando que o movimento browniano ocorre por conta da incessante colisão de partículas de pólen com moléculas de água, não possuindo nenhuma força impulsionando o movimento (HOYYI et al., 2021; LI; WANG; ZHANG, 2022).

Bachelier (1900) propôs que o movimento de preços ocorre de forma semelhante a um movimento browniano, isto é, imprevisível e sem destino certo. Este movimento proposto por Bachelier era o movimento browniano aritmético, o qual foi retomado para estudos econômicos na década de 1960, fundamentado na hipótese do mercado eficiente (BRĂTIAN et al., 2022; LEVY, 2018; TUBIKANEC et al., 2022).

A hipótese do mercado eficiente propõe que o preço de ações comporta-se de forma aleatória, desta forma, em um dado momento próximo, o preço depende exclusivamente do preço no momento anterior para a sua predição ao invés de se considerar seu histórico de variação (DING et al., 2022; MICCIANCIO; WALTER, 2017; SHANG; BYRNE, 2021).

Um conceito econômico importante envolvido neste movimento é o de que mercados eficientes reagem imediatamente às novas informações recebidas e

não do ocorrido no passado. Percebeu-se que, ao analisar o modelo de Bachelier, este permitia a previsão de resultados negativos para ações, incorrendo em erro (ALHAGYAN et al., 2020; DIAS; PETERS, 2021).

A ideia de um preço negativo interfere no princípio da responsabilidade limitada, em que o acionista perde no máximo o montante de capital investido. Desta forma, retirará o capital investido devido ao baixo desempenho que a empresa detentora das ações possuir (BOLTON et al., 2019; CASTELLANOS; GEORGE, 2020; KOLB; SAVOV, 2016).

O modelo do movimento geométrico browniano (MGB) foi proposto por Samuelson (1965), o qual associa a descrição matemática do movimento browniano com a hipótese do mercado eficiente, gerando um processo estocástico que respeita o princípio da responsabilidade limitada (AYACHE; BOULY, 2022; FENG et al., 2021; IBRAHIM et al., 2021).

O fenômeno do MGB segue um processo de Wiener, consequentemente estocástico, em tempo discreto, com três propriedades importantes: é uma cadeia de Markov, ou seja, as estimativas matemáticas do próximo momento são realizadas apenas com as informações atuais; incrementos de Wiener são independentes e; os incrementos seguem distribuição normal (AYACHE; BOULY, 2022; MA et al., 2022; SINHA, 2021).

O uso do MGB para prever preços é bastante vasto, assim como sua utilização para precificação de opções reais. O modelo do MGB envolve o cálculo do *drift* (termo de retorno) e da volatilidade (termo de difusão). Desta forma, pode-se fazer a modelagem de preços de ações e seus derivativos, assumindo que o preço da ação segue um caminho aleatório (KIM; LI, 2020; LIU; ZHANG et al., 2022; MEHRDOUST; NOORANI, 2022).

O movimento aleatório necessita do preço atual do ativo para sua predição futura, desta forma, o MGB requer retornos do ativo em intervalos de tempo iguais e sucessivos para serem distribuídos de forma independente e normal. A hipótese da caminhada aleatória é consequência do MGB (HOYYI et al., 2021; KREPS; SCHACHERMAYER, 2020; MOON, 2022).

As equações que modelam o MGB podem apresentar *drift* e volatilidade como constantes, enquanto acontece a derivação do preço do ativo com valor maior que zero, representando o valor inicial do ativo. Na derivação do movimento,

deriva-se a variável do processo de Wiener, possuindo média zero e desvio-padrão igual a um; a derivação do tempo ocorre para a representação da mudança temporal (BOCKSELL; LOTH, 2006; FONSECA; ZHANG, 2019; HUSSAIN, 2020).

Como o MGB tem uma caracterização de movimento randômico, ele é utilizado para analisar principalmente períodos relativamente curtos de tempo, portanto, esta abordagem possui a limitação de não mostrar a tendência de comportamento dos preços para períodos mais longos (CORTAZAR et al., 2021; LEVY, 2018; TUBIKANEC et al., 2022).

### 2.9.6 Volatilidade

A volatilidade é a medida da alteração do preço que um ativo possui ao longo de um determinado período de tempo, desta forma, se o preço se mantiver relativamente estável, o título tem baixa volatilidade. Um ativo volátil move-se erraticamente e tem aumentos rápidos e quedas acentuadas (AGARWAL et al., 2017; LORIG et al., 2017; YANG et al., 2016).

A volatilidade de um ativo é um fator chave na fixação de preços dos contratos de opções, pois se refere à quantidade de incerteza ou risco relacionado a um ativo. Uma volatilidade mais alta garante movimentos maiores no preço, já uma volatilidade menor não muda o preço drasticamente. Para tomadores de decisão, a gestão dos riscos é de fundamental importância, pois permite maiores ganhos ao negociar ativos com maiores volatilidades (ALGHALITH et al., 2019; KANAMURA; BUNN, 2022; ZHENG et al., 2022).

A volatilidade mede a variância, que captura a dispersão dos retornos ao redor da média de um ativo, limitados a um intervalo de tempo específico. Esta volatilidade pode ser dividida em volatilidade histórica e volatilidade implícita. A volatilidade histórica é calculada através de séries históricas e representa a porcentagem dos retornos de um ativo no tempo (DEEV; PLÍHAL, 2022; DICLE; LEVENDIS, 2020; JANG; TAE, 2018).

A volatilidade implícita é utilizada para o cômputo do preço justo de uma opção, já que, no modelo BSM podem-se utilizar todos os outros parâmetros da modelagem já sabidos e fazer um caminho inverso para descobrir a volatilidade

em um prêmio diferente da opção, mostrando a inovação que a modelagem das opções pelo modelo BSM trouxe (ALHAGYAN et al., 2016; CORREIA et al., 2018; ZHENG et al., 2022).

Muitos tomadores de decisão utilizam a volatilidade como instrumento para compra e venda de ativos, além de estruturar estratégias com opções para maximização de lucros oriundos dos derivativos da ação, assim como a utilização desta informação para instrumentos de proteção financeira. Isto ocorre porque o que se negocia são as subidas e descidas do prêmio dos papéis referentes a um preço pressuposto de *strike* da ação (BAAQUIE; YU, 2017; ČIRJEVSKIS, 2021; YANG et al., 2016).

Existem várias formas de estimar a volatilidade e criar treliças com volatilidades diferentes ao longo do tempo de execução do projeto de investimento. Esta complexificação deu-se, também, por conta do aumento da potência computacional que ocorreu desde quando o modelo BSM foi exposto pela primeira vez (ALGHALITH et al., 2020; JANG; TAE, 2018; MAHADEO et al., 2022).

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 Objeto de estudo

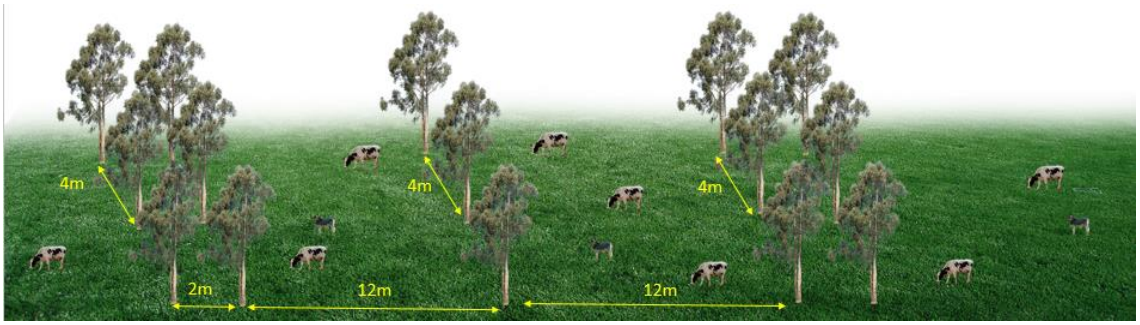
O estudo foi realizado em um sistema silvipastoril, implantado em uma área de quatro hectares, localizado no noroeste do estado do Mato Grosso, Brasil. O solo foi caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd), conforme Santos et al. (2018). Segundo Köppen-Geiger, o clima da região foi caracterizado como Am, de monções, com temperatura média anual de 28 ºC. A precipitação média anual varia entre 1.300 e 1.500 mm (ALVARES et al., 2013; APARECIDO et al., 2020; INMET, 2022).

A formação do sistema silvipastoril iniciou-se com a implantação, concomitante, da pastagem e do plantio das mudas. Na pastagem, foram utilizadas sementes de espécies forrageiras gramíneas e leguminosas.

As operações silviculturais realizadas na fase pré-plantio foram: Combate às plantas daninhas por meio da aplicação do herbicida pós-emergente Verdict R® (Haloxifope-P-metílico) e do pré-emergente Fordor® (Isoxaflutole). Correção da acidez do solo com a aplicação de calcário. Para o preparo de solo, utilizou-se a grade aradora e a grade niveladora, seguida da fertilização de base nas linhas de plantio, com o fertilizante Basiduo® formulação 03-26-05.

Por fim, foi realizado o plantio manual das mudas clonais do gênero *Eucalyptus* sp. (I144 destinado à serraria e VM01 destinado à produção de lenha) em dois esquemas alternados: a) fileiras simples com espaçamento de 4 m entre plantas e; b) fileiras duplas com espaçamento 2 m × 4 m. O espaçamento entre as fileiras foi de 12 m, totalizando 466 árvores por hectare (Figura 1).

**Figura 1 – Espaçamento entre os componentes do sistema silvipastoril com *Eucalyptus* sp. e pecuária**




No primeiro ano após o plantio, foram feitos o controle de formigas cortadeiras com iscas formicidas a base de fipronil e a passagem da grade aradora nas entrelinhas, a fim de eliminar a competição da pastagem com as árvores nas linhas duplas. No segundo ano, foram feitas a aplicação do herbicida pós-emergente nas linhas e a passagem da grade aradora nas entrelinhas das linhas duplas. Além disso, neste mesmo ano foram introduzidos os animais no sistema.

O componente pecuário foi composto por animais oriundos do cruzamento industrial de bovinos da raça Nelore e Angus. Alguns entraram ainda bezerros e foram engordados para a venda como boi magro, já os animais que entraram na fase de recria foram vendidos como boi gordo.

O boi magro possui como unidade de medida a quantidade de cabeças produzidas, o boi gordo tem representação em arrobas (@) em que 1@ equivale a 15 kg de carcaça (PAULA; ROSA, 2019). Desta forma, foram produzidas, aproximadamente, 0,455 cabeças $ha^{-1}$ de animais magros e 0,86 @ $ha^{-1}$ para o boi gordo.

Quanto ao manejo sanitário e reprodutivo, suplementação dos animais, aquisição dos mesmos, mão de obra e despesas gerais, assim como dispêndios com a pastagem, foram realizados do segundo até o décimo quinto ano do projeto.

No quinto ano, foi realizado um desbaste seletivo, restando 89 árvores por hectare. Em consonância a Magalhães et al. (2018) e Ribaski et al., (2019) essa operação justifica-se pela melhoria do bem-estar animal e aumento de produtividade bovina, além de servir como fonte de renda adicional com a venda

da madeira para lenha. A reforma da pastagem ocorreu no décimo primeiro ano. No décimo quinto ano, foi realizado o corte raso da floresta para obtenção de madeira que foi destinada à serraria.

## 3.2 Análise econômica

### 3.2.1 Fluxo de caixa do projeto de investimento

Os custos com o manejo silvicultural incluíram os tratos pré-plantio, plantio e manutenção da floresta; os custos com pecuária incluíram a semeadura e a manutenção das espécies vegetais e animais, além das instalações estruturais utilizadas para guardar maquinário, equipamento e adubos.

Ademais, considerou-se a remuneração pelo uso da terra, que representou o custo de oportunidade do negócio em manter o sistema silvipastoril em detrimento de outro tipo de sistema de cultivo, os custos de *overhead* da floresta e pró-labore.

A receita bruta foi obtida por meio do preço da madeira em pé para lenha no quinto ano, após desbaste seletivo, e ao décimo quinto ano com o corte raso da floresta para serraria. Além disso, incluiu a comercialização do boi magro e do boi gordo, a partir do segundo ano de implantação do sistema.

Foram considerados os impostos dos componentes florestal e pecuário, a saber: Fundo Estadual de Transporte e Habitação; Fundo de Apoio da Madeira; Guia de Transporte Animal; Fundo Emergencial de Saúde Animal do Estado do Mato Grosso; Fundo de Apoio à Bovinocultura de Corte; Imposto de Renda Pessoa Jurídica; Contribuição Social sobre o Lucro Líquido; Programa de Integração Social; Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social; Imposto Sobre Serviços; Imposto sobre o Território Rural; e o Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural.

O fluxo de caixa foi caracterizado como não convencional, de acordo com Katro e Kulakov (2020), projetado para um horizonte temporal de 15 anos, com as despesas desembolsáveis do sistema silvipastoril (Equação 1).

$$FC_i = (cab_i * P_{ci}) + (@ * P_{@i}) + (V_i * P_i) - CAPEX_f - CAPEX_p - CP - I_p - I_f \quad (1)$$

Em que:

$FC_i$ é o fluxo de caixa no período $i$;

$cab_i$ é a quantidade de cabeças produzidas no período $i$;

$P_{ci}$ é o preço da cabeça no período $i$;

$@$ é a quantidade de arrobas produzidas no período $i$;

$P_{@i}$ é o preço da arroba no período $i$;

$V_i$ é o volume de madeira produzida no período $i$;

$P_i$ é o preço do volume da madeira no período $i$;

$CAPEX_f$ é a despesa de capital para implantação da floresta;

$CAPEX_p$ é a despesa de capital para implantação da pastagem;

$CP$ é o custo de produção da pecuária a partir do segundo ano;

$I_p$ é a taxação de impostos incidentes sobre a produção pecuária;

$I_f$ é a taxação de impostos incidentes sobre a floresta.

### 3.2.2 Taxa do custo de oportunidade

A taxa do custo de oportunidade foi calculada por meio do custo médio ponderado de capital (Equação 2), conforme Markauskas e Saboniene (2020).

$$WACC = w_{equity} * r_{equity} + (1 - T) * w_{debt} * r_{debt} \quad (2)$$

Em que:

$WACC$ é o custo médio ponderado do capital;

$w_{equity}$ é a participação do capital próprio;

$r_{equity}$ é o retorno requerido sobre o capital próprio;

$T$ são os tributos pagos pela empresa;

$w_{debt}$ é a participação do capital de terceiros;

$r_{debt}$ é o retorno requerido sobre o capital de terceiros.

O custo do capital próprio (Equação 3) foi calculado pelo modelo de precificação de ativos, adicionado o risco-país, em conformidade à Teixeira et al. (2022).

$$K_e = Rf_G + R_C + \beta_{LL}(R_{ML} + R_{fL}) \quad (3)$$

Em que:
$K_e$ é o custo do capital próprio;
$Rf_G$ é a taxa livre de risco;
$R_C$ é o risco país
$\beta_{LL}$ é o beta calculado com base em um índice de mercado;
$R_{ML}$ é o retorno de mercado;
$R_{fL}$ é a taxa livre de risco.

O valor da taxa livre de risco obtido foi de 5,10%, incidente sob a média geométrica do período de 10 anos, esta taxa foi calculada por meio da série histórica obtida entre 1962 e 2022. A taxa livre de risco foi adotada com referência na *U.S. Department of Treasury* (U. S. DEPARTMENT OF TREASURY, 2022), pois é uma taxa aceita no mercado como título livre de risco.

O risco-país foi considerado tomando em conta o *Emerging Bond Index Plus* (EMBI+), de acordo com o banco JP Morgan (JP MORGAN, 2022). Neste índice, a série histórica considerada foi de abril de 1994 a setembro de 2022 e o seu valor foi de 3,93%.

Com relação à taxa de retorno esperada pela carteira de mercado, foram adotados valores disponíveis no S&P *Global Timber & Forestry index*. A média geométrica obtida foi de 21%, considerando a média geométrica em um período de 10 anos, fornecido pelo S&P *Dow Jones Indices* (S&P DOW JONES INDICES, 2022).

### 3.2.3 Valor presente líquido

O valor presente líquido (VPL) consta da somatória dos fluxos de caixa divididos pela taxa mínima de atratividade, projetados no tempo de 15 anos, subtraído o valor do investimento, conforme adaptado de Dobrowolski e Drozdowski (2022) (Equação 4).

$$VPL = \sum_{t=0}^{N} \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I \quad (4)$$

Em que:
$t$ é o tempo decorrido em anos;
$N$ é o número de períodos do fluxo de caixa;
$FC_t$ é o fluxo de caixa total;
$i$ é a taxa mínima de atratividade;
$I$ é o valor do investimento.

## 3.3 Volatilidade do projeto de investimento

Devido às incertezas associadas ao projeto de investimento, ponderou-se a série histórica do preço de venda da cabeça do boi magro mensal, por um período compreendido de 176 meses, já para o boi gordo a série histórica do preço mensal foi de 148 meses. A série histórica do preço de venda do metro cúbico de madeira foi de 228 meses.

Devido à desvalorização da moeda corrente brasileira (BRL), o valor monetário foi deflacionado para ser comparado e analisado ao longo do tempo sem distorções inflacionárias. Com o objetivo de deflacionar os valores, foi utilizado o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), conforme utilizado em Goes e Chinelato (2019). O mês-base de deflação foi agosto de 2022.

Após a realização do deflacionamento ocorreu a transformação dos valores do fluxo de caixa da moeda corrente brasileira para o dólar americano (USD), pois é a moeda de referência no mercado mundial. A taxa de câmbio foi de R$ 5,3588.

As três séries históricas apresentaram características similares ao Movimento Geométrico Browniano (MGB) e atuaram de forma similar ao processo estocástico para a modelagem de preços. O MGB é uma equação diferencial estocástica (EDE), ou seja, possui um componente determinístico e um componente estocástico. Desta forma, a solução analítica desta EDE é realizada por meio do Lema de Itô, se a variável seguir a condição derivada na Equação 5, conforme abordado em Sung e Park (2019).

$$dP = \mu P dt + \sigma P dz \quad (5)$$

Em que:
$P$ é o preço do ativo no instante $t$;
$\mu$ é a taxa de crescimento de $P$ (drift);
$\sigma$ é a volatilidade de $P$;
$dz$ é o incremento do processo estocástico.

A volatilidade do projeto (Equação 6) requerida para a construção da árvore binomial correspondeu a volatilidade da taxa de retorno (DRANKA et al., 2020).

$$z = ln\left(\frac{VP_1 + FC_1}{VP_0}\right) \quad (6)$$

Em que:
$z$ é o desvio-padrão;
$ln$ é o logaritmo neperiano;
$VP_1$ é o valor presente em $t$ = 1;
$VP_0$ é o valor presente em $t$ = 0;
$FC_1$ é o fluxo de caixa em $t$ =1.

O $FC_1$ é o fluxo de caixa no primeiro ano após a implantação do projeto de investimento, em que $\mathrm{VP}_1$ é determinado de acordo com a Equação 7.

$$VP_1 = \sum_{t=2}^{N} \frac{FC_t}{(1+i)^{t-1}} \tag{7}$$

A volatilidade do projeto foi obtida por meio do método de Monte Carlo, utilizando-se das fontes de incerteza do projeto que consistiram do preço da venda da @ do boi gordo, a cabeça do boi magro e o preço do m³ da madeira, partindo do pressuposto que o preço do ativo subjacente é o valor do projeto sem flexibilidade. A simulação pelo método de Monte Carlo foi realizada pelo software @Risk 8.2.2 Copyright© 2022 *Palisade Corporation* (PALISADE, 2022), com a geração de 100.000 números pseudoaleatórios.

Obtida a volatilidade do projeto, conjuntamente ao valor presente inicial e do primeiro período, foram determinados os valores para os próximos períodos através dos cálculos que consideram a probabilidade dos movimentos de subida ($u$) e de descida ($d$) (Equações 8 e 9) obtida de acordo com Xavier et al. (2020).

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \tag{8}$$

$$d = \frac{1}{u} = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \tag{9}$$

Com $u > d$

Em que:

$u$ é o movimento de subida;

$d$ é o movimento de descida;

$\sigma$ é a volatilidade do projeto;

$e$ é o número de *Neper*;

$\Delta t$ é a variação do tempo.

A probabilidade neutra ao risco ($p$) dos movimentos de subida ($u$) e de descida ($d$) foi calculada conforme proposto por Copeland e Antikarov (2001) (Equação 10).

$$p = \frac{\mathrm{e}^{R_F \Delta t} - d}{(u - d)} \tag{10}$$

$R_F \Delta t$ é uma constante.

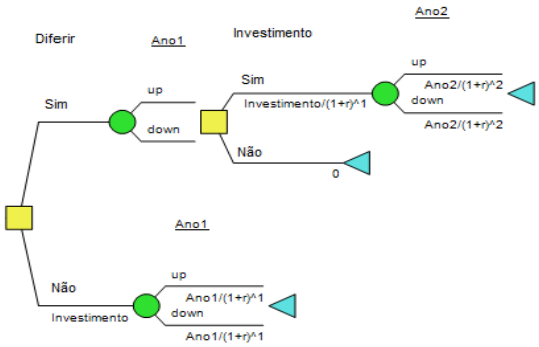
## 3.4 Modelo binomial de precificação

O modelo binomial de precificação foi construído com o software de análise de decisão DPL (SYNCOPATION, 2020). Nele, assumiu-se que o preço do ativo era o valor do projeto sem nenhuma flexibilidade com abordagem pautada no *market asset disclaimer*. A análise do projeto de investimento com as flexibilidades de gerenciamento pautou-se em quatro modelos que continham as opções reais.

Destarte, foram analisadas de forma independente as opções de diferimento, expansão e abandono. Desta forma, foram observados os valores que cada opção, individualmente, adicionou ao projeto. Sequencialmente, foi analisado um modelo composto pelas três opções reais combinadas, a fim de obter o valor atribuído ao projeto com todas as opções combinadas e precificadas conjuntamente.

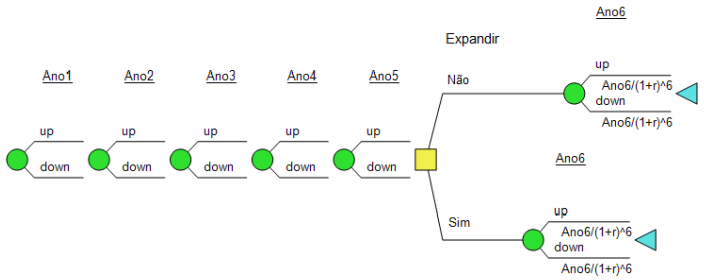
A opção de diferimento foi colocada no primeiro período da árvore (Figura 2), ou seja, se o investimento não for realizado no primeiro ano do projeto, o investidor poderá decidir investir no ano seguinte em melhores condições de mercado.

**Figura 2 – Árvore binomial da opção de diferimento**



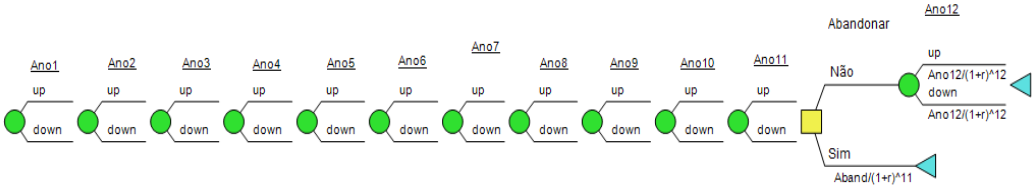

A opção de expansão em 20% do projeto de investimento ocorreu no quinto ano após a implantação do projeto. Isto se justifica, pois, nesse ano, foi realizado o desbaste seletivo com a finalidade de produção de madeira para lenha, incorrendo em maior fluxo de caixa no período (Figura 3).

**Figura 3 – Árvore binomial da opção de expansão**



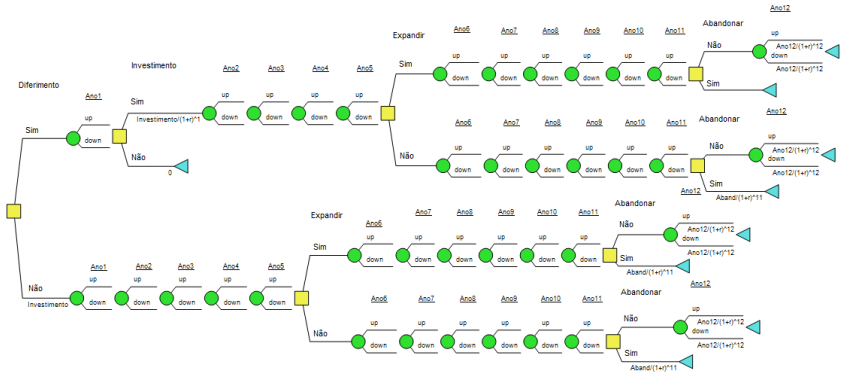

A opção de abandono ocorreu no décimo primeiro ano, pois foi o ano da realização da renovação do pasto, fato que onera os custos quando comparado aos anos em que não há essa prática (Figura 4)

**Figura 4 – Árvore binomial da opção de abandono**



O modelo com opções múltiplas (Figura 5) objetivou obter o valor das opções mediante suas combinações. Desta forma, expande-se a possibilidade de decisões ao investidor.

**Figura 5 – Árvore binomial com todas as opções combinadas**




Almejando obter as probabilidades das opções a serem exercidas, foram executados modelos utilizando uma taxa ajustada de risco. Esta se encontra representada pela taxa do custo de oportunidade do projeto de investimento, em detrimento da taxa livre de risco. Foi determinado o valor das opções reais maximizando a diferença entre o preço de exercício do respectivo ativo e zero.

Após a determinação do valor para cada opção, o cálculo do valor da opção real ($VOR$) foi obtido pela diferença entre o valor presente líquido expandido e o valor presente tradicional (Equação 11), de acordo com Zhang et al. (2021b).

$$VPL_{exp} = VPL_T + VOR \tag{11}$$

Em que:

$VPL_{exp}$ é o valor presente líquido expandido;

$VPL_T$ é o valor presente líquido tradicional;

$VOR$ é o valor das opções reais.

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 4.1 Retorno requerido dos investidores ao projeto

O risco sistemático foi de 0,35, o qual considerou nove empresas do setor florestal e de produção de proteína animal, que tem ações negociáveis na B3 S.A. (BRASIL, BOLSA, BALCÃO, 2022). As empresas foram Dexco S.A., Eucatex S.A. Indústria e Comércio, Klabin S.A., Melhoramentos S. A. e Suzano S.A., além de BRF S.A., JBS S.A., MARFRIG Global Foods S.A., Minerva Foods S.A.

O custo do capital próprio foi de 11,65%. Por meio da utilização do custo médio ponderado do capital, foi estimado o retorno requerido pelos investidores de 6,74%.

## 4.2 Modelo determinístico

O valor presente determinístico foi de USD 7.672, que somado ao valor do CAPEX, permitiu o cálculo do VPL tradicional do projeto, que foi de USD 5.287, isto é, USD 1.321 por hectare. Como o projeto possui um VPL positivo, assume-se que o mesmo é economicamente viável, visto que o VPL é maior que zero. Isto ocorre, pois se entende pelos investidores que há criação de valor e recuperação do capital investido (LEE; SHIN, 2018, ARNOLD; CRACK; SHWARTZ, 2022).

Ao realizar apenas a análise que considera o VPL estático, percebe-se que o projeto fica subvalorizado, quando comparado ao VPL expandido, o qual contabiliza o valor da opção. A análise do modelo determinístico é pouco aprofundada quando aplicada a projetos com risco envolvido e com longo horizonte de planejamento, como os sistemas silvipastoris (GASPARS-WIELOCH, 2019, PEYMANKAR; DAVARI; RANJBAR, 2021).

Ao aceitar ou rejeitar projetos de investimento sem considerar incertezas futuras, o VPL não reflete o valor potencial do projeto de investimento. A abordagem determinística, que não toma em consideração as flexibilidades, pode incorrer em estimativas sem acurácia em relação ao valor gerado pelos fluxos de caixa e, consequentemente, pode levar a uma desvalorização do projeto de investimento (ELARIANE; DUBÉ, 2019).

## 4.3 Modelo estocástico

Com a simulação por meio do método de Monte Carlo, foi possível encontrar o valor da volatilidade ($z$) do projeto, que foi de 15,63%. Desta forma, foi possível descrever os possíveis cenários que as incertezas do projeto trazem ao investimento.

A amostra aleatória dos retornos gerados pelos 100.000 números pseudoaleatórios permitiu o cálculo da volatilidade do projeto. A volatilidade é uma medida de dispersão (SEE-TO; YANG, 2017), caracterizada pelo desvio-padrão, e foi considerada constante durante a vida do projeto. Os movimentos de subida e descida foram calculados a partir da volatilidade (Tabela 1).

**Tabela 1 – Parâmetros para construção da árvore binomial**

| Parâmetros | Valores |
|---|---|
| Volatilidade ($\boldsymbol{z}$) | 15,63 |
| Fator de subida ($u$) | 1,17 |
| Fator de descida ($d$) | 0,86 |
| Probabilidade neutra ao risco ($\boldsymbol{p}$) | 4,19 |
| Valor presente ($\boldsymbol{VP}$) | 7.672,96 |
| CAPEX | 2.385,32 |

A opção de diferimento consiste na possibilidade de realizar o investimento em momento mais oportuno, isto é, em condições melhores de mercado. Esta opção torna-se relevante conforme as incertezas aumentam, pois agrega valor à possibilidade de adiar o início do projeto de investimento.

As incertezas se relacionam diretamente com a volatilidade do projeto, pois quanto maior o valor da incerteza, maior a possibilidade de retorno ao investidor. Isto se deve ao fato de que ao exercer a opção de adiar o projeto, as incertezas aumentam conforme o prazo de realização deste se aproxima, pois reflete maior incerteza, esta devido às perspectivas do projeto.

Desta forma, esta opção incorrerá em valor agregado ao projeto, pois acrescenta valor à espera pela obtenção de maiores informações, a qual é o valor da opção de diferimento (Tabela 2).

**Tabela 2 – Valor do projeto com a opção de diferimento, expansão e abandono**

| Opção real | Indicador | Valores |
|---|---|---|
| Diferimento | Valor expandido (USD) | 5.402 |
| | Valor da opção real (USD) | 115 |
| | Aumento do valor do VPL (%) | 2,17 |
| Expansão | Valor expandido (USD) | 0 |
| | Valor da opção real (USD) | 0 |
| | Aumento do valor do VPL (%) | 0 |
| Abandono | Valor expandido (USD) | 0 |
| | Valor da opção real (USD) | 0 |
| | Aumento do valor do VPL (%) | 0 |

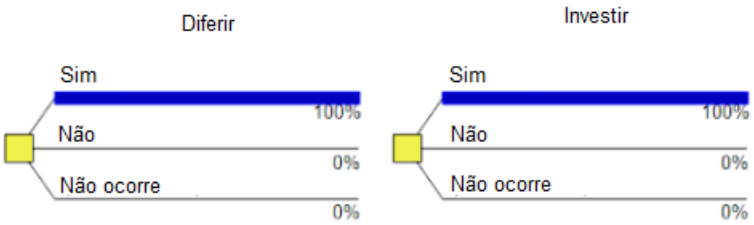
Incorporar a ROA a projetos de investimento permite incrementar a percepção dos riscos e alcançar flexibilidade gerencial por meio da tomada de decisões estratégicas (BRANDT et al., 2019; GINBO, et al., 2021). Com isto, devem ser construídos modelos que possam ser utilizados na agropecuária e que lidem com sistemas de produção diversificados, como os sistemas silvipastoris.

Ao implantar o projeto, a negociação do diferimento não impõe sobre o gerente do projeto de investimento a sua decisão. Esta opção demonstra uma perspectiva no âmbito de uma oportunidade gerencial, que serve como balizador do projeto e, caso seja viável, o exercício da opção.

A opção de diferimento, aglutinada ao ativo subjacente, modelou a implantação do projeto, objetivando aumentar a lucratividade do mesmo por meio de postergar o investimento até que se obtenham condições mais favoráveis de mercado. Esta opção permite tomada de decisões com maior embasamento técnico em cenários com condições de incerteza (ABIGABA; BENGTSSON; ROSENDAHL, 2021)

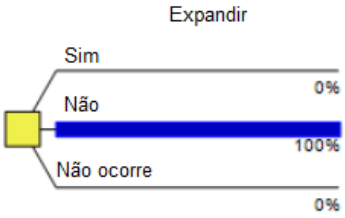
O VPL expandido da opção de diferimento foi de USD 115 com 100% de probabilidade de ser exercida (Figura 6). Isto mostra que o projeto não deveria ser exercido imediatamente, mas no segundo ano, quando a opção de diferimento possui seu prazo de maturação.

**Figura 6 – Probabilidade de ocorrência da opção de diferimento**



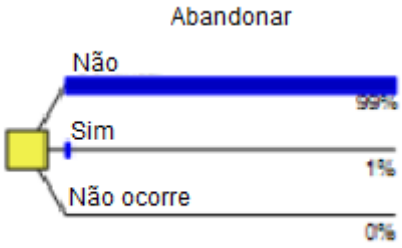

A opção de expandir o projeto só deve ser exercida quando o mercado apresenta condições favoráveis, permitindo maior aporte de capital para aumentar a produção. Assim, a probabilidade real de exercer essa opção demonstra que projetos devem ser expandidos apenas nos melhores cenários (ALIBEIKI; LOTFALIEI, 2021) A opção de expansão apresentou valor de USD 0, com 100% de probabilidade de não ser exercida (Figura 7).

**Figura 7 – Probabilidade de ocorrência da opção de expansão**




A opção de abandono só deverá ser exercida se o ganho com a opção for maior do que o valor presente dos fluxos de caixa esperados até o final da vida útil do projeto (AQUILA et al., 2020). Esta opção também não agregou valor ao projeto de investimento, já que obteve 99% de probabilidade de não ser exercida e 1% de ser exercida (Figura 8).

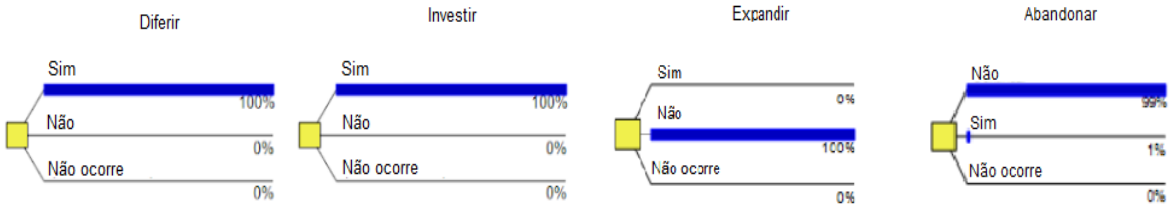
**Figura 8 – Probabilidade de ocorrência da opção de abandono**




Ao analisar o modelo desenvolvido com as três opções conjuntas, observa-se que a influência da opção de diferimento é a que agrega valor ao projeto. Porém, possuindo maior número de possibilidades por meio das múltiplas opções reais estudadas, a flexibilidade de gerenciamento existente ao tomador de decisões é maior, mesmo mostrando que algumas opções podem não agregar valor ao projeto de investimento.

Com mais escolhas disponíveis, foi possível adicionar valor ao projeto e, consequentemente, aumentar a atratividade do mesmo. A flexibilidade gerada no modelo com todas opções combinadas proporciona estimativas com maior acurácia em comparação à análise isolada das opções. Isto trouxe um aumento de 2,1% no valor do projeto de investimento. Desta forma, o VPL expandido de todas as opções combinadas foi USD 5.402.

**Figura 9 – Probabilidade de ocorrência com opções combinadas**



# 5 CONCLUSÕES

O projeto de investimento da integração floresta-pecuária evidencia que as opções reais permitem ajustes na trajetória do projeto, o qual demonstra-se economicamente viável por meio da abordagem com opções reais.

O projeto de investimento que toma em consideração o plantio de *Eucalyptus* consorciado a produção de animais em recria semiextensiva é confiável como investimento devido ao baixo valor do beta, o que significa baixo risco ao acionista e a baixa volatilidade agregada ao projeto.

Ao aplicar a ROA, constata-se que o diferimento é a única das opções analisadas que agrega valor ao projeto de investimento, promovendo incremento de aproximadamente 2,17%.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, K.; BERKHOUT, J.; HEIDERGOTT, B. A Critical Account of Perturbation Analysis of Markov Chains. **Markov Processes and Related Fields**, v. 22, n. 2, p. 227–265, 2016. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.04138. Disponível em: https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.04138. Acesso em: 12 mar. 2022.

ABDUL-SALAM, Y.; OVANDO, P.; ROBERTS, D. Understanding the economic barriers to the adoption of agroforestry: A Real Options analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 302, p. 113955, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113955. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113955. Acesso em: 9 fev. 2022.

ABIGABA, M.; BENGTSSON, J.; ROSENDAHL, K. How valuable is the option to defer Uganda's crude oil production? **Scientific African,** v. 13, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00868. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00868. Acesso em: 16 jan. 2023.

ADKINS, R.; PAXSON, D. The effects of an uncertain abandonment value on the investment decision. **The European Journal of Finance**, v. 23, n. 12, p. 1083–1106, 2017. DOI: 10.1080/1351847X.2015.1113195. Disponível em: https://doi.org/10.1080/1351847X.2015.1113195. Acesso em: 10 mar. 2022.

AGARWAL, V.; ARISOY, Y. E.; NAIK, N. Y. Volatility of aggregate volatility and hedge fund returns. **Journal of Financial Economics**, v. 125, n. 3, p. 491–510, 2017. DOI: 10.1016/j.jfineco.2017.06.015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jfineco.2017.06.015. Acesso em: 21 jan. 2022.

AGATON, C. B. Application of real options in carbon capture and storage literature: Valuation techniques and research hotspots. **Science of The Total Environment**, v. 795, p. 148683, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148683. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148683. Acesso em: 9 mar. 2022.

AHMADI, Z.; HOSSEINI, S. M.; BASTANI, A. F. A lattice-based approach to option and bond valuation under mean-reverting regime-switching diffusion processes. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 363, p. 156–170, 2020. DOI: 10.1016/j.cam.2019.06.002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2019.06.002. Acesso em: 12 fev. 2022.

ALEXANDRIDIS, A. K.; HASAN, M. S. Global financial crisis and multiscale systematic risk: Evidence from selected European stock markets. **International Journal of Finance and Economics**, v. 25, n. 4, p. 518–546, 2020. DOI: 10.1002/ijfe.1764. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ijfe.1764. Acesso em: 21 fev. 2022.

ALGHALITH, M.; FLOROS, C.; GKILLAS, K. Estimating stochastic volatility under the assumption of stochastic volatility of volatility. **Risks**, v. 8, n. 2, p. 1–15, 2020. DOI: 10.3390/risks8020035. Disponível em: 10.3390/risks8020035. Acesso em: 26 fev. 2022.

ALGHALITH, M.; FLOROS, C.; POUFINAS, T. Simplified option pricing techniques. **Annals of Financial Economics**, v. 14, n. 1, p. 1–19, 2019. DOI: 10.1142/S2010495219500039. DOI: 10.1142/S2010495219500039. Disponível em: https://doi.org/10.1142/S2010495219500039. Acesso em: 21 fev. 2022.

ALHAGYAN, M. The effects of incorporating memory and stochastic volatility into GBM to forecast exchange rates of Euro. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, n. 12, p. 9601–9608, 2022. DOI: 10.1016/j.aej.2022.03.036. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.036. Acesso em: 3 mar. 2022.

ALHAGYAN, M.; ALDUAIS, F.; ARABIA, S. Forecasting the performance of tadawul all share index (TASI) using geometric brownian motion and geometric fractional brownian motion. **Advances and Aplications in Statistics**, v. 62, n. 1, p. 55–65, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.17654/AS062010055. Disponível em: http://dx.doi.org/10.17654/AS062010055. Acesso em: 23 fev. 2022.

ALHAGYAN, M.; MISIRAN, M.; OMAR, Z. Estimation of geometric fractional Brownian motion perturbed by stochastic volatility model. **Far East Journal of Mathematical Sciences**, v. 99, n. 2, p. 221–235, 2016. DOI: 10.17654/MS099020221. Disponível em: 10.17654/MS099020221. Acesso em: 2 mar. 2022.

ALIBEIKI, H.; LOTFALIEI, B. To expand and to abandon: Real options under asset variance risk premium. **European Journal of Operational Research**, 2021. DOI: 10.1016/J.EJOR.2021.10.027. Disponível em: 10.1016/J.EJOR.2021.10.027. Acesso em: 29 nov. 2021.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em: 12 maio 2022.

AMORE, M. D. Innovation disclosure in times of uncertainty. **Journal of Economics & Management Strategy**, v. 29, n. 4, p. 792–815, 2020. DOI: https://doi.org/10.1111/jems.12390. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jems.12390. Acesso em: 22 nov. 2021.

ANDALIB, M. S.; TAVAKOLAN, M.; GATMIRI, B. Modeling managerial behavior in real options valuation for project-based environments. **International Journal of Project Management**, v. 36, n. 4, p. 600–611, 2018. DOI: 10.1016/j.ijproman.2018.02.001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.02.001. Acesso em: 22 nov. 2021.

ANDRÉS, P.; FUENTE, G.; SAN MARTÍN, P. Capital budgeting practices in Spain. **BRQ Business Research Quarterly**, v. 18, n. 1, p. 37–56, 2015. DOI: 10.1016/j.brq.2014.08.002. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.brq.2014.08.002. Acesso em: 17 out. 2021.

ANGELOPOULOS, D.; DOUKAS, H.; PSARRAS, J.; STAMTSIS, G. Risk-based analysis and policy implications for renewable energy investments in Greece. **Energy Policy**, v. 105, n. October 2016, p. 512–523, 2017. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.02.048. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.048. Acesso em: 9 nov. 2021.

ANNING-DORSON, T. Organizational culture and leadership as antecedents to organizational flexibility: implications for SME competitiveness. **Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies**, v. 13, n. 5, p. 1309–1325, 2021. DOI: 10.1108/JEEE-08-2020-0288. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JEEE-08-2020-0288l. Acesso em: 4 dez. 2021.

APARECIDO, L. E. O.; MORAES, J. R. S.C.; MENESES, K. C.; TORSONI, G. B.; LIMA, R. F.; COSTA, C. T. S. Köppen-Geiger and Camargo climate classifications for the Midwest of Brasil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 142, n. 3–4, p. 1133–1145, 2020. DOI: 10.1007/s00704-020-03358-2. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00704-020-03358-2. Acesso em: 19 jun. 2022.

APERGIS, N.; REHMAN, M. U. Is CAPM a Behavioral Model? Estimating Sentiments from Rationalism. **Journal of Behavioral Finance**, v. 19, n. 4, p. 442–449, 2018. DOI: 10.1080/15427560.2018.1431885. Disponível em: https://doi.org/10.1080/15427560.2018.1431885. Acesso em: 9 nov. 2021.

AQUILA, G.; QUEIROZ, A. R.; BALESTRASSI, P. P.; JUNIOR, P. R.; ROCHA, L. C. S.; PAMPLONA, E. O.; NAKAMURA, W. T. Wind energy investments facing uncertainties in the Brazilian electricity spot market: A real options approach. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 42, p. 100876, 1 dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100876. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100876. Acesso em: 12 mar. 2022.

ARNOLD, T.; CRACK, T. F.; SCHWARTZ, A. Embedding a net present value analysis into a binomial tree with a real option analysis. **Managerial and decision economics**, v. 43, n. 7, p. 2924-2934, 2022. DOI: 10.1002/mde.3572. Disponível em: 10.1002/mde.3572. Acesso em: 18 jan. 2023.

ARSHAD, M.; MUNIR, S.; AHMAD, B.; WASEEM, M. Do factors matter for predicting high-risk stock returns? Comparison of single-, three- and five-factor CAPM. **International Journal of Financial Engineering**, v. 06, n. 02, p. 1950015, 2019. DOI: 10.1142/s2424786319500154. Disponível em: https://doi.org/10.1142/S2424786319500154. Acesso em: 25 out. 2021.

ASADUJJAMAN, M.; RAHMAN, H. F.; CHAKRABORTTY, R. K.; RYAN, M. J. Resource constrained project scheduling and material ordering problem with discounted cash flows. **Computers and Industrial Engineering**, v. 158, n. June,

p. 107427, 2021. DOI: 10.1016/j.cie.2021.107427. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107427. Acesso em: 12 nov. 2021.

ASSERETO, M.; BYRNE, J. No real option for solar in Ireland: A real option valuation of utility scale solar investment in Ireland. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 143, p. 110892, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110892. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110892. Acesso em: 22 fev. 2022.

ÁVILA-RAMÍREZ, D. N.; LARA-BUENO, A.; KRISHNAMURTHY, L.; ESPINOSA-AVIÑA, F.; ESCUTIA-SÁNCHEZ, J. A.; URIBE-GÓMEZ, M. Seasonal silvopastoral system with sheep in pine-oak forest: effects on soil and vegetation. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 5, p. 1637–1645, 2019. DOI: 10.1007/s10457-019-00379-3. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-019-00379-3. Acesso em:

AYACHE, A.; BOULY, F. Moving average Multifractional Processes with Random Exponent: Lower bounds for local oscillations. **Stochastic Processes and their Applications**, v. 146, p. 143–163, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spa.2022.01.003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spa.2022.01.003. Acesso em: 9 fev. 2022.

AYNEKULU, E.; SUBER, M.; NOORDWIJK, M.; ARANGO, J. Carbon Storage Potential of Silvopastoral Systems. **Land**, v. 9, p. 1–12, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/land9090309. Disponível em: https://doi.org/10.3390/land9090309. Acesso em:4 ago. 2021.

BAAQUIE, B. E. Bonds with index-linked stochastic coupons in quantum finance. **Physica A**, v. 499, p. 148–169, 2018. DOI: 10.1016/j.physa.2018.02.003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.02.003. Acesso em: 21 jan. 2022.

BAAQUIE, B. E.; YU, M. Option price and market instability. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 471, p. 512–535, 2017. DOI: 10.1016/j.physa.2016.11.080. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2016.11.080. 21 nov. 2021.

BACHELIER, L. Théorie de la spéculation. **Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure**, v. 17, n. 3, p. 21–86, 1900. Disponível em: http://www.numdam.org/item/?id=ASENS_1900_3_17__21_0. Acesso em: 13 mar. 2022.

BACHNER, G.; MAYER, J.; STEININGER, K. W. Costs or benefits? Assessing the economy-wide effects of the electricity sector's low carbon transition – The role of capital costs, divergent risk perceptions and premiums. **Energy Strategy Reviews**, v. 2, art. n. 100373, 2019. DOI: 10.1016/j.esr.2019.100373. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100373. Acesso em:19 nov. 2021.

BAI, H.; HOU, K.; KUNG, H.; LI, E. X. N.; ZHANG, L. The CAPM strikes back? An equilibrium model with disasters. **Journal of Financial Economics**, v. 131, n. 2, p. 269–298, 2019. DOI: 10.1016/j.jfineco.2018.08.009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2018.08.009. Acesso em: 23 out. 2022.

BALLIAUW, M. Time to build: A real options analysis of port capacity expansion investments under uncertainty. **Research in Transportation Economics**, v. 90, n. July 2020, p. 100929, 2021. DOI: 10.1016/j.retrec.2020.100929. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100929. Acesso em: 3 fev. 2022.

BALLOTTA, L.; RAYÉE, G. Smiles & smirks: Volatility and leverage by jumps. **European Journal of Operational Research**, v. 298, n. 3, p. 1145–1161, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.08.023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.08.023. Acesso em: 8 mar. 2022.

BANDA, W. A real options based framework for assessing the international attractiveness of mining taxation regimes. **Resources Policy**, v. 74, n. October, p. 102414, 2021. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102414. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102414. Acesso em: 21 fev. 2022.

BARBERÀ-MARINÉ, M. G.; LAUMANN, Y.; FABREGAT-AIBAR, L. Analysis of Fuzzy Beta Coefficients: Evidence from the Mexican Stock Market**. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowlege-Based Systems**, v. 26, n. December, p. 59–69, 2018. DOI: 10.1142/S0218488518400044. Disponível em: https://doi.org/10.1142/S0218488518400044. Acesso em: 12 fev. 2022.

BARBOSA, N. Portuguese farming firms' growth: Do human capital and managerial capabilities matter? **New Medit**, v. 19, n. 1, p. 101–116, 2020. DOI: 10.30682/nm2001g. Disponível em: 10.30682/nm2001g. Acesso em: 3 dez. 2021.

BASSOLI, H. M.; BATISTELA, G. C.; FENNER, P. T.; SIMÕES, D. Custo anual uniforme equivalente de máquinas de colheita de madeira: uma abordagem estocástica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 40, 2020. DOI: 10.4336/2020.pfb.40e201902073. Disponível em: 10.4336/2020.pfb.40e201902073. Acesso em: 2 fev. 2022.

BATTAUZ, A., DE DONNO, M.; GAJDA, J.; SBUELZ, A. Optimal exercise of American put options near maturity: A new economic perspective. **Review of Derivatives Research**, 2021. DOI: 10.1007/s11147-021-09180-w. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11147-021-09180-w. Acesso em: 5 dez. 2021.

BENITEZ, G. B.; LIMA, M. J R. F.The real options method applied to decision making – an investment analysis. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 4, p. 562–571, 2019. DOI: 10.14488/bjopm.2019.v16.n4.a2. Disponível em: 10.14488/bjopm.2019.v16.n4.a2. Acesso em: 3 dez. 2021.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 0, n. 60, p. 77–88, 2010. DOI: 10.4336/2009.pfb.60.77. Disponível

em: https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/48. Acesso em: 16 ago. 2021.

BEYER, A.; SMITH, K. C. Learning about risk-factor exposures from earnings: Implications for asset pricing and manipulation. **Journal of Accounting and Economics**, v. 72, n. 1, p. 101404, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jacceco.2021.101404. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jacceco.2021.101404. Acesso em: 21 ago. 2021.

BISCEGLIA, M.; SCIGLIUTO, I. The Beta Coefficient of an Unlisted Bank. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 235, p. 638–647, 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.11.087. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.087. Acesso em: 5 out. 2021.

BISTLINE, J. E.; COMELLO, S. D.; SAHOO, A. Managerial flexibility in levelized cost measures: A framework for incorporating uncertainty in energy investment decisions. **Energy**, v. 151, p. 211–225, 2018. DOI: 10.1016/j.energy.2018.03.036. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.036. Acesso em: 2 jul. 2021.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637–654, 1973. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1831029. Acesso em: 14 abr. 2022.

BLOMVALL, J.; HAGENBJÖRK, J. Reducing transaction costs for interest rate risk hedging with stochastic programming. **European Journal of Operational Research**, v. 302, n. 3, p. 1282 -1293, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.02.004. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.02.004. Acesso em: 19 maio 2022.

BOCKSELL, T. L.; LOTH, E. Stochastic modeling of particle diffusion in a turbulent boundary layer. **International Journal of Multiphase Flow**, v. 32, n. 10–11, p. 1234–1253, out. 2006. DOI: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2006.05.013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2006.05.013. Acesso em: 23 fev. 2022.

BOLTON, P.; WANG, N.; YANG, J. Investment under uncertainty with financial constraints. **Journal of Economic Theory**, v. 184, art. N. 104912, 2019. DOI: 10.1016/J.JET.2019.06.008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jet.2019.06.008. Acesso em: 12 fev. 2022.

BONAIMÉ, A. A.; HANKINS, K. W.; JORDAN, B. D. The cost of financial flexibility: Evidence from share repurchases. **Journal of Corporate Finance**, v. 38, p. 345–362, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2016.02.002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2016.02.002. Acesso em: 29 out. 2021.

BOND, S. A.; SHILLING, J. D.; WURTZEBACH, C. H. Commercial Real Estate Market Property Level Capital Expenditures: An Options Analysis. **The Journal of Real Estate Finance and Economics**, v. 59, n. 3, p. 372–390, 2019. DOI:

10.1007/s11146-018-9680-1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11146-018-9680-1. Acesso em: 8 mar. 2022.

BOJANIC, H. A. The Rapid Agricultural Development of Brazil in the Last 20 Years. **EuroChoices**, v. 16, n. 1, p. 5 – 10, 2017. DOI: https://doi.org/10.1111/1746-692X.12143. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1746-692X.12143. Acesso em: 16 jan. 2023.

BRANDT, K.; WILSON, A.; BENDER; D., DOLAN, J. D; WOLCOTT, M. P. Techno-economic analysis for manufacturing cross-laminated timber. **BioResources**, v. 14, n. 4, p. 7790-7804, 2019. DOI: 10.15376/biores.14.4.7790-7804. Disponível em: 10.15376/biores.14.4.7790-7804. Acesso em: 5 jan. 2023.

BRASIL, BOLSA, BALCÃO. Cotações históricas. 2022. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/historico/mercado-a-vista/cotacoes-historicas/. Acesso em: 27 set. 2022.

BRASIL. Lei complementar nº 123, de 14 de Dezembro de 2006. Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2006.

BRASIL. Institui o Programa de Assistência ao Trabalhador Rural, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1971.

BRASIL. Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, sobre pagamento da dívida representada por Títulos da Dívida Agrária e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1996.

BRĂTIAN, V., ACU, A.-M.; MIHAIU, D. M.; ȘERBAN, R.-A. Geometric Brownian Motion (GBM) of Stock Indexes and Financial Market Uncertainty in the Context of Non-Crisis and Financial Crisis Scenarios. **Mathematics**, v. 10, n. 3, 2022. DOI: 10.3390/math10030309. Disponível em: https://doi.org/10.3390/math10030309. Acesso em: 25 fev. 2022.

BRENES GONZÁLEZ, H. A. El coeficiente beta (β) como medida del riesgo sistemático: Una demostración de que el valor del riesgo sistemático del mercado es igual a uno. **REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas**, v. 6, n. 12, p. 1–20, 2019. DOI: https://doi.org/10.5377/reice.v6i12.7473. Disponível em: https://doi.org/10.5377/reice.v6i12.7473. Acesso em: 2 nov. 2021.

BRIEST, G.; LUKAS, E.; MÖLLS, S. H.; WILLERSHAUSEN, T. Innovation speed under uncertainty and competition. **Managerial and Decision Economics**, v. 41, n. 8, p. 1517–1527, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/mde.3199. Disponível em: https://doi.org/10.1002/mde.3199. Acesso em: 25 out. 2021.

BROOM, D. M. Components of sustainable animal production and the use of silvopastoral systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 8, p. 683–688,

2017. DOI: 10.1590/S1806-92902017000800009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000800009. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRUSOV, P.; FILATOVA, T.; OREKHOVA, N.; KULIK, V.; CHANG, S. I.; LIN, G. Generalization of the modigliani–miller theory for the case of variable profit. **Mathematics**, v. 9, n. 11, 2021. DOI: 10.3390/math9111286. Disponível em: https://doi.org/10.3390/math9111286. Acesso em: 21 jan. 2022.

CARAUTA, M.; LATYNSKIY, E.; MÖSSINGER, J.; GIL, J.; LIBERA, A.; HAMPF, A.; MONTEIRO, L.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Can preferential credit programs speed up the adoption of low-carbon agricultural systems in Mato Grosso, Brazil? Results from bioeconomic microsimulation. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 117–128, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s10113-017-1104-x. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10113-017-1104-x. Acesso em: 8 dezembro 2022.

CARLUCCIO, J.; MAZET-SONILHAC, C.; MÉSONNIER, J. S. Private firms, corporate investment and the WACC: evidence from France. **European Journal of Finance**, 2021. DOI: 10.1080/1351847X.2021.1955463. Disponível em: https://doi.org/10.1080/1351847X.2021.1955463. Acesso em: 2 fev. 2022.

CASTELLANOS, J. D.; GEORGE, B. Boardroom leadership: the board of directors as a source of strategic leadership. **Economics and Business Review**, v. 6, n. 20, p. 103–119, 2020. DOI: 10.18559/ebr.2020.1.5. Disponível em: 10.18559/ebr.2020.1.5. Acesso em: 12 nov. 2021.

ČERNÝ, A.; RUF, J. Simplified stochastic calculus with applications in Economics and Finance. **European Journal of Operational Research**, v. 293, n. 2, p. 547–560, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.12.037. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.12.037. Acesso em: 7 mar. 2022.

CHEN, B.; YANG, J.; ZHANG, C. Corporate investment and financing with uncertain growth opportunities. **International Review of Finance**, v. 21, n. 3, p. 821–842, 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/irfi.12298. Disponível em: https://doi.org/10.1111/irfi.12298. Acesso em: 22 nov. 2022.

CHEN, J. On the theoretical foundation of corporate finance. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 59, p. 256–262, 2021. DOI: 10.1016/j.strueco.2021.08.012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.08.012. Acesso em: 22 nov. 2022.

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**, v. 127, p. 594–610, 2017. DOI: 10.1016/j.energy.2017.03.157. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.157. Acesso em: 24 nov. 2022.

CHIZMAR, S.; CASTILLO, M.; PIZARRO, D.; VASQUEZ, H.; BERNAL, W.; RIVERA, R.; SILLS, E.; ABT, R.; PARAJULI, R.; CUBBAGE, F. A discounted cash flow and capital budgeting analysis of silvopastoral systems in the Amazonas

region of Peru. **Land**, v. 9, n. 10, p. 1–15, 2020. DOI: 10.3390/land9100353. Disponível em: https://doi.org/10.3390/land9100353. Acesso em: 21 out. 2022.

ČIRJEVSKIS, A. Value Maximizing Decisions in the Real Estate Market: Real Options Valuation Approach. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 14, n. 6, p. 278, 2021. DOI: 10.3390/jrfm14060278. Disponível em: https://doi.org/10.3390/jrfm14060278. Acesso em: 3 mar. 2022.

CLAUSSEN, J.; ESSLING, C.; PEUKERT, C. Demand variation, strategic flexibility and market entry: Evidence from the U.S. airline industry. **Strategic Management Journal**, v. 39, n. 11, p. 2877–2898, 2018. DOI: 10.1002/smj.2940. Disponível em: https://doi.org/10.1002/smj.2940. Acesso em: 15 nov. 2021.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Real Options: A Practitioner's Guide**. Knutsford: Texere Publishing, 2001. 372 p. ISBN: 978-1587990281.

CORREIA, M.; KANG, J.; RICHARDSON, S. Asset volatility. **Review of Accounting Studies**, v. 23, n. 1, p. 37–94, 2018. DOI: 10.1007/s11142-017-9431-1. Disponível em: 10.1007/s11142-017-9431-1. Acesso em: 2 mar. 2022.

CORTAZAR, G.; NARANJO, L.; SAINZ, F. Optimal decision policy for real options under general Markovian dynamics. **European Journal of Operational Research**, v. 288, n. 2, p. 634–647, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.06.010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.06.010. Acesso em: 24 jan. 2022.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: A simplified approach. **Journal of Financial Economics**, v. 7, n. 3, p. 229–263, 1979. DOI: https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90015-1. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90015-1. Acesso em: 20 mar. 2022.

CRUZ RAMBAUD, S.; SÁNCHEZ PÉREZ, A. M. The option to expand a project: its assessment with the binomial options pricing model. **Operations Research Perspectives**, v. 4, p. 12–20, 2017. DOI: 10.1016/j.orp.2017.01.001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.orp.2017.01.001. Acesso em: 2 dez. 2021.

CUEVAS-REYES, V.; JIMÉNEZ, J. E. R.; SÁNCHEZ-TOLEDANO, B. I.; GALLEGOS, T. M.; NIETO, C. R. Financial and economic evaluation of an intensive low- irrigation silvopastoral system. **Revista mexicana de ciencias forestales**, v. 11, n. 62, p. 89 - 110, 2020. DOI: https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.759.Disponível em: https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.759. Acesso em: 21 out. 2021.

CUNHA, T. Q. G.; SANTOS, A. C.; NOVAES, E.; HANSTED, A. L. S.; YAMAJI, F. M.; SETTE, C. R. Eucalyptus expansion in Brazil: Energy yield in new forest frontiers. **Biomass and Bioenergy**, v. 144, art. n. 105900, 2021. DOI: 10.1016/j.biombioe.2020.105900. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105900. Acesso em:29 abr. 2022.

DEC, M. From point through density valuation to individual risk assessment in the discounted cash flows method. **International Journal of Finance and Economics**, p. 5621–5635, 2020. DOI: 10.1002/ijfe.2084. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ijfe.2084. Acesso em: 9 nov. 2021.

DEEV, O.; PLÍHAL, T. How to calm down the markets? The effects of COVID-19 economic policy responses on financial market uncertainty. **Research in International Business and Finance**, v. 60, p. 101613, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101613. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101613. Acesso em: 19 maio 2022.

DELAPEDRA-SILVA, V.; FERREIRA, P.; CUNHA, J.; KIMURA, H. Methods for Financial Assessment of Renewable Energy Projects: A Review. **Processes**, v. 10, n. 2, p. 184, 2022. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.073. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.073. Acesso em: 21 junho 2022.

DEMPSEY, M. Discounting methods and personal taxes. **European Financial Management**, v. 25, n. 2, p. 310–324, 2019. DOI: 10.1111/eufm.12157. Disponível em: https://doi.org/10.1111/eufm.12157. Acesso em: 2 nov. 2021.

DIAS, F. S.; PETERS, G. W. Option pricing with polynomial chaos expansion stochastic bridge interpolators and signed path dependence. **Applied Mathematics and Computation**, v. 411, p. 126484, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.126484. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.126484. Acesso em: 23 fev. 2022.

DICLE, M. F.; LEVENDIS, J. Historic risk and implied volatility. **Global Finance Journal**, v. 45, art n. 100475, 2020. DOI: 10.1016/j.gfj.2019.100475. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.gfj.2019.100475. Acesso em: 19 out. 2021.

DING, Y. J.; WANG, Z. C.; CHEN, G.; REN, W. X.; XIN, Y. Markov Chain Monte Carlo-based Bayesian method for nonlinear stochastic model updating. **Journal of Sound and Vibration**, v. 520, art. N. 116595, 2022. DOI: 10.1016/J.JSV.2021.116595. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jsv.2021.116595. Acesso em: 4 jun. 2022.

DOBROWOLSKI, Z.; DROZDOWSKI, G. Does the Net Present Value as a Financial Metric Fit Investment in Green Energy Security? **Energies**, v. 15, n. 1, 2022. DOI: 10.3390/en15010353. Disponível em: https://doi.org/10.3390/en15010353. Acesso em: 1 jun. 2022.

DRANKA, G. G.; CUNHA, J.; LIMA, J. D.; FERREIRA, P. Economic evaluation methodologies for renewable energy projects. **AIMS Energy**, v. 8, n. 2, p. 339–364, 2020. DOI: 10.3934/ENERGY.2020.2.339. Disponível em: 10.3934/energy.2020.2.339. Acesso em: 29 maio 2022.

DU, B. Relative option liquidity and price efficiency. **Review of Quantitative Finance and Accounting**, v. 52, n. 4, p. 1119–1135, 2019. DOI: 10.1007/s11156-

018-0738-1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11156-018-0738-1. Acesso em: 22 nov. 2021.

DU, Y.; FAN, B.; WEI, B. A constant-time sampling algorithm for binary Gaussian distribution over the integers. **Information Processing Letters**, v. 176, p. 106246, 1 jun. 2022. DOI: 10.1016/J.IPL.2022.106246. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ipl.2022.106246. Acesso em: 4 jul. 2022.

EINSTEIN, A. Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. **Annalen der Physik**, v. 322, n. 8, p. 549–560, 1905. DOI: https://doi.org/10.1002/andp.19053220806. Disponível em: https://doi.org/10.1002/andp.19053220806. Acesso em: 18 jun. 2022.

ELARIANE, S. A.; DUBÉ, J. Is Smart Housing a Good Deal? An Answer Based on Monte Carlo Net Present Value Analysis. **Sustainability**, n. 11, v. 15, art. n. 4193, DOI: https://doi.org/10.3390/su11154193. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su11154193. Acesso em: 17 jan. 2023.

ELLINGTON, M. Fat tails, serial dependence, and implied volatility index connections. **European Journal of Operational Research**, v. 299, n. 2, p. 768–779, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.09.038. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.09.038. Acesso em: 23 jun. 2022.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p. ISBN 978-85-7035-800-4

ERDOGAN, U.; LORD, G. J. Strong convergence of a GBM based tamed integrator for SDEs and an adaptive implementation. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 399, p. 113704, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113704. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113704. Acesso em: 23 fev. 2022.

ESPINOZA, D.; MORRIS, J.; BAROUD, M.; BISOGNO, M.; CIFUENTES, A.; GENTZOGLANIS, A.; LUCCIONI, L.; ROJO, J.; VAHEDIFARD, F. The role of traditional discounted cash flows in the tragedy of the horizon: another inconvenient truth. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, n. 25, p. 643–660, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11027-019-09884-3. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11027-019-09884-3. Acesso em: 12 mar. 2022.

FEDOROV, S.; HAGSPIEL, V.; LERDAHL, T. Real options approach for a staged field development with optional wells. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 205, p. 108837, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108837. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108837. Acesso em: 2 fev. 2022.

FENG, R.; JIANG, P.; VOLKMER, H. Geometric Brownian motion with affine drift and its time-integral. **Applied Mathematics and Computation**, v. 395, p. 125874,

2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.amc.2020.125874. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.amc.2020.125874. Acesso em: 12 jun. 2022.

FERGUSON, I. Discount rates for corporate forest valuations. **Australian Forestry**, v. 81, n. 3, p. 142–147, 2018. DOI: 10.1080/00049158.2018.1471788. Disponível em: https://doi.org/10.1080/00049158.2018.1471788. Acesso em: 4 jul. 2022.

FERNANDES, R.; GOUVEIA, B.; PINHO, C. A real options approach to labour shifts planning under different service level targets. **European Journal of Operational Research**, v. 231, n. 1, p. 182–189, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.05.008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.05.008. Acesso em: 12 out. 2022.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, R.; PÉREZ-PÉREZ, M. I.; PÉREZ-VAS, R. Real options for a small company in a context of market concentration: A case study of investment in a turbot farming plant in Spain. **Marine Policy**, v. 134, p. 104828, 1 dez. 2021. DOI: 10.1016/J.MARPOL.2021.104828. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104828. Acesso em: 12 fev. 2022.

FIORITI, D.; POLI, D.; DUENAS-MARTINEZ, P.; PEREZ-ARRIAGA, I. Multi-year stochastic planning of off-grid microgrids subject to significant load growth uncertainty: overcoming single-year methodologies. **Electric Power Systems Research**, v. 194, p. 107053, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107053. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107053. Acesso em: 19 jul. 2022.

FONSECA, J.; ZHANG, W. Volatility of volatility is (also) rough. **Journal of Futures Markets**, v. 39, n. 5, p. 600–611, 2019. DOI: 10.1002/fut.21995. Disponível em: https://doi.org/10.1002/fut.21995. Acesso em: 4 mar. 2022.

FRANC-DABROWSKA, J.; MADRA-SAWICKA, M.; MILEWSKA, A. Energy sector risk and cost of capital assessment—companies and investors perspective. **Energies**, v. 14, n. 6, 2021. DOI: 10.3390/en14061613. Disponível em: https://doi.org/10.3390/en14061613. Acesso em: 25 jun. 2022.

FUENTES, R.; CANTILLO, V.; LÓPEZ-OSPINA, H. A road pricing model involving social costs and infrastructure financing policies. **Applied Mathematical Modelling**, v. 105, p. 729–750, 2022. DOI: 10.1016/j.apm.2022.01.013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apm.2022.01.013. Acesso em: 4 jul. 2022.

FURLAN, R. A.; MORAES, C. B.; TAMBARUSSI, E. V. Genetic parameters of *Eucalyptus* spp. clones in northeastern Brazil. **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1267–1278, 2020. DOI: 10.5380/rf.v50i2.62524. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5380/rf.v50i2.62524. Acesso em: 23 out. 2021.

GALLOSO-HERNÁNDEZ, M. A.; SOCA-PÉREZ, M.; DUBLIN, D.; ALVAREZ-DÍAZ, C. A.; IGLESIAS-GÓMEZ, J.; DÍAZ-GAONA, C.; RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V. Thermoregulatory and feeding behavior under different management and heat

stress conditions in heifer water buffalo (*Bubalus bubalis*) in the tropics. **Animals**, v. 11, n. 4, 2021. DOI: 10.3390/ani11041162. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ani11041162. Acesso em: 21 set. 2021.

GASPARS-WIELOCH, H. Project Net Present Value estimation under uncertainty, **Central European Journal of Operational Research**, n. 27, p. 179 – 197, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s10100-017-0500-0. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10100-017-0500-0. Acesso em: 17 jan. 2023.

GELO, T.; VRBAN, Ž.; PUDIĆ, D. Allowed Revenue of Network System Operators in the Croatian Energy Sector and Interest Rate Changes on the Croatian Capital Market**. Zagreb International Review of Economics and Business**, v. 22, n. s2, p. 73–91, 2019. DOI: 10.2478/zireb-2019-0028. Disponível em: https://doi.org/10.2478/zireb-2019-0028. Acesso em: 19 nov. 2022.

GHODDUSI, H. Blending under uncertainty: Real options analysis of ethanol plants and biofuels mandates. **Energy Economics**, v. 61, p. 110–120, 2017. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.11.007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.11.007. Acesso em: 21 out. 2022.

GINBO, T.; CORATO, L.; HOFFMANN, R. Investing in climate change adaptation and mitigation: A methodological review of real-options studies. **Ambio**, n. 50, p. 229–241, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s13280-020-01342-8. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13280-020-01342-8. Acesso em: 16 jan. 2023.

GLIGOR, D. Performance implications of the fit between suppliers' flexibility and their customers' expected flexibility: A dyadic examination. **Journal of Operations Management**, v. 58–59, p. 73–85, 2018. DOI: 10.1016/j.jom.2018.05.002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jom.2018.05.002. Acesso em: 21 fev. 2022.

GOMEZ-CUNYA, L. A.; FARDHOSSEINI, M. S.; LEE, H. W.; CHOI, K. Analyzing investments in flood protection structures: A real options approach. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 43, 2019, p. 101377, 2020. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2019.101377. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101377. Acesso em: 19 fev. 2022.

GOES, T. B.; CHINELATO, G. A. Viabilidade econômico-financeira da cultura do café arábica na região da Alta Mogiana. **Revista IPecege**, v. 4, n. 4, p. 31–39, 2019. DOI: 10.22167/r.ipecege.2018.4.31. Disponível em: https://revista.ipecege.com/Revista/article/view/250. Acesso em: 27 set. 2022.

GÓMEZ-PADILLA, A.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, R. G.; ALARCÓN, F.; VOß, S. An option contract model for leasing containers in the shipping industry. **Maritime Economics and Logistics**, v. 23, n. 2, p. 328–347, 2021. DOI: 10.1057/s41278-020-00167-2. Disponível em: https://doi.org/10.1057/s41278-020-00167-2. Acesso em: 9 mar. 2022.

GOODELL, J. W.; KUMAR, S.; MARC, W.; PATTNAIK, D. Artificial intelligence and machine learning in finance : Identifying foundations, themes, and research clusters from bibliometric analysis. **Journal of Behavioral and Experimental Finance**, v. 32, art. n. 100577, 2021. DOI: 10.1016/j.jbef.2021.100577. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100577. Acesso em: 21 jul. 2022.

GRANDAGE, A. J. Advancing capital project management. **Journal of Public Budgeting, Accounting and Financial Management**, v. 33, n. 5, p. 618–634, 2021. DOI: 10.1108/JPBAFM-01-2021-0003. Disponível em: 10.1108/JPBAFM-01-2021-0003. Acesso em: 12 maio 2022.

GROSSMANN, A.; ORLOV, A. G. Exchange rate misalignments, capital flows and volatility. **The North American Journal of Economics and Finance**, v. 60, p. 101640, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101640. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101640. Acesso em: 7 nov. 2021

GUEDES, J.; SANTOS, P. Valuing an offshore oil exploration and production project through real options analysis. **Energy Economics**, v. 60, p. 377–386, 2016. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.09.024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2016.09.024. Acesso em: 12 out. 2021.

GUO, K.; ZHANG, L. Guarantee optimization in energy performance contracting with real option analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120908, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120908. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120908. Acesso em: 12 fev. 2022.

GUO, X.; MIN, J.; GUO, H. Investment timing study for residential distributed energy resource projects: A Real-Option approach. **2016 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT)**, p. 1-5, 2016. DOI: 10.1109/ISGT.2016.7781255. Disponível em: 10.1109/ISGT.2016.7781255. Acesso em: 27 out. 2021.

GUO, Z.; WANG, X.; ZHANG, Y. Option pricing of geometric asian options in a subdiffusive brownian motion regime. **AIMS Mathematics**, v. 5, n. 5, p. 5332–5343, 2020. DOI: 10.3934/math.2020342. Disponível em: 10.3934/math.2020342. Acesso em: 4 mar. 2022.

HAHN, W. J.; DILELLIO, J. A.; DYER, J. S. Risk premia in commodity price forecasts and their impact on valuation. **Energy Economics**, v. 72, p. 393–403, 2018. DOI: 10.1016/J.ENECO.2018.04.018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.04.018. Acesso em: 02 out. 2021.

HE, T.; COOLEN, F. P. A.; COOLEN-MATURI, T. Nonparametric predictive inference for American option pricing based on the binomial tree model. **Communications in Statistics - Theory and Methods**, v. 50, n. 20, p. 4657–4684, 2021. DOI: 10.1080/03610926.2020.1764040. Disponível em: https://doi.org/10.1080/03610926.2020.1764040. Acesso em: 9 nov. 2021.

HE, X. Z.; SHI, L. A Binomial Model of Asset and Option Pricing with Heterogeneous Beliefs. **Journal of Management Science and Engineering**, v. 1, n. 1, p. 94–113, 2016. DOI: 10.3724/SP.J.1383.101006. Disponível em: https://doi.org/10.3724/SP.J.1383.101006. Acesso em: 4 nov. 2021.

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**, v. 65, p. 194–207, 2017. DOI: 10.3724/SP.J.1383.101006. Disponível em: https://doi.org/10.3724/SP.J.1383.101006. Acesso em: 22 out. 2021.

HIETAJÄRVI, A. M.; AALTONEN, K.; HAAPASALO, H. Opportunity management in large projects: A case study of an infrastructure alliance project. **Construction Innovation**, v. 17, n. 3, p. 340–362, 2017. DOI: 10.1108/CI-10-2016-0051. Disponível em: https://doi.org/10.1108/CI-10-2016-0051. Acesso em: 9 nov. 2021.

HINO, M.; HALL, J. W. Real Options Analysis of Adaptation to Changing Flood Risk: Structural and Nonstructural Measures. **ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering**, v. 3, n. 3, p. 04017005, 2017. DOI: 10.1061/ajrua6.0000905. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/AJRUA6.0000905. Acesso em: 12 nov. 2021.

HOCHSTETLER, K.; INOUE, C. Y. A. South-South relations and global environmental governance: Brazilian international development cooperation. **Revista Brasileira de Política Internacional** . v. 62, n. 2, 2019. DOI:https://doi.org/10.1590/0034-7329201900204. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0034-7329201900204. Acesso em: 9 Dez. 2022

HOWE, J.; KHALID, A.; RAFFERTY, C.; REGAZZONI, F.; O'NEILL, M. On Practical Discrete Gaussian Samplers for Lattice-Based Cryptography. **IEEE Transactions on Computers**, v. 67, n. 3, p. 322–334, 1 mar. 2018. DOI: 10.1109/TC.2016.2642962. Disponível em: 10.1109/TC.2016.2642962. Acesso em: 13 nov. 2021.

HOYYI, A.; TARNO; MARUDDANI, D. A. I.; RAHMAWATI, R. Variance gamma for stock model performance with excess kurtosis. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1943, n. 1, p. 0–7, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1943/1/012146. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1943/1/012146. Acesso em: 14 nov. 2021.

HUBALEK, F.; SCHACHERMAYER, W. Convergence of optimal expected utility for a sequence of binomial models. **Mathematical Finance**, v. 31, n. 4, p. 1315–1331, 2021. DOI: 10.1111/mafi.12326. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/mafi.12326. Acesso em: 13 nov. 2021.

HUERTAS, S. M.; BOBADILLA, P. E.; ALCÁNTARA, I.; AKKERMANS, E.; VAN EERDENBURG, F. J. C. M. Benefits of silvopastoral systems for keeping beef

cattle. **Animals**, v. 11, n. 4, p. 1–12, 2021. DOI: 10.3390/ani11040992. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ani11040992. Acesso em: 7 jul. 2021.

HUSSAIN, S. Good volatility vs. bad volatility: The asymmetric impact of financial depth on macroeconomic volatility. **Manchester School**, v. 88, n. 3, p. 405–438, 2020. DOI: 10.1111/manc.12307. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/manc.12307. Acesso em: 21 out. 2021.

IBRAHIM, S. N. I.; MISIRAN, M.; LAHAM, M. F. Geometric fractional Brownian motion model for commodity market simulation. **Alexandria Engineering Journal**, v. 60, n. 1, p. 955–962, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.023. Acesso em: 23 nov. 2021.

INMET – Instituto de Meteorologia. **Dados históricos**. 2022. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos. Acesso em: 20 out. 2022.

ISAZA CUERVO, F.; ARREDONDO-OROZCO, C. A.; MARENCO-MALDONADO, G. C. Photovoltaic power purchase agreement valuation under real options approach. **Renewable Energy Focus**, v. 36, p. 96–107, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.12.006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.12.006. Acesso em: 22 nov. 2021.

JAFARIZADEH, B.; BRATVOLD, R. B. Project valuation: Price forecasts bound to discount rates. **Decision Analysis**, v. 18, n. 2, p. 139–152, 2021. DOI: 10.1287/deca.2021.0428. DOI: 10.1287/deca.2021.0428. Disponível em: https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/deca.2021.0428. Acesso em: 12 jan. 2022.

JAMESON, M.; KING, T. H. D.; PREVOST, A. Top management incentives and financial flexibility: The case of make-whole call provisions. **Journal of Business Finance and Accounting**, v. 48, n. 1–2, p. 374–404, 2021. DOI: 10.1111/jbfa.12475. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jbfa.12475. Acesso em: 12 jan. 2022.

JANG, B. G.; TAE, H. W. Option pricing under regime switching: Integration over simplexes method. **Finance Research Letters**, v. 24, p. 199–220, 2018. DOI: 10.1016/j.frl.2017.09.021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.09.021. Acesso em: 23 nov. 2021.

JARROW, R. A CAPM with trading constraints and price bubbles. **International Journal of Theoretical and Applied Finance**, v. 20, n. 8, 2017. DOI: 10.1142/S0219024917500534. Disponível em: https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S0219024917500534. Acesso em: 21 nov. 2021.

JOHANSSON, P. O.; KRISTRÖM, B. On the social opportunity cost of unemployment. **Journal of Economic Policy Reform**, v. 00, n. 00, p. 1–11, 2020.

DOI: 10.1080/17487870.2020.1785300. Disponível em: https://doi.org/10.1080/17487870.2020.1785300. Acesso em: 9 set. 2021.

JOHNSTONE, D.; TULIG, S. Hamada's equation and the beta of debt under CAPM. **Accounting and Finance**, 2021. DOI: 10.1111/acfi.12868. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/acfi.12868. Acesso em: 12 set. 2021.

JOSE, S.; DOLLINGER, J. Silvopasture: a sustainable livestock production system. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 1, p. 1–9, 2019. DOI: 10.1007/s10457-019-00366-8. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-019-00366-8. Acesso em: 21 maio 2021.

JP MORGAN. J.P. Morgan Global Index Research. 2022. Disponível em: https://www.jpmorgan.com/insights/research/index-research. Acesso em: 28 set. 2022.

KANAMURA, T.; BUNN, D. W. Market making and electricity price formation in Japan. **Energy Economics**, v. 107, p. 105765, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105765. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105765. Acesso em: 9 maio 2022.

KARMAKAR, A.; ROY, S. S.; REPARAZ, O.; VERCAUTEREN, F.; VERBAUWHEDE, I. Constant-Time Discrete Gaussian Sampling. **IEEE Transactions on Computers**, v. 67, n. 11, p. 1561–1571, 1 nov. 2018. DOI: 10.1109/TC.2018.2814587. Disponível em: https://doi.org/10.1109/TC.2018.2814587. Acesso em: 22 out. 2022.

KASTRO, A. N. B.; KULAKOV, N. Y. Risk-adjusted discount rates and the present value of risky nonconventional projects. **The Engineering Economist**, p. 1–18, 2020. DOI: 10.1080/0013791X.2020.1815918. Disponível em: https://doi.org/10.1080/0013791X.2020.1815918. Acesso em: 18 abr. 2022.

KHARVI, S.; PAKKALA, T. P. M. An optimal inventory policy when purchase price follows geometric Brownian motion process. **OPSEARCH**, v. 58, n. 4, p. 835–851, 2021. DOI: 10.1007/s12597-020-00500-6. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12597-020-00500-6. Acesso em: 9 abr. 2022.

KIM, A. M.; LI, H. Incorporating the impacts of climate change in transportation infrastructure decision models. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 134, p. 271–287, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.02.013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.02.013. Acesso em: 31 maio. 2021.

KIM, B.; KIM, C.; HAN, S.; BAE, J.; JUNG, J. Is it a good time to develop commercial photovoltaic systems on farmland? An American-style option with crop price risk. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 125, p. 109827, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109827. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109827. Acesso em: 21 out. 2022.

KIM, K. T.; LEE, D. J.; AN, D. Real option valuation of the R&D investment in renewable energy considering the effects of the carbon emission trading market: A Korean case. **Energies**, v. 13, n. 3, 2020. DOI: 10.3390/en13030622. Disponível em: https://doi.org/10.3390/en13030622. Acesso em: 18 abr. 2022.

KIM, Y.; LEE, E.-B. Optimal Investment Timing with Investment Propensity Using Fuzzy Real Options Valuation. **International Journal of Fuzzy Systems**, v. 20, n. 6, p. 1888–1900, 2018. DOI: 10.1007/s40815-018-0493-4. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40815-018-0493-4. Acesso em: 23 abr. 2022.

KIM, Y. S.; STOYANOV, S.; RACHEV, S.; FABOZZI, F. J. Enhancing binomial and trinomial equity option pricing models. **Finance Research Letters**, v. 28, p. 185–190, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.04.022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.04.022. Acesso em: 20 maio 2021.

KIRIDENA, S.; SENSE, A. Profiling Project Complexity: Insights from Complexity Science and Project Management Literature. **Project Management Journal**, v. 47, n. 6, p. 56–74, 2016. DOI: 10.1177/875697281604700605. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/875697281604700605. Acesso em: 23 maio 2021.

KLIMEK, M. Financial optimization of the resource-constrained project scheduling problem with milestones payments. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 2, p. 1–14, 2021. DOI: 10.3390/app11020661. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app11020661. Acesso em: 13 mar. 2022.

KNOKE, T.; GOSLING, E.; PAUL, C. Use and misuse of the net present value in environmental studies. **Ecological Economics**, v. 174, n. March, p. 106664, 2020. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2020.106664. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106664. Acesso em: 21 fev. 2022.

KOLB, M.; SAVOV, M. Transience and recurrence of a Brownian path with limited local time. **Annals of Probability**, v. 44, n. 6, p. 4083–4132, 2016. DOI: 10.1214/15-AOP1069. Disponível em: https://doi.org/10.1214/15-AOP1069. Acesso em: 21 jun. 2021.

KOTTAYI, N. M.; MALLICK, R. B.; JACOBS, J. M.; DANIEL, J. S. Economics of Making Roadway Pavements Resilient to Climate Change: Use of Discounted Cash Flow and Real Options Analysis. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 25, n. 3, p. 04019017, 2019. DOI: 10.1061/(asce)is.1943-555x.0000494. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29IS.1943-555X.0000494. Acesso em: 09 out. 2021.

KREPS, D. M.; SCHACHERMAYER, W. Convergence of optimal expected utility for a sequence of discrete-time markets. **Mathematical Finance**, v. 30, n. 4, p. 1205–1228, 2020. DOI: 10.1111/mafi.12277. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/mafi.12277. Acesso em: 10 abr. 2022.

KUMAR, R. V.; ROY, A. K.; KUMAR, S.; GAUTAM, K.; SINGH, A. K.; GHOSH, A.; SINGH, H . V.; KOLI, P. Silvopasture systems for restoration of degraded lands in a semiarid region of India. **Land Degradation & Development**, v. 33, n. 15, p. 2843-2854, 2022. DOI: https://doi.org/10.1002/ldr.4359. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ldr.4359. Acesso em: 8 dez. 2022.

LEE, I.; SHIN, Y. J. Fintech: Ecosystem, business models, investment decisions, and challenges. **Business Horizons**, v. 61, n. 1, p. 35 – 46, 2018. DOI: doi.org/10.1016/j.bushor.2017.09.003. Disponível em: doi.org/10.1016/j.bushor.2017.09.003. Acesso em: 17 jan. 2023.

LEMES, A. P.; GARCIA, A. R.; PEZZOPANE, J. R. M.; BRANDÃO, F. Z.; WATANABE, Y. F.; COOKE, R. F.; SPONCHIADO, M; PAZ, C. C. P.; CAMPLESI, A. C.; BINELLI, M.; GIMENES, L. U.;. Silvopastoral system is an alternative to improve animal welfare and productive performance in meat production systems. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–17, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-93609-7. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-021-93609-7. Acesso em: 9 maio 2021.

LEVY, E. On the moments of the integrated geometric Brownian motion. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 342, p. 263–273, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cam.2018.04.005. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2018.04.005. Acesso em: 21 jul. 2022.

LI, B. Separating information about cash flows from information about risk in losses. **Management Science**, v. 67, n. 6, p. 3570–3595, 2021. DOI: 10.1287/mnsc.2020.3597. Disponível em: https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3597 Acesso em: 21 out. 2021.

LI, J.; HO, M. S.; XIE, C.; STERN, N. China’s flexibility challenge in achieving carbon neutrality by 2060. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 158, p. 112112, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112112. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112112. Acesso em: 21 mar. 2022.

LI, N.; WANG, S.; ZHANG, K. Price options on investment project expansion under commodity price and volatility uncertainties using a novel finite difference method. **Applied Mathematics and Computation**, v. 421, p. 126937, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.amc.2022.126937. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.amc.2022.126937. Acesso em: 9 nov. 2021.

LILFORD, E.; MAYBEE, B.; PACKEY, D. Cost of capital and discount rates in cash flow valuations for resources projects. **Resources Policy**, v. 59, n. July, p. 525–531, 2018. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.09.008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.09.008. Acesso em: 19 out. 2021.

LINTNER, J. The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. **Stochastic Optimization Models in Finance**, v. 47, n. 1, p. 131-155, 1965. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-

780850-5.50018-6. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-780850-5.50018-6. Acesso em: 22 jun. 2022.

LIU, H.; ZHANG, Z.; ZHANG, T. Shale gas investment decision-making: Green and efficient development under market, technology and environment uncertainties. **Applied Energy**, v. 306, p. 118002, 15 jan. 2022. DOI: 10.1016/J.APENERGY.2021.118002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118002. Acesso em: 21 mar. 2022.

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**, v. 87, p. 104692, 2020. DOI: 10.1016/j.eneco.2020.104692. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104692. Acesso em: 20 out. 2021.

LIU, X.; THOMAKOS, D. D. “Taps”: A trading approach based on deterministic sign patterns. **Expert Systems with Applications**, v. 175, p. 114761, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114761. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114761. Acesso em: 9 mar. 2022.

LIU, Y.; SUN, H.; ZHANG, J.; TAGHIZADEH-HESARY, F. Detection of volatility regime-switching for crude oil price modeling and forecasting. **Resources Policy**, v. 69, p. 101669, 2020a. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101669. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101669. Acesso em: 25 out. 2021.

LIU, Y.; QIN, H.; ZHANG, Z.; PEI, S.; JIANG, Z.; FENG, Z.; ZHOU, J. Probabilistic spatiotemporal wind speed forecasting based on a variational Bayesian deep learning model. **Applied Energy**, v. 260, 15 fev. 2020b. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.114259. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114259. Acesso em: 28 out. 2021.

LIU, Y.; TIAN, L.; XIE, Z.; ZHEN, Z.; SUN, H. Option to survive or surrender: Carbon asset management and optimization in thermal power enterprises from China. **Journal of Cleaner Production**, v. 314, p. 128006, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128006. Acesso em: 9 abr. 2022.

LIU, Y.; TIAN, L.; SUN, H.; ZHANG, X.; KONG, C. Option pricing of carbon asset and its application in digital decision-making of carbon asset. **Applied Energy**, v. 310, p. 118375, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118375. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118375. Acesso em: 21 jun. 2022.

LO, C.; BONS, J.; YAO, Y.; CAPECELATRO, J. Assessment of stochastic models for predicting particle transport and deposition in turbulent pipe flows. **Journal of Aerosol Science**, v. 162, p. 105954, 1 maio 2022. DOI: 10.1016/J.JAEROSCI.2022.105954. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850222000039. Acesso em: 22 jun. 2022.

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**, v. 75, n. November 2015, p. 354–367, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.001. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.001. Acesso em: 21 mar. 2022.

LÓPEZ-MARÍN, J.; GÁLVEZ, A.; DEL AMOR, F. M.; BROTONS, J. M. The financial valuation risk in pepper production: The use of decoupled net present value. **Mathematics**, v. 9, n. 1, p. 1–19, 2021. DOI: 10.3390/math9010013. Disponível em: https://doi.org/10.3390/math9010013. Acesso em: 3 nov. 2021.

LORIG, M.; PAGLIARANI, S.; PASCUCCI, A. Explicit Implied Volatilities for Multifactor Local-Stochastic Volatility Models. **Mathematical Finance**, v. 27, n. 3, p. 926–960, 2017. DOI: 10.1111/mafi.12105. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/mafi.12105. Acesso em: 4 ago. 2021.

LOTFALIEI, B. Asset Variance Risk Premium and Capital Structure. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 56, n. 2, p. 647-691, 2021. DOI: 10.1017/S0022109020000228. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S0022109020000228. Acesso em: 2 dez. 2021.

LUO, P.; YANG, Z. Investment and financing for cash flow discounted with group diversity. **International Review of Finance**, v. 21, n. 3, p. 769–785, 2021. DOI: 10.1111/irfi.12295. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/irfi.12295. Acesso em: 22 jan. 2022.

LUTTRELL, C.; SILLS, E.; ARYANI, R.; EKAPUTRI, A. D.; EVINKE, M. F. Beyond opportunity costs: who bears the implementation costs of reducing emissions from deforestation and degradation? **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 23, n. 2, p. 291–310, 2018. DOI: 10.1007/s11027-016-9736-6. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-016-9736-6. Acesso em: 23 mar. 2022.

LV, L.; ZHENG, C.; WANG, L. Option Pricing under the Subordinated Market Models. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, art. N. 6213803, 2022. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/6213803 Disponível em: https://doi.org/10.1155/2022/6213803. Acesso em: 4 abr. 2022.

MA, J.; YANG, W.; CUI, Z. Convergence analysis for continuous-time Markov chain approximation of stochastic local volatility models: Option pricing and Greeks. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 404, p. 113901, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113901. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113901. Acesso em: 21 mar. 2022.

MAGALHÃES, C. A. S.; ZOLIN, C. A.; LULU, J.; LOPES, L. B**. Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia**. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2018. 24 p. ISSN: 2675-0813.

MAGRACH, A.; CHAMPETIER, A.; KRISHNAN, S.; BOREUX, V.; GHAZOUL, J. Uncertainties in the value and opportunity costs of pollination services. **Journal of Applied Ecology**, v. 56, n. 7, p. 1549–1559, 2019. DOI: 10.1111/1365-2664.13399. Disponível em: https://doi.org/10.1111/1365-2664.13399. Acesso em: 3 maio 2022.

MAHADEO, S. M. R.; HEINLEIN, R.; LEGRENZI, G. D. Contagion testing in frontier markets under alternative stressful S&P 500 market scenarios. **The North American Journal of Economics and Finance**, v. 60, p. 101629, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101629. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101629. Acesso em: 9 maio 2022.

MAHDIYAR, A.; TABATABAEE, S.; YAHYA, K.; MOHANDES, S. R. A probabilistic financial feasibility study on green roof installation from the private and social perspectives. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 58, n. October 2020, p. 126893, 2021. DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126893. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126893. Acesso em: 19 maio 2022.

MALHOTRA, G.; SRIVASTAVA, R.; TANEJA, H. C. Pricing of the geometric Asian options under a multifactor stochastic volatility model. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 406, p. 113986, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113986. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113986. Acesso em: 22 fev. 2022.

MALI, D.; LIM, H. J. Does relative (absolute) efficiency affect capital costs? **Annals of Operations Research**, n. 0123456789, 2021. DOI: 10.1007/s10479-021-04159-0. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10479-021-04159-0. Acesso em: 9 abr. 2022.

MAMAJIWALA, M.; ROY, D. Time recursive control of stochastic dynamical systems using forward dynamics and applications. **International Journal of Mechanical Sciences**, v. 216, art. n. 106969, 2022. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2021.106969. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2021.106969. Acesso em: 21 jan. 2022.

MANCERA, K. F.; ZARZA, H.; BUEN, L. L.; GARCÍA, A. A. C.; PALACIOS, F. M.; GALINDO, F. Integrating links between tree coverage and cattle welfare in silvopastoral systems evaluation. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 2, 2018. DOI: 10.1007/s13593-018-0497-3. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13593-018-0497-3. Acesso em: 9 maio 2021.

MARI, C.; MARRA, M. Valuing firm's financial flexibility under default risk and bankruptcy costs: a WACC based approach. **International Journal of Managerial Finance**, v. 15, n. 5, p. 688–699, 2019. DOI: 10.1108/IJMF-05-2018-

0151. Disponível em: https://doi.org/10.1108/IJMF-05-2018-0151. Acesso em: 9 out. 2021.

MARKAUSKAS, M.; SABONIENE, A. Evaluation of capital cost: Long run evidence from manufacturing sector. **Engineering Economics**, v. 31, n. 2, p. 169–177, 2020. DOI: 10.5755/j01.ee.31.2.21439. Disponível em: https://doi.org/10.5755/j01.ee.31.2.21439. Acesso em: 21 fev. 2022.

MARQUES, N. L.; BASTIAN-PINTO, C. DE L.; BRANDÃO, L. E. T. A Tutorial for Modeling Real Options Lattices from Project Cash Flows. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 25, n. 1, p. 1–14, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2021200093. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2021200093. Acesso em: 27 set. 2021.

MARTINS, J. C.; SILVA, R. B. G.; MUNIS, R. A.; SIMÕES, D. Investments in *Pinus elliottii* Engelm. Plantations: Real Options Analysis in Discrete Time. **Forests**, n. 13, v. 1, p. 111 - 128, 2022. DOI: 10.3390/f13010111. Disponível em: https://doi.org/10.3390/f13010111. Acesso em: 8 mar. 2022.

MEHRDOUST, F.; NOORANI, I. Valuation of Spark-Spread Option Written on Electricity and Gas Forward Contracts Under Two-Factor Models with Non-Gaussian Lévy Processes. **Computational Economics**, 2022. DOI: 10.1007/s10614-021-10232-4. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10614-021-10232-4. Acesso em: 8 ago. 2021.

MEHTA, A. M.; ALI, S. A. Dynamic managerial capabilities and sustainable market competencies: role of organisational climate. **International Journal of Ethics and Systems**, v. 37, n. 2, p. 245–262, 2021. DOI: 10.1108/IJOES-07-2020-0121. Disponível em: https://doi.org/10.1108/IJOES-07-2020-0121. Acesso em: 21 mar. 2022.

MEIER, C.; LI, L.; ZHANG, G. Markov chain approximation of one-dimensional sticky diffusions. **Advances in Applied Probability**, v. 53, n. 2, p. 335–369, 2021. DOI: 10.1017/apr.2020.65. Disponível em: https://doi.org/10.1017/apr.2020.65. Acesso em: 04 abr. 2022.

MERTON, R. C. Theory of rational option pricing. **Bell Journal of Economics**, v. 4, n. 1, p. 141–183, 1973. DOI: 10.2307/3003143. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/rjebellje/v_3a4_3ay_3a1973_3ai_3aspring_3ap_3a141-183.htm. Acesso em: 8 fev. 2022.

MESGARANI, H.; AHANJ, S.; AGHDAM, Y. E. Numerical investigation of the time-fractional Black-Scholes equantion with barrier choice of regulating European option. **Journal of Mathematical Modelling**, v. 10, n. 1, p. 1–10, 2022. DOI: 10.22124/jmm.2021.18924.1617. Disponível em: 10.22124/jmm.2021.18924.1617. Acesso em: 24 jun. 2022.

MICCIANCIO, D.; WALTER, M. Gaussian sampling over the integers: Efficient, generic, constant-time. **Lecture Notes in Computer Science**, art. n. 10402, p.

455–485, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-63715-0_16. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-63715-0_16. Acesso em 10 fev. 2022.

MINTAH, K. Real Options Analysis in Residential Property Development Decision-Making in Australia: Perspective of Executives. **International Real Estate Review**, v. 21, n. 4, p. 473–520, 2018. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/ireissued/v_3a21_3an_3a04_3a2018_3ap_3a473-520.htm. Acesso em: 10 fev. 2022.

MOLTCHANOVA, E. Bayesian real options control chart. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 33, n. 8, p. 2205–2213, 2017. DOI: 10.1002/qre.2179. Disponível em: https://doi.org/10.1002/qre.2179. Acesso em: 11 fev. 2022.

MOODY'S. **Spread**. 2022. Disponível em: https://www.moodys.com/credit-ratings/Brazil-Government-of-credit-rating-114650. Acesso em: 28 set. 2022.

MOON, J. Stochastic optimal control with random coefficients and associated stochastic Hamilton–Jacobi–Bellman equations. **Advances in Continuous and Discrete Models**, v. 2022, n. 1, 2022. DOI: 10.1186/s13662-021-03674-5. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1186/s13662-021-03674-5. Acesso em: 10 fev. 2022.

MOON, Y.; BARAN, M. Economic analysis of a residential PV system from the timing perspective: A real option model. **Renewable Energy**, v. 125, p. 783–795, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.138. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.138. Acesso em: 12 fev. 2022.

MOSSIN, J. Equilibrium in a Capital Asset Market. **Econometrica**, v. 34, n. 4, p. 768-783, 1966. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1910098. Acesso em: 21 jun. 2022.

MUHARAM, F. M.; TARRAZON, M. A. Real Option in Capital Budgeting for {SMEs}: Insight from Steel Company. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 215, p. 12012, 2017. DOI: 10.1088/1757-899x/215/1/012012. Disponível em: https://doi.org/10.1088/1757-899x/215/1/012012. Acesso em: 9 fev. 2022.

MÜLLER, R.; DROUIN, N.; SANKARAN, S. Modeling Organizational Project Management. **Project Management Journal**, v. 50, n. 4, p. 499–513, 2019. DOI: 10.1177/8756972819847876. Disponível em: https://doi.org/10.1177/8756972819847876. Acesso em: 22 fev. 2022.

MURGAS, B.; HENAO, A.; GUZMAN, L. Evaluation of Investments in Wind Energy Projects, under Uncertainty. State of the Art Review. **Applied Sciences**, v. 11, n. 21, 2021. DOI: 10.3390/app112110213. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app112110213. Acesso em: 4 mar. 2022.

MURGUEITIO, E.; BARAHONA, R.; FLORES, M. X.; MAURICIO, R. M.; MOLINA, J. J. The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 49, n. 4, p. 541–554, 2015. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802015000400017. Acesso em: 4 maio 2021.

MUROI, Y.; SUDA, S. Binomial tree method for option pricing: Discrete cosine transform approach. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 198, p. 312–331, 2022. DOI: 10.1016/j.matcom.2022.02.032. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.matcom.2022.02.032. Acesso em: 22 mar. 2022.

NAKAMURA, S.; MURAKAMI, N.; SUZUKI, S.; ITO, K.; TAKEMORI, M; NAKAYAMA, H.; KAGA, K.; CHIBA, T.; IIJIMA. K.; TAKAHASHI, K.; GOKA, T.; ITAMI, J.; OKAMOTO, H.; IGAKI, H. Monte Carlo simulation of tilted contact plaque brachytherapy placement for juxtapapillary retinoblastoma. **Radiation Oncology**, v. 17, n. 1, p. 1–7, 2022. DOI: 10.1186/s13014-022-01986-8. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s13014-022-01986-8. Acesso em: 4 fev. 2022.

NÁNDORI, P.; PIRJOL, D. On the distribution of the time-integral of the geometric Brownian motion. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 402, p. 113818, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113818. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113818. Acesso em: 7 mar. 2022.

NENDEL, M. Markov chains under nonlinear expectation. **Mathematical Finance**, v. 31, n. 1, p. 474–507, 2021. DOI: 10.1111/mafi.12289. Disponível em: https://doi.org/10.1111/mafi.12289. Acesso em: 3 mar. 2022.

NGUYEN, T.; CAI, C. X.; MCCOLGAN, P. How firms manage their cash flows: an examination of diversification's effect. **Review of Quantitative Finance and Accounting**, v. 48, n. 3, p. 701–724, 2017. DOI: 10.1007/s11156-016-0565-1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11156-016-0565-1. Acesso em: 2 fev. 2022.

NIERI, E. M.; MACEDO, R. L. G.; MARTINS, T. G. V.; MELO, L. A.; VENTURIN, R. P.; VENTURIN, N. Comportamento silvicultural de espécies florestais em arranjo para integração pecuária floresta. **Revista Floresta**, v. 48, n. 2, p. 195 – 202, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i2.54744. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i2.54744. Acesso em: 27 set. 2022.

NOURY, B.; HAMMAMI, H.; OUSAMA, A. A.; ZEITUN, R. The prediction of future cash flows based on operating cash flows, earnings and accruals in the French context. **Journal of Behavioral and Experimental Financ**e, v. 28, p. 100414, 2020. DOI: 10.1016/j.jbef.2020.100414. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100414. Acesso em: 5 maio 2022.

OLANIYI, E. O.; ATARI, S.; PRAUSE, G. Maritime energy contracting for clean shipping. **Transport and Telecommunication**, v. 19, n. 1, p. 31–44, 2018. DOI:

10.2478/TTJ-2018-0004. Disponível em: https://www.sciendo.com/article/10.2478/ttj-2018-0004. Acesso em: 18 mar. 2022.

OLIVEIRA, A.; COUTO, G.; PIMENTEL, P. Uncertainty and flexibility in infrastructure investments: Application of real options analysis to the Ponta Delgada airport expansion. **Research in Transportation Economics**, v. 90, n. March 2020, p. 100845, 2021. DOI: 10.1016/j.retrec.2020.100845. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100845. Acesso em: 18 maio 2022.

OLIVEIRA, F. A. Aplicação da teoria das opções reais para avaliação de política pública : a política inovar-auto no setor automotivo brasileiro. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 1 p. 63–92, 2018. Disponível em: https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2582. DOI: https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i1.2582. Acesso em: 19 mar. 2022.

OLIVEIRA, J., M.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. M.; ASSIS, P. C. R.; SILVEIRA, A. L. R.; LIMA, M. T.; WRUCK, F. V.; MEDEIROS, J. C.; MACHADO, P. L. A. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 105-116, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s10113-017-1146-0. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10113-017-1146-0. Acesso em: 6 dez. 2022.

OWUSU-MANU, D. G.; AMO-ASAMOAH, E.; GHANSAH, F. A.; ASUMADU, G. An analysis of the economic viability of waste-to-energy generation in the Kumasi metropolis of Ghana. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 27, n. 1, p. 1–15, 2022. DOI: 10.1108/JFMPC-12-2019-0089. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JFMPC-12-2019-0089. Acesso em: 29 abr. 2022.

PALISADE CORPORATION. **@Risk**. Versão 8.2.2. Ithaca, 2022. Disponível em: https://www.palisade-br.com.

PASSOS, A. C.; STREET, A.; BARROSO, L. A. A Dynamic Real Option-Based Investment Model for Renewable Energy Portfolios. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 32, n. 2, p. 883–895, 2017. DOI: 10.1109/TPWRS.2016.2564983. Disponível em: 10.1109/TPWRS.2016.2564983. Acesso em: 9 abr. 2022.

PAULA, E. D. R.; ROSA, M. J. A. Análise econométrica da relação entre o emprego formal na criação de bovinos com o preço da arroba do boi gordo no estado de Mato Grosso. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 21720 – 21747, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n10-317. Disponível em: 10.34117/bjdv5n10-317. Acesso em: 27 set. 2022.

PEREIRA, G.; FENNER, P. T.; BATISTELA, G. C.; SIMÕES, D. Análise técnica-econômica da derrubada de *Eucalyptus* sp. com feller-buncher: uma abordagem estocástica. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, p. 1–13, 2020. DOI: 10.18671/scifor.v48n126.14. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18671/SCIFOR.V48N126.14. Acesso em: 3 abr. 2022.

PÉREZ-PÉREZ, M.; LÓPEZ-FÉRNANDEZ, M. C.; OBESO, M. Knowledge, renewal and flexibility: Exploratory research in family firms. **Administrative Sciences**, v. 9, n. 4, 2019. DOI: 10.3390/admsci9040087. Disponível em: https://doi.org/10.3390/admsci9040087. Acesso em: 6 maio 2022.

PETERSEN, B.; BENITO, G. R. G.; WELCH, L. S. Foreign operation mode flexibility: tradeoffs and managerial responses. **International Journal of the Economics of Business**, v. 28, n. 2, p. 281–307, 2021. DOI: 10.1080/13571516.2021.1889917. Disponível emhttps://doi.org/10.1080/13571516.2021.1889917:. Acesso em: 19 abr. 2022.

PEYMANKAR, M.; DAVARI, M.; RANJBAR, M. Maximizing the expected net present value in a project with uncertain cash flows. **European Journal of Operational Research**, v. 294, n. 2, p. 442- 452, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.039. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.039. Acesso em: 17 jan. 2023.

PINHEIRO, F. M.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V.; TONUCCI, R. G.; VENTURIN, R. P. Soil carbon stock and stability under *Eucalyptus*-based silvopasture and other land-use systems in the Cerrado biodiversity hotspot. **Journal of Environmental Management**, v. 299, art n. 113676, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113676. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113676. Acesso em: 7 dez. 2022.

PISZ, I.; CHWASTYK, A; ŁAPUŃKA, I. Assessing the profitability of investment projects using ordered fuzzy numbers. **LogForum**, v. 15, n. 3, p. 377–389, 2019. DOI: 10.17270/J.LOG.2019.342. Disponível em: 10.17270/J.LOG.2019.342. Acesso em: 9 abr. 2022.

POHL, M.; ARTIGUES, C.; KOLISCH, R. Solving the time-discrete winter runway scheduling problem: A column generation and constraint programming approach. **European Journal of Operational Research**, v. 299, n. 2, p. 674–689, 1 jun. 2022. DOI: 10.1016/J.EJOR.2021.08.028. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.08.028. Acesso em: 8 mar. 2022.

PRINCE, N.; MAYE, D.; ILBERY, B.; KIRWAN, J. 'Real' regulation and property relations on agricultural estates: Reducing opportunities for new entrants to agriculture. **Land Use Policy**, v. 114, p. 105976, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.105976. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.105976. Acesso em: 16 fev. 2022.

PRINGLES, R.; OLSINA, F.; PENIZZOTTO, F. Valuation of defer and relocation options in photovoltaic generation investments by a stochastic simulation-based method. **Renewable Energy**, v. 151, p. 846–864, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.082. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.082. Acesso em: 29 mar. 2022.

RANDON-FURLING, J.; SALMINEN, P.; VALLOIS, P. On a first hit distribution of the running maximum of Brownian motion. **Stochastic Processes and their**

**Applications**, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spa.2021.12.015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spa.2021.12.015. Acesso em: 22 mar. 2022.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Valores de Terra Nua**. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos-tecnicos/vtn/tabela-vtn-2022-para-publicacao.pdf/view. Acesso em: 21 jun. 2022.

REIS, N. S.; FERREIRA, I. C.; MAZOCCO, L. A.; SOUZA, A. C. B.; PINHO, G. A. S.; NETO, A. M. F.; MALAQUIAS., J. V.; MACENA, F. A.; MULLER, A. G.; MARTINS, C. F.; BALBINO, L. C.; MCMANUS, C. M. Shade modifies behavioral and physiological responses of low to medium production dairy cows at pasture in an integrated crop-livestock-forest system. **Animals**, v. 11, n. 8, 2021. DOI: 10.3390/ani11082411. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ani11082411. Acesso em: 24 maio 2022.

RIBASKI, J.; RADOMSKI, M. I.; SILVA, V. P. Sistemas silvipastoris em propriedades rurais no Noroeste do Estado do Paraná. *In*: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (eds.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, 2019. 835 p.

RIOS, D.; BLANCO, G.; OLSINA, F. Integrating Real Options Analysis with long-term electricity market models. **Energy Economics**, v. 80, p. 188–205, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.12.023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.12.023. Acesso em: 9 jun. 2022.

RUJIVAN, S.; RAKWONGWAN, U. Analytically pricing volatility swaps and volatility options with discrete sampling: Nonlinear payoff volatility derivatives. **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, v. 100, art. n. 105849, 2021. DOI: 10.1016/j.cnsns.2021.105849. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2021.105849. Acesso em: 29 abr. 2022.

RUTKOWSKA-ZIARKO, A. Market and Accounting Measures of Risk: The Case of the Frankfurt Stock Exchange. **Risks**, v. 10, n. 1, 2022. DOI: 10.3390/risks10010014. Disponível em: https://doi.org/10.3390/risks10010014. Acesso em: 4 maio 2022.

SÁ, J. C. M.; LAL, R.; CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P. C. F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International,** v. 98, p. 102-112, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.10.020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.10.020. Acesso em: 6 dez. 2022.

S&P DOW JONES INDICES. S&P Global Timber & Forestry Index. 2022. Disponível em: https://www.spglobal.com/spdji/pt/indices/equity/sp-global-timber-and-forestry-index/#overview. Acesso em: 27 set. 2022.

SAMUELSON, P. A. Rational Theory of Warrant Pricing. **Industrial Management Review**, v. 6, n. 2, p. 27, 1965. Disponível em: https://www.unisalento.it/documents/20152/615543/Samuelson+Rational+Theory+of+Warrant+Pricing.pdf/290dcd3c-9c3d-3cc2-cc28-353135ceab54?version=1.0&download=true. Acesso em: 22 jun. 2022.

SÁNCHEZ-SANTANA, T.; LÓPEZ-VIGOA, O.; IGLESIAS-GÓMEZ, J. M.; LAMELA-LÓPEZ, L.; SOCA-PEREZ, M. The potential of silvopastoral systems for cattle production in Cuba. **Elementa**, v. 6, 2018. DOI: 10.1525/elementa.334. Disponível em: https://doi.org/10.1525/elementa.334. Acesso em: 14 out. 2021.

SANDMANN, F. G.; ROBOTHAM, J. V.; DEENY, S. R.; EDMUNDS, W. J.; JIT, M. Estimating the opportunity costs of bed-days. **Health Economics (United Kingdom)**, v. 27, n. 3, p. 592–605, 2018. DOI: 10.1002/hec.3613. Disponível em: https://doi.org/10.1002/hec.3613. Acesso em: 12 fev. 2022.

SANTILLI, L.; TIERZ, M. Riemannian Gaussian distributions, random matrix ensembles and diffusion kernels. **Nuclear Physics B**, v. 973, p. 115582, 1 dez. 2021. DOI: 10.1016/J.NUCLPHYSB.2021.115582. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.nuclphysb.2021.115582. Acesso em: 21 fev. 2022.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C. OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SARAVIA, J. A.; GARCÍA, C. S.; ALMONACID, P. M. The determinants of systematic risk: A firm lifecycle perspective. **International Journal of Finance and Economics**, v. 26, n. 1, p. 1037–1049, 2021. DOI: 10.1002/ijfe.1834. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ijfe.1834?af=R. Acesso em: 13 out. 2021.

SAVOLAINEN, J. Real options in metal mining project valuation: Review of literature. **Resources Policy**, v. 50, p. 49–65, 2016. DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.08.007. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.08.007. Acesso em: 12 fev. 2022.

SCARPA, F.; TAGLIAFICO, L. A.; BIANCO, V. Financial and energy performance analysis of efficiency measures in residential buildings. A probabilistic approach. **Energy**, v. 236, 2021. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121491. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221017394. Acesso em: 23 nov. 2021.

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**, v. 56, p. 261–271, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.071. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.071. Acesso em: 2 fev. 2022.

SEE-TO, E.W.K., YANG, Y. Market sentiment dispersion and its effects on stock return and volatility. **Electronic Markets**, n. 27, p. 283–296, 2017. DOI: DOI 10.1007/s12525-017-0254-5. Disponível em: DOI 10.1007/s12525-017-0254-5. Acesso em: 17 jan. 2023.

SEMENOV, A. Measuring the stock's factor beta and identifying risk factors under market inefficiency. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 80, p. 635–649, 2021. DOI: 10.1016/j.qref.2021.03.014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.qref.2021.03.014. Acesso em: 9 fev. 2022.

SEN, S.; SAVITSKIE, K.; MAHTO, R. V.; KUMAR, S.; KHANIN, D. Strategic flexibility in small firms. **Journal of Strategic Marketing**, v. 00, n. 00, p. 1–18, 2022. DOI: 10.1080/0965254X.2022.2036223. Disponível em: https://doi.org/10.1080/0965254X.2022.2036223. Acesso em: 4 maio 2022.

SERRA, A. P.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D. Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto. *In*: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (eds.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, 2019. 835 p.

SERRANO, A.; OLIVA, R.; KRAISELBURD, S. On the cost of capital in inventory models with deterministic demand. **International Journal of Production Economics**, v. 183, n. October 2016, p. 14–20, 2017. DOI: 10.1016/j.ijpe.2016.10.007. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.10.007. Acesso em: 26 out. 2021.

SHALENDER, K.; SINGH, N.; SUSHIL. AUTOFLEX: marketing flexibility measurement scale for automobile companies. **Journal of Strategic Marketing**, v. 25, n. 1, p. 65–74, 2017. DOI: 10.1080/0965254X.2015.1076882. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/0965254X.2015.1076882. Acesso em: 29 out. 2021.

SHANG, Q.; BYRNE, B. American option pricing: Optimal Lattice models and multidimensional efficiency tests. **Journal of Futures Markets**, v. 41, n. 4, p. 514–535, 2021. DOI: 10.1002/fut.22178. Disponível em: https://doi.org/10.1002/fut.22178. Acesso em: 23 abr. 2022.

SHARMA, S. Markov Chain Monte Carlo Methods for Bayesian Data Analysis in Astronomy. **Annual Review of Astronomy and Astrophysics**, v. 55, p. 213–259, 18 ago. 2017. DOI: 10.1146/ANNUREV-ASTRO-082214-122339. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-astro-082214-122339. Acesso em: 9 fev. 2022.

SHARPE, W. F. Capital Asset Prices: A theory of Market Equilibrium under conditions of risk. **The journal of Finance**, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964. DOI: https://doi.org/10.2307/2977928. Disponível em: https://doi.org/10.2307/2977928. Acesso em: 21 jun. 2022.

SHEN, B. Y. Cost of capital and asset characteristic value. **International Journal of Financial Engineering**, v. 08, n. 03, p. 2150007, 2021. DOI:

10.1142/s2424786321500079. Disponível em: https://doi.org/10.1142/S2424786321500079. Acesso em: 20 jan. 2022.

SHTEFAN, M. A.; ELIZAROVA, J. M. Investment project efficiency and risk evaluation: an integrated approach. **Business Informatics**, v. 4, n. 4, p. 54–65, 2018. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.4.54.65. Disponível em: 10.17323/1998-0663.2018.4.54.65. Acesso em: 20 jan. 2022.

SHVIMER, Y.; HERBON, A. Real-time waiting-price trading interval in a heterogeneous options market : a Bernoulli distribution. **International Transactions in Operational Research**, v. 27, n. 6, p. 2817–2840, 2020a. DOI: 10.1111/itor.12778. Disponível em: https://doi.org/10.1111/itor.12778. Acesso em: 3 mar. 2022

SHVIMER, Y.; HERBON, A. Comparative empirical study of binomial call-option pricing methods using S&P 500 index data. **North American Journal of Economics and Finance**, v. 51, n. March 2019, p. 101071, 2020b. DOI: 10.1016/j.najef.2019.101071. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.najef.2019.101071. Acesso em: 3 mar. 2022.

SIMMONS-SÜER, B. “How relevant is capital structure for aggregate investment? a regime-switching approach”. **International Review of Economics and Finance**, v. 53, n. October 2017, p. 109–117, 2018. DOI: 10.1016/j.iref.2017.10.002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.iref.2017.10.002. Acesso em: 21 nov. 2021.

SIMÕES, D.; DINARDI, A. J.; SILVA, M. R. Investment uncertainty analysis in eucalyptus bole biomass production in Brazil. **Forests**, v. 9, n. 7, 2018. DOI: 10.3390/f9070384. Disponível em: https://doi.org/10.3390/f9070384. Acesso em: 9 fev. 2022.

SINHA, A. K. The reliability of geometric Brownian motion forecasts of S&P500 index values. **Journal of Forecasting**, v. 40, n. 8, p. 1444–1462, 2021. DOI: https://doi.org/10.1002/for.2775. Disponível em: https://doi.org/10.1002/for.2775. Acesso em: 22 fev. 2022.

SIRIPONGVAKIN, J.; ATHIGAKUNAGORN, N. Infrastructure project investment decision timing using a real options analysis framework with rainbow option. **ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering**, v. 6, n. 3, p. 04020036, 2020. DOI: 10.1061/ajrua6.0001080. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/AJRUA6.0001080. Acesso em: 19 fev. 2022.

SKROBOTOV, A. On robust testing for trend. **Economics Letters**, v. 212, p. 110276, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.econlet.2022.110276. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176522000040. Acesso em: 11 jun. 2022.

STEFANO, A.; JACOBSON, M. G. Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. **Agroforestry Systems,** v. 92, p. 285-299, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9. Acesso em: 9 dez. 2022.

STEFFEN, B. The importance of project finance for renewable energy projects. **Energy Economics**, v. 69, p. 280–294, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.006. Acesso em: 21 jan. 2022.

STICCA, R. M.; NAKAO, S. H. Hedge accounting choice as exchange loss avoidance under financial crisis: Evidence from Brazil. **Emerging Markets Review**, v. 41, p. 100655, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ememar.2019.100655. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ememar.2019.100655. Acesso em: 12 fev. 2022.

STOJKOSKI, V.; SANDEV, T.; KOCAREV, L.; PAL, A. Geometric Brownian motion under stochastic resetting: A stationary yet nonergodic process. **Physical Review E**, v. 104, n. 1, p. 14121, jul. 2021. DOI: 10.1103/PhysRevE.104.014121. Disponível em: https://doi.org/10.1103/PhysRevE.104.014121. Acesso em: 23 fev. 2022.

SUNG, T. E.; PARK, H. W. The adequacy of volatility for the elaboration of technology valuation based on real options. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 31, n. 1, p. 1–24, 2019. DOI: 10.1080/09537325.2018.1476683. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09537325.2018.1476683. Acesso em: 3 mar. 2022.

Swart, J., Brinkmann, L. Economic Complexity and the Environment: Evidence from Brazil. In: Leal Filho, W., Tortato, U., Frankenberger, F. (eds) **Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030**. World Sustainability Series. 2020

SYNCOPATION SOFTWARE. DPL: Decision Programming Language. Versão 9.0.18. Concord, 2020. Disponível em: https://www.syncopation.com.

TABASH, M. I.; FAROOQ, U.; ASHFAQ, K.; TIWARI, A. K. Economic policy uncertainty and financing structure: A new panel data evidence from selected Asian economies. **Research in International Business and Finance**, v. 60, art. n. 101574, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101574. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101574. Acesso em: 23 maio 2022.

TAUSSIG, R. D. New evidence on practical implications of the CAPM: In memory of Simon Benninga. **Journal of Corporate Accounting and Finance**, v. 33, n. 1, p. 72–77, 2022. DOI: 10.1002/jcaf.22525. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jcaf.22525. Acesso em: 23 maio 2022.

TEIXEIRA, V. P. M.; CUNHA, M. F.; SANTOS, T. R. Aplicabilidade dos modelos CAPM local, CAPM local ajustado e CAPM ajustado híbrido ao mercado

brasileiro. **Revista Ambiente Contábil**, v. 14, n. 1, p. 1–22, 2022. DOI: 10.21680/2176-9036.2022v14n1id21987. Disponível em: https://doi.org/10.21680/2176-9036.2022v14n1ID21987. Acesso em: 28 nov. 2021.

THIJSSEN, J. J. J. Optimal investment and abandonment decisions for projects with construction uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 298, n. 1, p. 368–379, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.003. Acesso em: 29 jun. 2022.

TUBIKANEC, I.; TAMBORRINO, M.; LANSKY, P.; BUCKWAR, E. Qualitative properties of different numerical methods for the inhomogeneous geometric Brownian motion. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 406, p. 113951, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113951. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2021.113951. Acesso em: 21 jun. 2022.

TUDOR, S. F.; CHATTERJEE, R.; NGUYEN, L.; HUANG, Y. Quantum systems for Monte Carlo methods and applications to fractional stochastic processes. **Physica A**, v. 534, p. 121901, 2019. DOI: 10.1016/j.physa.2019.121901. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121901. Acesso em: 29 nov. 2021.

TURNER-SKOFF, J. B.; CAVENDER, N. The benefits of trees for livable and sustainable communities. **Plants, People, Plant**, v. 1, n. 4, p. 323-335, 2019. DOI: https://doi.org/10.1002/ppp3.39. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ppp3.39. Acesso em: 9 dez. 2022.

ULLAH, I.; NARAIN, R. Linking supply network flexibility with mass customization capability. **Journal of Business and Industrial Marketing**, 2021. DOI: 10.1108/JBIM-11-2020-0503. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JBIM-11-2020-0503. Acesso em: 22 nov. 2021.

U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY. Daily Treasury Long-Term Rates. 2022. Disponível em: https://home.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/TextView?type=daily_treasury_long_term_rate&field_tdr_date_value=all. Acesso em: 27 set. 2022.

VAN DEN BOOMEN, M.; SPAAN, M. T. J.; SHANG, Y.; WOLFERT, A. R. M.Infrastructure maintenance and replacement optimization under multiple uncertainties and managerial flexibility. **Construction Management and Economics**, v. 38, n. 1, p. 91–107, 2020. DOI: 10.1080/01446193.2019.1674450. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1674450. Acesso em: 04 maio 2022.

VARSHA, K. M.; RAJ, A. K.; BASTIN, B.; KUNHAMU, T. K.; PRADEEP, K. P. High density silvopasture systems for quality forage production and carbon sequestration in humid tropics of Southern India. **Agroforestry Systems**, n. 93, p.

185-198, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s10457-016-0059-0. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10457-016-0059-0. Acesso em: 7 dez. 2022.

VAYAS-ORTEGA, G.; SOGUERO-RUIZ, C.; ROJO-ÁLVAREZ, J. L.; GIMENO-BLANES, F. J. On the differential analysis of enterprise valuation methods as a guideline for unlisted companies assessment (I): Empowering discounted cash flow valuation. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 17, p. 1–21, 2020. DOI: 10.3390/app10175875. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app10175875. Acesso em: 02 mar. 2022.

VENDRAME, V.; GUERMAT, C.; TUCKER, J. A conditional regime switching CAPM. **International Review of Financial Analysis**, v. 56, p. 1–11, 2018. DOI: 10.1016/j.irfa.2017.12.001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.irfa.2017.12.001. Acesso em: 04 abr. 2021.

VENDRAME, V.; TUCKER, J.; GUERMAT, C. Some extensions of the CAPM for individual assets. **International Review of Financial Analysis**, v. 44, p. 78–85, 2016. DOI: 10.1016/j.irfa.2016.01.010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.irfa.2016.01.010. Acesso em: 03 abr. 2021.

WALLER, E. N. K.; ADABLAH, P. D.; KESTER, Q. A. Markov Chain: Forecasting Economic Variables. **Proceedings - 2019 International Conference on Computing, Computational Modelling and Applications**, p. 115–119, 2019. DOI: 10.1109/ICCMA.2019.00026. Disponível em: 10.1109/ICCMA.2019.00026. Acesso em: 09 nov. 2021.

WANG, S.; WANG, X.; ZHANG, J. Robust Optimization Approach to Process Flexibility Designs with Contribution Margin Differentials. **Manufacturing and Service Operations Management**, v. 24, n. 1, p. 632–646, 2022. DOI: 10.1287/MSOM.2020.0913. Disponível em: https://doi.org/10.1287/msom.2020.0913. Acesso em: 10 out. 2021.

WANG, T.; LIU, B.; ZHANG, J.; LI, G. A Real Options-Based Decision-Making Model for Infrastructure Investment to Prevent Rainstorm Disasters. **Production and Operations Management**, v. 28, n. 11, p. 2699–2715, 2019. DOI: https://doi.org/10.1111/poms.13074. Disponível em: https://doi.org/10.1111/poms.13074. Acesso em: 06 out. 2021.

WICAKSONO, F. D.; BIN ARSHAD, Y.; SIHOMBING, H. Monte Carlo net present value for techno-economic analysis of oil and gas production sharing contract. **International Journal of Technology**, v. 10, n. 4, p. 829–840, 2019. DOI: 10.14716/ijtech.v10i4.2051. Disponível em: https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i4.2051. Acesso em: 20 set. 2021.

WU, R.; TÜZES, D.; ISPÁNOVITY, P. D.; GROMA, I.; HOCHRAINER, T.; ZAISER, M. Deterministic and stochastic models of dislocation patterning. **Physical Review B**, v. 98, n. 5, p. 1–15, 2018. DOI: 10.1103/PhysRevB.98.054110. Disponível em: https://doi.org/10.1103/PhysRevB.98.054110. Acesso em: 29 ago. 2021.

WYNN, K.; SPANGENBERG, G.; SMITH, K.; WILSON, W. Valuing Genetically Modified Traits in Canola Using Real Options. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 42, n. 2, p. 195–214, 2017. DOI: 10.22004/ag.econ.257998.Disponível em: 10.22004/ag.econ.257998. Acesso em: 29 ago. 2022.

XAVIER, D. T.; PERES, A. A. C.; ALMEIDA, G. L.; CARVALHO C. A. B. Application of the “real options theory” method to the production systems used in dairy cattle farming. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 06, pp. 2288-2296, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4162-11952. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-4162-11952. Acesso em: 8 ago. 2022.

XIE, K.; LIU, M.; LU, W.; WU, J. Discrete/continuous-time online algorithm application for time-varying optimal power flow in active distribution networks. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 138, p. 107859, 1 jun. 2022. DOI: 10.1016/J.IJEPES.2021.107859. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107859. Acesso em: 10 fev. 2022.

XIE, S.; ZHUANG, S.; DU, Y. Improved Bernoulli sampling for discrete gaussian distributions over the integers. **Mathematics**, v. 9, n. 4, p. 1–13, 2021. DOI: 10.3390/math9040378. Disponível em: https://doi.org/10.3390/math9040378. Acesso em: 9 dez. 2021.

XU, Y. Optimal growth under model uncertainty. **The North American Journal of Economics and Finance**, v. 60, p. 101634, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101634. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101634. Acesso em: 29 jul. 2022.

YANG, C.; GAO, B.; YANG, J. Option pricing model with sentiment. **Review of Derivatives Research**, v. 19, n. 2, p. 147–164, 2016. DOI: 10.1007/s11147-015-9118-3. Disponível em: 10.1007/s11147-015-9118-3. Acesso em: 15 jul. 2022.

YANO, R.; KURODA, H. Kinetic model of wealth distribution by trading stocks with geometric brownian motion. **International Journal of Modern Physics C**, v. 32, n. 12, art. n. 2250001, 2021. DOI: 10.1142/S0129183122500012. Disponível em: https://doi.org/10.1142/S0129183122500012. Acesso em: 29 jul. 2022.

YAZDANI, S.; HADIZADEH, M.; FAKOOR, V. Journal of Computational and Applied Computational analysis of the behavior of stochastic volatility models with financial applications. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 411, p. 114258, 2022. DOI: 10.1016/j.cam.2022.114258. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cam.2022.114258. Acesso em: 28 jun. 2022.

YI, X.; LIU, S. The optimal decision rule of environmental regulation: an analysis of the cement industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 336, p. 130410, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130410. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130410. Acesso em: 03 jul. 2022.

YU, S.; LI, Z.; WEI, Y.; LIU, L. A real option model for geothermal heating investment decision making: Considering carbon trading and resource taxes. **Energy**, v. 189, p. 116252, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116252. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116252. Acesso em: 25 maio de 2022.

YUE, Y.; YING, Y. Real option analysis for emission reduction investment under the sulfur emission control. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 45, p. 101055, 1 jun. 2021. DOI: 10.1016/J.SETA.2021.101055. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101055. Acesso em: 19 maio 2022.

YURIEVA, T.; VOROPAEVA, L.; BELIAKOVA, M.; ADAMCHUK, N.. Infrastructure investment projects: financing and management mechanisms. **Journal of Modelling in Management**, 2021. DOI: 10.1108/JM2-12-2020-0323. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JM2-12-2020-0323. Acesso em: 17 maio 2022.

ZERVOS, M.; RODOSTHENOUS, N., LON, P. C.; BERNHARDT, T. Discretionary stopping of stochastic differential equations with generalised drift. **Electronic Journal of Probability**, v. 24, n. none, p. 1 – 39, 2019. DOI: 10.1214/19-EJP377. Disponível em: https://doi.org/10.1214/19-EJP377. Acesso em: 29 jun. 2021.

ZHANG, D.; CHEN, Y.; WANG, L.; LIU, J.; YUAN, R.; WU, J.; ZHANG, Y.; LI, M. Control strategy and optimal configuration of energy storage system for smoothing short-term fluctuation of PV power. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 45, 1 jun. 2021a. DOI: 10.1016/j.seta.2021.101166. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JM2-12-2020-0323. Acesso em: 29 jun. 2022.

ZHANG, M.; TANG, Y.; LIU, L.; ZHOU, D. Optimal investment portfolio strategies for power enterprises under multi-policy scenarios of renewable energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 154, p. 111879, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111879. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111879. Acesso em: 29 jul. 2022.

ZHANG, W.; DAI, C.; LUO, X.; OU, X. Policy incentives in carbon capture utilization and storage (CCUS) investment based on real options analysis. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 23, n. 4, p. 1311–1326, 2021b. DOI: 10.1007/s10098-021-02025-y. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10098-021-02025-y. Acesso em: 24 abr. 2022.

ZHANG, X.; YIN, J. Assessment of investment decisions in bulk shipping through fuzzy real options analysis. **Maritime Economics & Logistics**, 2021. DOI: 10.1057/s41278-021-00201-x. Disponível em: https://doi.org/10.1057/s41278-021-00201-x. Acesso em: 28 abr. 2022.

ZHENG, Z.; LU, Y.; ZHANG, J. Multiscale complexity fluctuation behaviours of stochastic interacting cryptocurrency price model. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 593, p. 126939, 2022. DOI:

https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.126939. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.126939. Acesso em: 24 abr. 2022.

ZHOU, H.-L.; TANG, B.-J.; CAO, H. Abandonment Decision-Making of Overseas Oilfield Project Coping with Low Oil Price. **Computational Economics**, v. 55, n. 4, p. 1171–1184, 2020. DOI: 10.1007/s10614-018-9837-2. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10614-018-9837-2. Acesso em: 22 abr. 2022.

ZIĘTY, J. J.; OLBA-ZIĘTY, E.; STOLARSKI, M. J.; KRZYKOWSKI, M.; KRZYŻANIAK, M. Legal Framework for the Sustainable Production of Short Rotation Coppice Biomass for Bioeconomy and Bioenergy. **Energies**, v. 15, n. 4, p. 1370, 2022. DOI: 10.3390/en15041370. Disponível em: https://doi.org/10.3390/en15041370. Acesso em: 23 abr. 2022.

ZMEŠKAL, Z.; DLUHOŠOVÁ, D.; GURNÝ, P.; KRESTA, A. Generalised soft multi-mode real options model (fuzzy-stochastic approach). **Expert Systems with Applications**, v. 192, 2022. DOI: 10.1016/j.eswa.2021.116388. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116388. Acesso em: 21 abr. 2022.

ZORE, Ž.; ČUČEK, L; ŠIROVNIK, D; PINTARIČ, Z. N.; KRAVANJA, Z. Maximizing the sustainability net present value of renewable energy supply networks. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 131, p. 245–265, 2018. DOI: 10.1016/j.cherd.2018.01.035. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.01.035. Acesso em: 18 maio 2022.