

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

CRIAÇÃO DE VALOR E FLEXIBILIDADE GERENCIAL EM SISTEMAS
AGRÍCOLAS: DESEMPENHO DA SUCESSÃO SOJA-MILHO E
DIVERSIFICAÇÃO COM AMENDOIM

Joyce Castro Xavier Galego

DOURADOS-MS

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

CRIAÇÃO DE VALOR E FLEXIBILIDADE GERENCIAL EM SISTEMAS
AGRÍCOLAS: DESEMPENHO DA SUCESSÃO SOJA-MILHO E
DIVERSIFICAÇÃO COM AMENDOIM

Linha de Pesquisa: Bioeconomia

Tese apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em
Agronegócios da Universidade
Federal da Grande Dourados –
Faculdade de Administração,
Ciências Contábeis e Economia.

Doutoranda

Joyce Castro Xavier Galego

Orientador (a)

Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro

Coorientador (a)

Prof. Dr. Everton Vogel

DOURADOS-MS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

G151c Galego, Joyce Castro Xavier

CRIAÇÃO DE VALOR E FLEXIBILIDADE GERENCIAL EM SISTEMAS AGRÍCOLAS:
DESEMPENHO DA SUCESSÃO SOJA-MILHO E DIVERSIFICAÇÃO COM AMENDOIM
[recurso eletrônico] / Joyce Castro Xavier Galego. -- 2026.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Clandio Favarini Ruviaro.

Coorientador: Everton Vogel.

Tese (Doutorado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2026.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Geração de valor. 2. tomada de decisão. 3. diversificação produtiva. 4. risco. 5. amendoim. I.
Ruviaro, Clandio Favarini. II. Vogel, Everton. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



ATA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO APRESENTADA POR JOYCE CASTRO XAVIER GALEGO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "AGRONEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE".

Aos dezoito dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e seis, às treze horas e trinta minutos, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Tese de Doutorado intitulada **"Criação de valor e flexibilidade gerencial em sistemas agrícolas: desempenho da sucessão soja-milho e diversificação com amendoim."**, apresentada pela pessoa doutoranda Joyce Castro Xavier Galego, do Programa de Pós-graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Claudio Favarini Ruviero/UFGD (presidente/orientador), Prof. Dr. Antonio Carlos Vaz Lopes/UFGD (membro titular interno), Prof. Dr. Regio Marcio Toesca Gimenes/UFGD (membro titular interno), Prof. Dr. Miguelangelo Gianezi/UFGD (membro titular externo), Prof. Dr. Edson Talamini/UFRGS (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer à pessoa candidata e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Tese. Após a pessoa candidata ter apresentado a sua Tese, os membros da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo a pessoa candidata obtido **APROVAÇÃO**. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 18 de agosto de 2026.

Documento assinado digitalmente
gov.br CLAUDIO FAVARINI RUVIERO
Data: 24/08/2026 10:57:39-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Claudio Favarini Ruviero
Presidente/Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br ANTONIO CARLOS VAZ LOPES
Data: 25/08/2026 10:33:20-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Antonio Carlos Vaz Lopes
Membro Titular Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br REGIO MARCIO TOESCA GIMENES
Data: 24/08/2026 15:13:06-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Regio Marcio Toesca Gimenes
Membro Titular Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br MIGUELANGELO GIANEZINI
Data: 24/08/2026 11:02:41-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Miguelangelo Gianezi
Membro Titular Externo

Documento assinado digitalmente
gov.br EDSON TALAMINI
Data: 25/08/2026 09:04:53-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Edson Talamini
Membro Titular Externo

(PARA USO EXCLUSIVO DA PROPG)

AGRADECIMENTOS

Esta tese representa muito mais do que a conclusão de uma etapa acadêmica. Ela carrega anos de aprendizado, amadurecimento e experiências que transformaram minha trajetória profissional e minha forma de enxergar a vida. Minha história sempre esteve conectada ao agronegócio, cresci acompanhando a realidade vivida pela minha família e aprendi desde cedo que o campo exige trabalho, resiliência e capacidade de adaptação diante das incertezas.

Como engenheira agrônoma, tive o privilégio de contar com o apoio da minha família para me dedicar aos estudos e, aos 28 anos, tornar-me a primeira doutora da família. Mais do que um título, esta conquista representa a confiança, os esforços e as renúncias compartilhadas por todos que caminharam ao meu lado.

Durante o doutorado, a vida me levou por caminhos que ampliaram minha visão sobre gestão, negócios e tomada de decisão. Passei a atuar diretamente na administração de empresas, participei da condução dos negócios familiares e enfrentei desafios que exigiram maturidade, responsabilidade e coragem para lidar com situações que nem sempre possuíam respostas claras.

Ao mesmo tempo, escolhi desenvolver minha pesquisa em uma área distante da minha formação original: as finanças. Essa decisão nasceu da percepção de que um dos grandes desafios do agronegócio não está apenas na produção, mas também na gestão e na qualidade das decisões econômicas. Hoje percebo que minha trajetória se conectou à essência desta tese, pois, enquanto estudava volatilidade e tomada de decisão, vivenciava esses mesmos desafios na prática.

Ao longo dessa jornada, compreendi que o título de doutora não representa o fim do aprendizado, mas apenas um marco em um processo contínuo de construção do conhecimento. Também aprendi que, embora a competência técnica seja indispensável, humildade, fé e a capacidade de construir boas relações humanas são igualmente essenciais.

Agradeço a Deus, à Virgem Maria e a Santa Teresinha por sustentarem minha fé, minha força e minha esperança ao longo de toda esta caminhada.

À minha mãe, Maria, ao meu pai, Luiz, e à minha irmã, Jéssica, por serem minha base, meu incentivo e meu porto seguro.

Ao meu esposo, Julio Cesar, por compartilhar comigo os sonhos, os desafios e as renúncias desta etapa, sempre com apoio, paciência e parceria.

Ao meu sogro, Carlos, pela confiança, pelos ensinamentos e por disponibilizar os dados e a experiência prática que deram origem a esta pesquisa. À minha sogra e aos meus cunhados, pelo apoio ao longo dessa jornada.

À minha sócia, Danieli Dossi, pela compreensão nos momentos em que o doutorado exigiu grande parte do meu tempo e por seguir ao meu lado na construção dos nossos objetivos profissionais.

Ao meu orientador, Clandio Ruviano, e ao meu coorientador, Everton Vogel, pelos ensinamentos e contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Ao meu primo Pedro Henrique, pela ajuda com os dados. Ao Rogério e à Amendogória, pelas contribuições relacionadas à cultura do amendoim e à realidade regional.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, pela oportunidade de crescimento acadêmico e científico.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta trajetória. Mais do que representar a conclusão de uma pesquisa, esta tese simboliza a caminhada de alguém que decidiu não abrir mão dos próprios sonhos e que descobriu, ao longo do caminho, que crescer significa, muitas vezes, encontrar coragem para seguir em frente mesmo diante do desconhecido.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1.1 Contexto da pesquisa	14
1.1.1 Evolução do sistema de sucessão soja e milho safrinha no Brasil	14
1.1.2 O Mato Grosso do Sul no contexto da produção de soja e milho	15
1.1.3 Desafios econômicos e edafoclimáticos da produção de soja e milho.....	18
1.1.4 O amendoim como alternativa de diversificação agrícola	22
2. JUSTIFICATIVA.....	25
3. OBJETIVOS.....	28
3.1 Objetivo Geral.....	28
3.2 Objetivos Específicos.....	28
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2 – ABORDAGENS DE INVESTIMENTO NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	35
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSSÃO.....	51
4.1 Métodos tradicionais de avaliação de investimentos.....	51
4.2 Teoria de opções reais na avaliação de investimentos agrícolas: o valor da flexibilidade gerencial.....	52
4.3 Uma proposta integrativa para a avaliação de investimentos agrícolas sob incerteza.....	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 3 – DESEMPENHO ECONÔMICO DO SISTEMA DE SUCESSÃO DE SOJA E MILHO EM PROPRIEDADE RURAL EM MATO GROSSO DO SUL	
65	
1. INTRODUÇÃO	66
2. MATERIAIS E MÉTODOS	68
2.1 Área de estudo e descrição do sistema de produção.....	68
2.2 Coleta de dados	70
2.3 Avaliação do desempenho econômico do sistema de produção	71
2.3.1 Estimativa do custo do capital próprio e do WACC	72
2.3.2 Capital investido.....	74
2.4 Análise de sensibilidade	75

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
3.1 Análise do desempenho econômico do sistema de sucessão soja e milho.....	76
3.2 Análise de sensibilidade	82
4. CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS.....	87
CAPÍTULO 4 - AMENDOIM COMO OPÇÃO DE DIVERSIFICAÇÃO EM MATO GROSSO DO SUL: UMA ANÁLISE DE INVESTIMENTO COM TEORIA DAS OPÇÕES REAIS	91
1. INTRODUÇÃO.....	92
2. MATERIAIS E MÉTODOS	94
2.1 Caracterização da área de estudo	94
2.2 Delimitação do projeto e estrutura da análise	94
2.3 Coleta de dados	95
2.4 Avaliação econômica: métodos tradicionais.....	96
2.5 Avaliação econômica: métodos de opções reais.....	98
2.5.1 Definição do ativo subjacente.....	99
2.5.2 Estimativa da volatilidade do projeto a partir da série histórica de preços do amendoim	99
2.5.3 Aplicação do Modelo de Precificação Binomial e construção das Árvores Binomiais	100
2.5.4 Flexibilidade Gerencial e Valor da Opção de Adiamento.....	102
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
3.1 Avaliação econômica do investimento pelos métodos tradicionais	103
3.2 Análise do projeto de investimento pela Teoria das Opções Reais	107
4. CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS	113
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116

RESUMO

DESEMPENHO ECONÔMICO E FLEXIBILIDADE GERENCIAL EM UM SISTEMA DE SUCESSÃO SOJA E MILHO: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DO EVA (*ECONOMIC VALUE ADDED*) E DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

A crescente intensidade de capital e a elevada incerteza que caracterizam a atividade agrícola tornam mais complexas a avaliação do desempenho econômico e a tomada de decisões de investimento nas propriedades rurais. Nesse contexto, esta tese teve como objetivo avaliar o desempenho econômico do sistema de sucessão soja–milho safrinha em uma propriedade rural localizada no estado de Mato Grosso do Sul e analisar a viabilidade econômica da diversificação produtiva por meio do cultivo de amendoim, incorporando o valor da flexibilidade gerencial. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática da literatura sobre metodologias de análise de investimentos aplicadas à agricultura, seguida da aplicação do *Economic Value Added* (EVA) para avaliação do desempenho econômico do sistema produtivo e da Teoria das Opções Reais (TOR) para análise da decisão de diversificação. A revisão sistemática evidenciou a predominância de métodos tradicionais de análise de investimentos, especialmente o Valor Presente Líquido (VPL), apesar de suas limitações para incorporar as incertezas e a flexibilidade gerencial inerentes às decisões de investimento na agricultura. A aplicação do EVA demonstrou que a criação de valor econômico pelo sistema de sucessão soja–milho foi instável ao longo do período analisado, com desempenho econômico superior da soja em relação ao milho. Sob condições de incerteza, a simulação de Monte Carlo indicou probabilidade de 73,1% de destruição de valor econômico. A análise de correlação de *Spearman* identificou o preço, o custo operacional e a produtividade da soja como as variáveis com maiores associações com o EVA. A análise da diversificação produtiva evidenciou que o cultivo de amendoim constitui uma alternativa economicamente viável, enquanto a aplicação da Teoria das Opções Reais demonstrou que a incorporação da flexibilidade gerencial amplia o valor econômico do investimento em relação à análise tradicional. Conclui-se que a utilização complementar do *Economic Value Added* e da Teoria das Opções Reais proporciona uma avaliação mais abrangente do desempenho econômico e das decisões de investimento em sistemas agrícolas sujeitos à incerteza.

Palavras-chave: Geração de valor; tomada de decisão; diversificação produtiva; risco; amendoim; bioeconomia.

ABSTRACT

ECONOMIC PERFORMANCE AND MANAGERIAL FLEXIBILITY IN A SOYBEAN–SECOND-CROP MAIZE CROPPING SYSTEM: AN ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF ECONOMIC VALUE ADDED (EVA) AND REAL OPTIONS THEORY

The increasing capital intensity and high levels of uncertainty that characterize agricultural activities make the assessment of economic performance and investment decision-making on rural properties more complex. In this context, this thesis aimed to evaluate the economic performance of the soybean–second-crop maize succession system on a rural property located in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, and to analyze the economic feasibility of production diversification through peanut cultivation, incorporating the value of managerial flexibility. To this end, a systematic literature review of investment analysis methodologies applied to agriculture was conducted, followed by the application of the Economic Value Added (EVA) framework to assess the economic performance of the production system and Real Options Theory (ROT) to analyze the diversification decision. The systematic literature review revealed the predominance of traditional investment analysis methods, particularly Net Present Value (NPV), despite their limitations in incorporating the uncertainty and managerial flexibility inherent in agricultural investment decisions. The application of EVA demonstrated that economic value creation by the soybean–maize succession system was unstable throughout the period analyzed, with soybean exhibiting better economic performance than maize. Under uncertain conditions, Monte Carlo simulation indicated a 73.1% probability of economic value destruction. Spearman correlation analysis identified soybean price, operating costs, and productivity as the variables most strongly associated with EVA. The analysis of production diversification showed that peanut cultivation constitutes an economically viable alternative, while the application of Real Options Theory demonstrated that incorporating managerial flexibility increases the economic value of the investment compared with traditional analysis. It is concluded that the complementary use of Economic Value Added and Real Options Theory provides a more comprehensive assessment of economic performance and investment decisions in agricultural systems subject to uncertainty.

Keywords: value creation; decision-making; production diversification; agricultural risk; peanut; bioeconomy.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Descrição da amostra de artigos selecionados para análise.	43
Tabela 2 - Produtividade e preços médios observados em propriedade rural com sucessão soja e milho (2021–2025).	77
Tabela 3 - Composição dos custos operacionais por hectare nas culturas de soja e milho (2021–2025).	78
Tabela 4 - Descrição das variáveis e valores usados na aplicação do modelo AH- CAPM para definir taxa mínima de atratividade.	79
Tabela 5 - Valor Econômico Agregado (EVA) por safra do sistema de sucessão soja e milho safrinha (2021–2025).	80
Tabela 6 - Indicadores econômicos e Valor Econômico Agregado (EVA) da propriedade rural com sistema de sucessão soja e milho safrinha (2021–2025).	81
Tabela 10 - Projeção de Custo total por hectare para cultivo de soja e amendoim em Mato Grosso do Sul.	104
Tabela 11 - Fluxo de caixa livre incremental projetado para a diversificação do sistema produtivo por meio do cultivo de amendoim.	105
Tabela 12 - Indicadores financeiros do projeto incremental de diversificação por meio do cultivo de amendoim.	106
Tabela 13 - Parâmetros utilizados na modelagem da Teoria das Opções Reais.	107
Tabela 14 - Indicadores econômicos do projeto sob a abordagem tradicional e pela Teoria das Opções Reais.	111

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Produção de soja no estado de Mato Grosso do Sul.....	16
Figura 2 - Produção de milho no estado de Mato Grosso do Sul.....	17
Figura 3 - Séries históricas referentes ao custo de produção, rentabilidade e produtividade do cultivo de milho em Mato Grosso do Sul.....	19
Figura 4 - Séries históricas referentes ao custo produção, rentabilidade e produtividade do cultivo de soja em Mato Grosso do Sul.....	20
Figura 5 - Evolução da área plantada e da produção de amendoim em Mato Grosso do Sul, safras 1976/77 a 2024/25.	24
Figura 6 - Esboço esquemático da tese.	29
Figura 7 - Fluxograma do PRISMA para a identificação e seleção de estudos de análise de investimento na produção agrícola.	39
Figura 8 - Número de artigos publicados por ano com a temática em estudo.	41
Figura 9 - Número de publicações por periódicos entre os artigos analisados.....	42
Figura 10 - Nuvem de palavras.....	46
Figura 11 - Síntese das metodologias de análise de investimento aplicadas à agricultura segundo o nível de incerteza.	55
Figura 12 - Localização geográfica da propriedade rural em estudo.....	69
Figura 13 - Distribuição de frequência dos valores simulados de EVA por hectare do sistema de produção de soja e milho safrinha.	83
Figura 14 - Coeficientes de correlação das variáveis sobre o EVA (R\$/ha) no sistema de sucessão soja e milho safrinha.....	86
Figura 15 - Representação gráfica da árvore binomial.	100
Figura 16 - Árvore Binomial de Opções Reais do projeto de diversificação com amendoim.....	109
Figura 17 - Árvore Binomial da Opção Real de Adiamento do projeto de diversificação por meio do cultivo de amendoim.	110

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos 50 anos, o agronegócio brasileiro consolidou-se como um dos principais setores da economia nacional e um importante fornecedor de alimentos para o mercado global, com destaque para a soja e o milho, que estão entre as principais commodities agrícolas do país (Dutra; Barbosa, 2020; Cattelan; Agnol, 2018). A expansão do sistema de sucessão soja e milho safrinha, especialmente em Mato Grosso do Sul, ampliou a produção de grãos e contribuiu para posicionar o estado entre os principais produtores nacionais (Duarte; Ceccon, 2019; Conab, 2025).

Ao mesmo tempo em que a agricultura se tornou mais produtiva e tecnologicamente avançada, também passou a demandar volumes crescentes de capital e a operar em um ambiente cada vez mais exposto a oscilações de preços, custos, taxas de câmbio e condições climáticas (Ouma, 2020; Silva et al., 2020). Dessa forma, a gestão das propriedades rurais passou a ser conduzida em um ambiente marcado por maior complexidade e incerteza.

Assim, compreender o desempenho econômico dos sistemas produtivos e subsidiar decisões de investimento tornou-se uma questão relevante para a gestão agrícola. É nesse contexto que se insere a presente pesquisa, que investiga o desempenho econômico do sistema de sucessão soja e milho safrinha em uma propriedade rural localizada em Mato Grosso do Sul, e analisa o cultivo do amendoim como alternativa de diversificação produtiva sob a perspectiva da flexibilidade gerencial.

Para tanto, este capítulo apresenta a evolução do sistema de sucessão soja e milho safrinha no Brasil, discute a relevância dessas culturas para o Mato Grosso do Sul, examina os principais desafios econômicos da produção agrícola contemporânea, apresenta o cultivo do amendoim como alternativa de diversificação e, por fim, expõe os objetivos da pesquisa.

1.1 Contexto da pesquisa

1.1.1 Evolução do sistema de sucessão soja e milho safrinha no Brasil

A evolução do sistema de sucessão soja e milho safrinha está associada às transformações que marcaram a agricultura brasileira a partir da segunda metade do século XX. Até a década de 1960, a produção agrícola concentrava-se principalmente nas regiões Sul e Sudeste. A partir de então, políticas de incentivo à modernização, associadas aos avanços da pesquisa agropecuária e ao desenvolvimento de novas tecnologias, impulsionaram a expansão da fronteira agrícola para o Cerrado (Buainain et al., 2014).

Em 1973, a criação da Embrapa, constituiu um marco para a agricultura brasileira ao desenvolver tecnologias adaptadas às condições tropicais, incluindo a correção da acidez dos solos, o manejo da fertilidade, o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao Cerrado e o aperfeiçoamento dos sistemas de produção. Esses avanços viabilizaram a ocupação produtiva de áreas anteriormente consideradas inadequadas para a agricultura e promoveram expressivos ganhos de produtividade (Alves; Boddey; Urquiaga, 2003; Franchini et al., 2012).

Entre as culturas beneficiadas por esse processo de transformação, destaca-se a soja (*Glycine max* L.), cuja expansão foi decisiva para a ocupação agrícola do Cerrado e para posicionar o Brasil entre os principais produtores e exportadores mundiais da oleaginosa. Inicialmente concentrada na região Sul, a cultura avançou para o Centro-Oeste acompanhando a expansão da fronteira agrícola.

Na safra 2024/25, a soja ocupou aproximadamente 47,5 milhões de hectares e alcançou produção superior a 170 milhões de toneladas. A produção concentra-se principalmente nos estados de Mato Grosso, Paraná, Goiás, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, responsáveis por cerca de 72% do volume nacional. Esses resultados posicionaram o Brasil como o maior exportador mundial da oleaginosa, com embarques superiores a 108 milhões de toneladas em 2025 (CONAB, 2025).

O desenvolvimento de cultivares de soja de ciclo mais precoce, aliado à evolução das práticas de manejo, ampliou a janela de cultivo após a colheita da

safrinha. Essa transformação criou as condições para a adoção do cultivo de milho (*Zea mays* L.) em segunda safra ou “safrinha”, especialmente nas regiões de Cerrado, onde as condições climáticas favoreciam a intensificação produtiva. Como resultado, o milho passou a ser cultivado como segunda cultura no mesmo ano agrícola, caracterizando um sistema produtivo baseado na sucessão soja e milho (Duarte; Ceccon, 2019; Pinheiro et al., 2021).

Com a expansão da safrinha, o milho deixou de desempenhar apenas uma função voltada ao abastecimento interno e passou a ocupar posição de destaque na agroindústria e no comércio internacional. Na safra de 2025, a cultura ocupou aproximadamente 22 milhões de hectares e alcançou produção próxima de 139 milhões de toneladas, posicionando o Brasil como o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial do grão, com embarques estimados em cerca de 43 milhões de toneladas (CONAB, 2025).

Entre os principais estados produtores destacam-se Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, responsáveis conjuntamente por aproximadamente 75% da produção nacional. O crescimento da demanda por ração animal, etanol de milho e exportações reforçou ainda mais a importância econômica da cultura (CONAB, 2025).

Nesse sentido, o duplo cultivo de soja e milho safrinha se tornou um dos principais sistemas de produção de grãos do Brasil, especialmente no Cerrado e nas regiões mais quentes do sul do Brasil. Além de elevar a produção por hectare, esse sistema possibilitou melhor aproveitamento da terra, das máquinas, da infraestrutura e do capital investido (Carauta et al., 2017; Nóia Junior & Sentelhas, 2019).

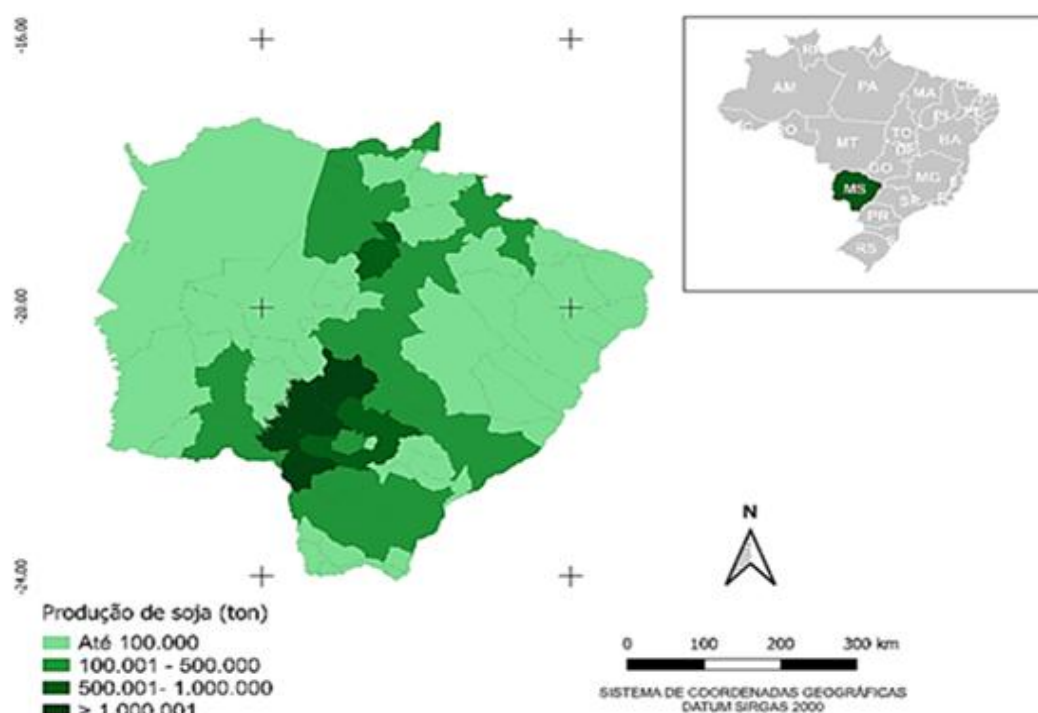
1.1.2 O Mato Grosso do Sul no contexto da produção de soja e milho

A relevância da soja e do milho para Mato Grosso do Sul pode ser observada por sua participação no Valor Bruto da Produção (VBP) agropecuária. Em 2025, a soja respondeu por 34,48% do VBP estadual e o milho por 14,42%, ocupando, respectivamente, a primeira e a segunda posição entre as atividades agropecuárias de maior importância econômica. Em

conjunto, essas commodities representaram aproximadamente metade do valor gerado pelo setor agropecuário do estado (SEMADESC, 2025).

Na safra 2024/25, o estado consolidou-se como o quinto maior produtor de soja do Brasil, alcançando produção superior a 14 milhões de toneladas em uma área cultivada de aproximadamente 4,5 milhões de hectares (CONAB, 2025). A atividade encontra-se distribuída por praticamente todas as regiões produtoras do estado, com destaque para municípios como Maracaju, Ponta Porã, Sidrolândia, Dourados e Rio Brilhante (Figura 1). Entre eles, Maracaju e Ponta Porã figuram entre os maiores produtores de soja do país, superando 1 milhão de toneladas por safra.

Figura 1 - Produção de soja no estado de Mato Grosso do Sul.



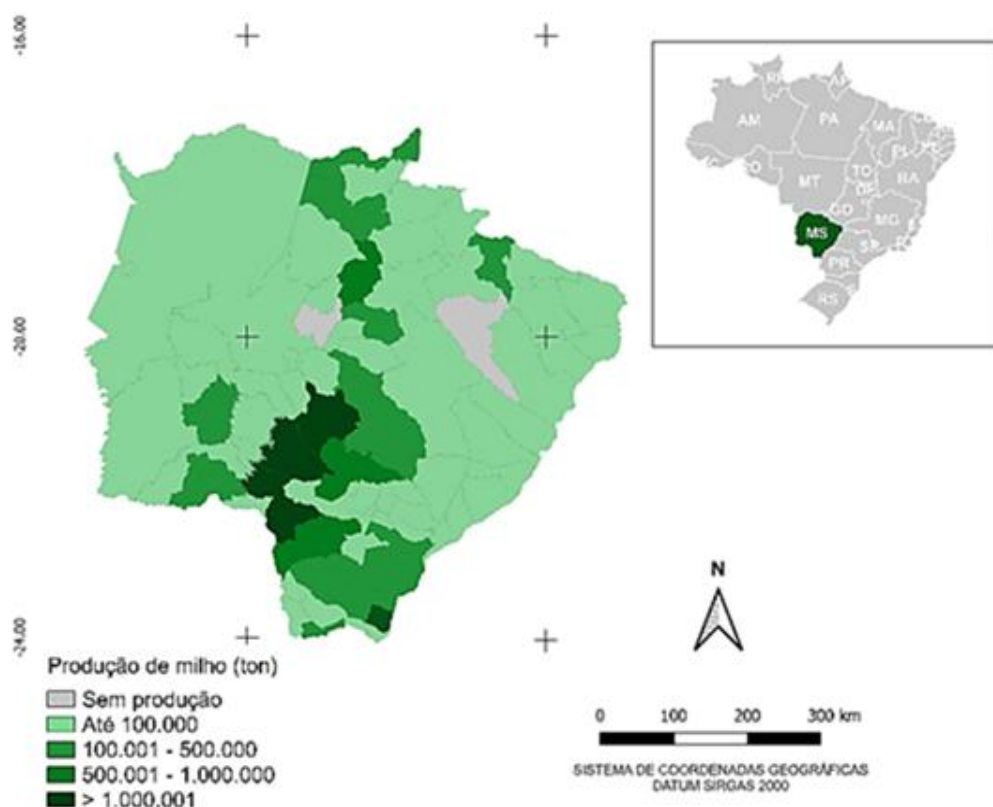
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025).

O milho safrinha também desempenha papel relevante na estrutura produtiva estadual. Favorecido pela expansão do sistema de sucessão soja e milho, o estado produziu mais de 12 milhões de toneladas na safra 2024/25, tornando-se o quarto maior produtor nacional da cultura. A produção concentra-se, em grande medida, nos mesmos polos agrícolas da soja, com destaque

para municípios como Maracaju, Dourados, Ponta Porã, Rio Brilhante e Sidrolândia (Figura 2).

Além da produção agrícola, a importância econômica do sistema soja e milho está relacionada ao desenvolvimento de cadeias agroindustriais que agregam valor à produção regional. Nos últimos anos, o Mato Grosso do Sul destacou-se pela expansão da indústria de etanol de milho, com unidades industriais instaladas em municípios como Maracaju, Sidrolândia e Dourados. A expansão desse segmento ampliou a demanda regional pelo cereal, fortaleceu a integração entre agricultura, indústria e geração de energia (Eckert et al., 2018; Justus et al., 2024).

Figura 2 - Produção de milho no estado de Mato Grosso do Sul.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025).

Outro fator que contribui para a competitividade do agronegócio sul-mato-grossense é sua integração aos principais corredores logísticos nacionais. A BR-163 desempenha papel central no escoamento da produção agrícola, conectando as principais regiões produtoras aos centros

consumidores e aos portos de exportação. Soma-se a isso, projetos como a Rota Bioceânica tendem a ampliar a integração do estado aos mercados internacionais, criando novas oportunidades para o agronegócio regional.

Essas commodities exercem influência sobre a economia estadual, sustentando cadeias produtivas que envolvem armazenagem, transporte, agroindústria, comércio e serviços. Dessa forma, seu desempenho impacta não apenas a renda dos produtores rurais, mas também a geração de emprego, investimentos e o desenvolvimento regional.

1.1.3 Desafios econômicos e edafoclimáticos da produção de soja e milho

A expansão da produção e das exportações brasileiras de soja e milho foi acompanhada por uma crescente integração com os mercados internacionais. Cruz Junior (2018) demonstram que, após 2007, houve um fortalecimento da transmissão de preços e volatilidade entre os mercados brasileiro e norte-americano, indicando um aumento da interdependência entre esses sistemas.

Como commodities agrícolas de relevância global, a soja e o milho estão inseridos em mercados influenciados por fatores econômicos e financeiros externos. Os preços domésticos desses grãos são impactados pelas cotações da Bolsa de Chicago (CBOT), pelas taxas de câmbio e pelos prêmios de exportação (basis), embora a transmissão dessas variações para o mercado interno seja condicionada por fatores como custos logísticos, disponibilidade de armazenagem e características regionais de oferta e demanda (Balcombe; Bailey; Brooks, 2007).

Como consequência, alterações no ambiente econômico internacional podem afetar a rentabilidade da produção e influenciar decisões relacionadas ao uso de tecnologias, à expansão da área cultivada e à realização de investimentos (Haile; Kalkuhl; Von Braun, 2015; Glauben et al., 2022; Nasir et al., 2022; Capitani; Gaio, 2024).

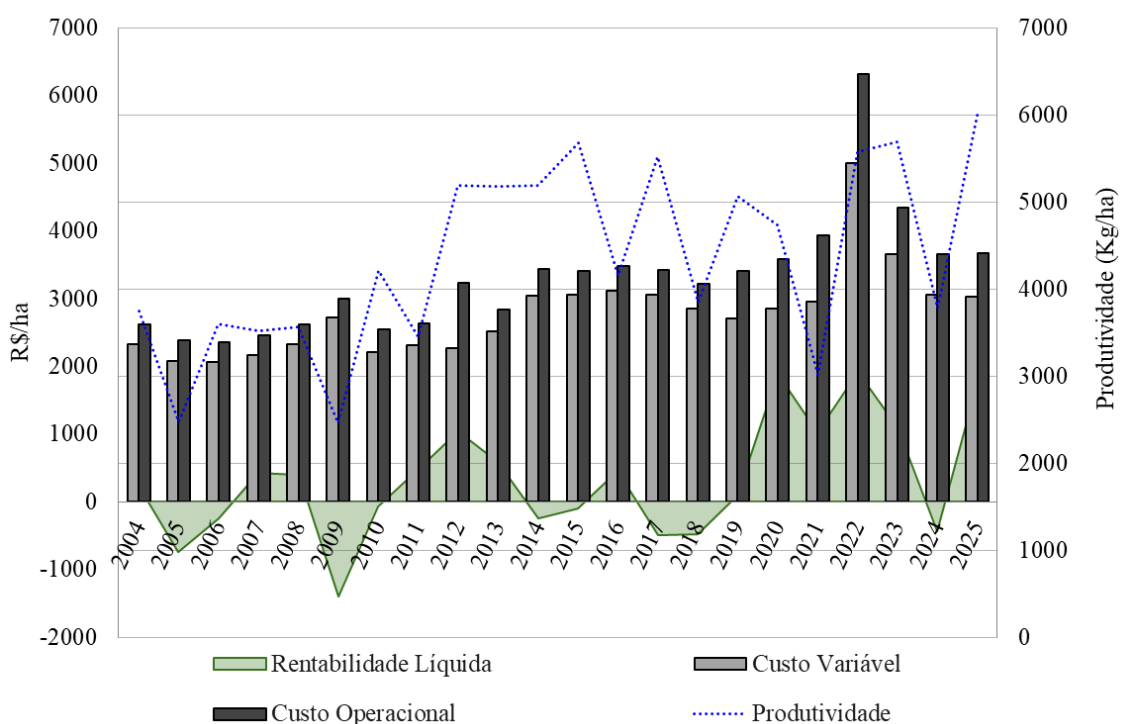
Nas últimas décadas, a produção dessas commodities agrícolas foi influenciada por diversos eventos climáticos, econômicos, sanitários e geopolíticos, que afetaram a produtividade, os custos de produção e os preços de venda (Figura 3 e 4). A crise financeira internacional de 2008 evidenciou

essa conexão ao provocar retração da atividade econômica, redução da demanda global e volatilidade nos mercados de commodities, afetando diretamente os preços agrícolas e os resultados econômicos dos produtores (Baffes; Haniotis, 2010).

Nos anos seguintes, a recuperação da economia mundial, associada ao crescimento da demanda por alimentos, energia e matérias-primas, contribuiu para a retomada dos preços agrícolas, mas também ampliou a exposição do setor às oscilações dos mercados internacionais e aos ciclos de volatilidade das commodities (Haile; Kalkuhl; Von Braun, 2015).

Em 2012, uma das secas mais severas registradas nos Estados Unidos comprometeu a produção de milho e soja, reduziu a oferta global e provocou a elevação dos preços internacionais das commodities agrícolas. Entretanto, o aumento simultâneo dos custos de fertilizantes e defensivos, associado à valorização cambial, limitou o ganho líquido do produtor. Em 2018, o surto de peste suína africana na China reduziu a demanda por farelo de soja e impactou indiretamente o mercado de milho, pressionando as margens de rentabilidade (Carriquiry et al., 2019).

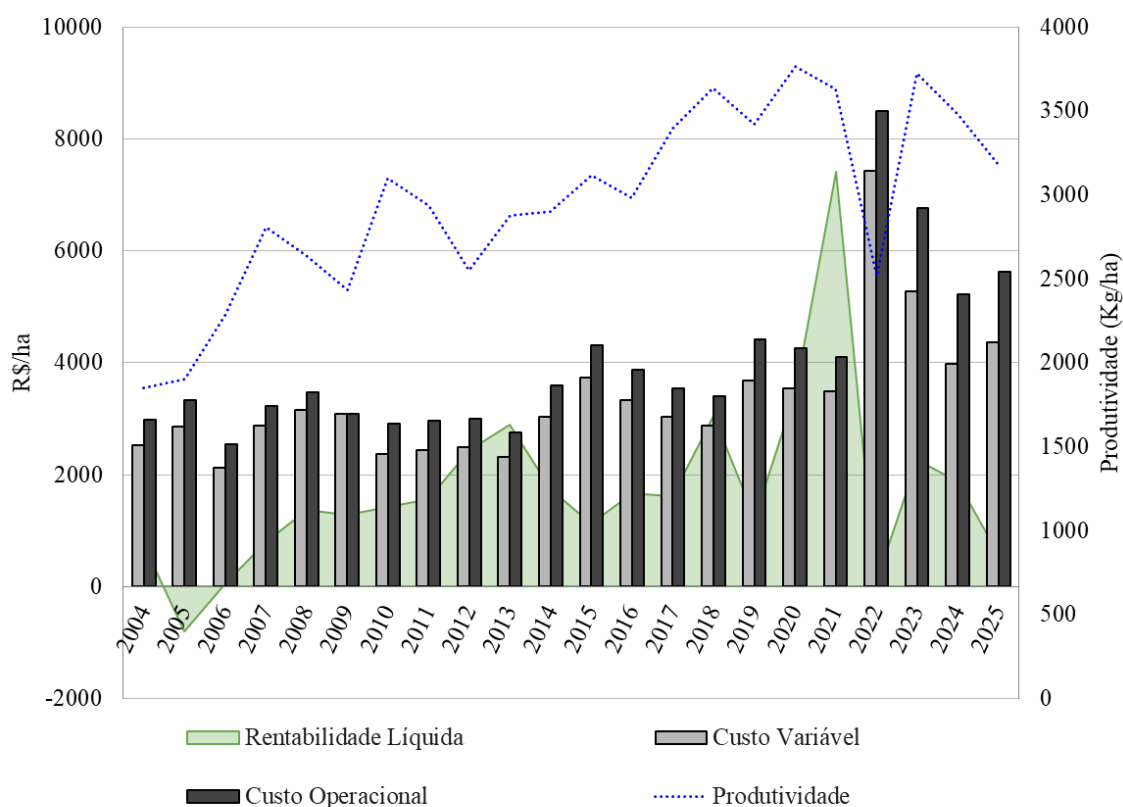
Figura 3 - Séries históricas referentes ao custo de produção, rentabilidade e produtividade do cultivo de milho em Mato Grosso do Sul.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Companhia Nacional de Abastecimento (2025) e Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE, 2025) com valores deflacionados pelo IPCA.

Mais recentemente, a pandemia de COVID-19 (2020) evidenciou a fragilidade das cadeias agroindustriais, afetando transporte, crédito e logística (Schroeder et al., 2023). A posterior retomada da demanda global, combinada com gargalos produtivos e portuários, manteve a oferta restrita, pressionando os custos e elevando os preços (Baffes; Kabundi, 2023). Esse cenário foi intensificado pelo conflito entre Rússia e Ucrânia (2021–2022), que comprometeu o fornecimento de fertilizantes e ampliou os custos de produção em países altamente dependentes de importações, como o Brasil (Glauben et al., 2022; Bilali; Ben Hassen, 2024).

Figura 4 - Séries históricas referentes ao custo produção, rentabilidade e produtividade do cultivo de soja em Mato Grosso do Sul.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Companhia Nacional de Abastecimento (2025) e Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE, 2025) com valores deflacionados pelo IPCA.

Em 2023, mesmo diante de uma safra recorde de soja e de um volume elevado de produção de milho segunda safra no Brasil, muitos produtores registraram redução na rentabilidade devido ao aumento dos custos de fertilizantes, defensivos e logística, acentuado pela valorização do dólar.

Diante do aumento dos custos de produção e da crescente necessidade de capital de giro, o crédito rural assume papel central na viabilização da atividade agrícola. Historicamente, o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) desempenhou papel fundamental na modernização da agricultura brasileira, financiando a incorporação de tecnologias, a expansão da produção e a intensificação dos sistemas produtivos (Rocha; Ozaki, 2020). O volume de recursos destinados ao custeio continua sendo essencial para o financiamento de insumos e operações produtivas (BCB, 2024).

Segundo Silva et al. (2020), os produtores estão inseridos em uma “esteira agrícola”, na qual a necessidade de investir continuamente em tecnologia e produtividade eleva os custos e intensifica a exposição a riscos de mercado. Essa dinâmica, intensificada pela financeirização da agricultura, transforma a atividade produtiva em um ativo especulativo sujeito à volatilidade de curto prazo (Ouma, 2020).

Além dos fatores econômicos e de mercado, a produção dessas commodities agrícolas está sujeita a condicionantes ambientais que influenciam diretamente seu comportamento econômico. Entre eles, os fatores climáticos exercem papel central, uma vez que a disponibilidade hídrica e as condições térmicas afetam o desenvolvimento das culturas ao longo de todo o ciclo produtivo. A ocorrência de déficit hídrico durante fases críticas de crescimento figura entre as principais causas de redução da produtividade agrícola (Sentelhas et al., 2015).

A relevância desses fatores torna-se ainda maior diante das mudanças climáticas. A irregularidade das chuvas, o aumento das temperaturas médias e a maior frequência de eventos extremos, como secas, ondas de calor e geadas, ampliam os riscos associados à produção agrícola (Nóia Junior; Sentelhas, 2019; Duarte; Ceccon, 2019). Estudos indicam que essas alterações podem comprometer a produtividade futura da soja, exigindo

adaptações contínuas nos sistemas produtivos (Silva et al., 2021; Gawęda et al., 2020).

No sistema de sucessão soja e milho safrinha, a variabilidade climática influencia diretamente o calendário agrícola. Fenômenos como El Niño e La Niña alteram os padrões de precipitação e temperatura, afetando a época de semeadura e a duração da janela de cultivo. Atrasos no plantio da soja podem reduzir a janela disponível para o milho safrinha, aumentando sua exposição a períodos de déficit hídrico ou a condições climáticas desfavoráveis. Dessa forma, a definição adequada da época de semeadura representa uma medida de adaptação voltada à redução dos riscos produtivos e ao aumento da estabilidade dos resultados econômicos (Lima et al., 2022).

Além das limitações climáticas, as características edáficas também representam desafios para a produção agrícola. Solos predominantes no Cerrado apresentam elevada acidez e baixa disponibilidade natural de nutrientes, especialmente fósforo, demandando práticas contínuas de correção e manejo (Franchini et al., 2012; Lal, 2019). Adicionalmente, o cultivo intensivo e o uso frequente de máquinas agrícolas podem favorecer processos de compactação e degradação estrutural do solo, comprometendo a infiltração de água e a eficiência do uso dos nutrientes pelas culturas (Battisti et al., 2020).

Embora a sucessão soja e milho represente o principal sistema produtivo da agricultura brasileira, a concentração da produção nesse arranjo tem intensificado as discussões sobre a diversificação dos sistemas agrícolas como alternativa para reduzir riscos produtivos e econômicos e ampliar as possibilidades de geração de renda nas propriedades rurais. Estudos recentes indicam que a introdução de novas espécies pode contribuir para melhorar o desempenho agrônomo e econômico das propriedades (Garbelini et al., 2020; Debiasi et al., 2026).

1.1.4 O amendoim como alternativa de diversificação agrícola

A diversificação dos sistemas agrícolas é considerada uma alternativa para fortalecer sua resiliência econômica. Além dos potenciais benefícios agrônômicos, a introdução de novas culturas pode ampliar as fontes de receita, reduzir a dependência de um conjunto restrito de produtos e conferir maior

flexibilidade às propriedades rurais em ambientes sujeitos a oscilações de mercado (Garbelini et al., 2020; Kurdyś-Kujawska et al., 2021).

No estado de Mato Grosso do Sul, uma das culturas que mais tem despertado interesse entre os produtores rurais é o amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Nos últimos anos, o aumento da área cultivada e da produção elevou o estado à segunda posição no ranking nacional, atrás apenas de São Paulo. Esse movimento tem atraído crescente atenção de produtores, agroindústrias e formuladores de políticas públicas, tornando o amendoim uma das culturas agrícolas emergentes do estado (Rossato, 2024).

Inicialmente associado à renovação de áreas canavieiras, o cultivo do amendoim no estado de Mato Grosso do Sul passou a ser adotado por produtores de grãos. Esse movimento tem sido observado, sobretudo, em municípios como Glória de Dourados, Ivinhema, Angélica, Fátima do Sul, Nova Andradina e Santa Rita do Pardo (IBGE, 2025).

A cultura apresenta ciclo médio entre 110 e 140 dias, o que possibilita sua inserção como alternativa produtiva na safra de verão. Por se tratar de uma leguminosa cuja formação das vagens ocorre abaixo da superfície do solo, o cultivo requer condições adequadas para o desenvolvimento e a colheita, apresentando melhor adaptação em solos bem drenados e com baixa restrição física ao crescimento das vagens.

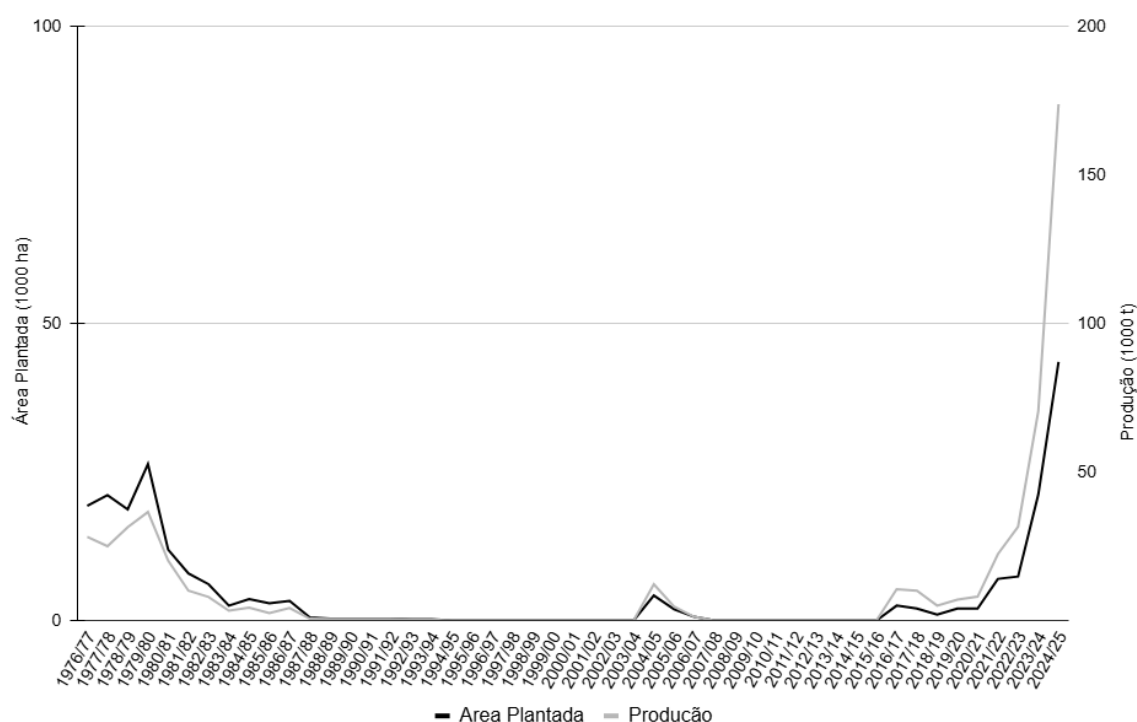
Adicionalmente, sua inserção em sistemas agrícolas pode proporcionar benefícios agrônômicos, incluindo a melhoria da estrutura física do solo, o incremento dos teores de matéria orgânica, a contribuição para a fixação biológica de nitrogênio e a interrupção de ciclos de pragas e doenças associados à repetição contínua do sistema de sucessão soja e milho (França et al., 2021; Santos; Gomes, 2022).

Entre as safras 2021/22 e 2024/25, o cultivo do amendoim apresentou expansão em Mato Grosso do Sul (Figura 5). A área plantada passou de 7,0 mil hectares em 2021/22 para 45,8 mil hectares em 2024/25, enquanto a produção aumentou de 22,3 mil para 184,1 mil toneladas no mesmo período, posicionando o estado como o segundo maior produtor nacional, atrás apenas de São Paulo (CONAB, 2025). Rossato (2024) afirma que esse avanço se relaciona ao aumento dos custos de arrendamento em São Paulo e à

compressão das margens da soja, incentivando produtores a reavaliar o uso da terra.

Entretanto, apesar das oportunidades identificadas, a expansão da cultura do amendoim é acompanhada por desafios que condicionam sua viabilidade, destacando-se a dependência das condições climáticas ao longo do ciclo produtivo, com possíveis impactos sobre a produtividade e a ocorrência de aflatoxinas, fator que pode comprometer a qualidade e a comercialização do produto. Soma-se a isso a limitada disponibilidade de infraestrutura de armazenagem, beneficiamento e processamento em regiões de expansão da cultura, aumentando a dependência de áreas com maior capacidade instalada, como o estado de São Paulo (SAMPAIO et al., 2021; NEVES et al., 2024).

Figura 5 - Evolução da área plantada e da produção de amendoim em Mato Grosso do Sul, safras 1976/77 a 2024/25.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025).

Essa limitação aumenta os custos logísticos, especialmente com frete, e pode comprometer a qualidade do produto, uma vez que o amendoim é suscetível à contaminação por aflatoxinas, cujo risco tende a aumentar com o

tempo decorrido entre a colheita e o beneficiamento. Dessa forma, embora o cultivo em novas regiões possa apresentar menores custos de produção, parte dessa vantagem econômica é reduzida pelos custos adicionais de transporte.

Apesar do potencial agrônomo e econômico da cultura, a adoção do amendoim depende da existência de condições estruturais que viabilizem sua produção e comercialização. Nesse sentido, a expansão recente da cadeia produtiva em Mato Grosso do Sul, acompanhada pelo aumento da área cultivada e pela instalação de unidades de processamento, tem contribuído para reduzir limitações logísticas e ampliar as oportunidades de inserção da cultura nos sistemas agrícolas do estado.

2. JUSTIFICATIVA

A sucessão soja e milho safrinha constitui um dos principais arranjos produtivos do agronegócio sul-mato-grossense (CONAB, 2025). Paralelamente, a modernização da agricultura tornou a atividade mais produtiva e intensiva em capital, ampliando a necessidade de investimentos em terras, máquinas, equipamentos, tecnologias e insumos (Ouma, 2020; Silva et al., 2020). Nesse ambiente, os resultados econômicos das propriedades rurais passaram a depender não apenas do desempenho produtivo, mas também da eficiência na alocação dos recursos, da adaptação às condições de mercado e da gestão das incertezas inerentes à atividade.

Sob essas condições, a avaliação do desempenho econômico é fundamental para a gestão das propriedades rurais, pois subsidia decisões relacionadas à alocação de recursos, à adoção de tecnologias, ao financiamento da produção e à realização de investimentos. Contudo, as análises aplicadas à atividade agrícola ainda se concentram predominantemente em indicadores operacionais, contábeis e financeiros tradicionais, como lucro, margem e rentabilidade, que nem sempre permitem verificar se os retornos obtidos são suficientes para remunerar o capital empregado na atividade (Rappaport, 1986; Stewart, 1991; Ibendahl e Fleming, 2003).

Essa limitação torna-se particularmente importante em sistemas produtivos intensivos em capital, como o sistema de sucessão soja e milho

safrinha analisado neste estudo. Nesses sistemas, a obtenção de resultados operacionais positivos não significa, necessariamente, que a atividade tenha gerado valor econômico para o produtor rural. Conforme Assaf Neto (2014), a criação de valor ocorre quando o retorno obtido supera o custo de oportunidade dos recursos investidos.

Nesse sentido, o *Economic Value Added* (EVA) constitui uma medida capaz de complementar os indicadores tradicionais ao incorporar o custo do capital empregado e distinguir a obtenção de resultado contábil da efetiva criação ou destruição de valor econômico. Além disso, sua utilização permite relacionar o desempenho operacional à eficiência na alocação dos recursos e identificar os principais direcionadores que contribuem para a geração ou destruição de valor.

A aplicação do EVA mostra-se particularmente adequada ao contexto analisado, uma vez que o sistema de sucessão soja e milho safrinha envolve elevado comprometimento de capital em terras, máquinas, equipamentos, insumos e demais recursos produtivos. Dessa forma, a análise não se restringe à verificação de resultados positivos, mas busca avaliar se o desempenho obtido é suficiente para remunerar o capital empregado, permitindo uma compreensão mais abrangente da eficiência econômica do sistema produtivo.

Além da necessidade de compreender o desempenho econômico do sistema produtivo predominante, a gestão das propriedades rurais também envolve decisões relacionadas à realização de novos investimentos. Em propriedades cuja produção está concentrada na sucessão soja e milho, a geração de receita permanece fortemente condicionada ao desempenho dessas duas culturas. Assim, a diversificação produtiva constitui uma estratégia capaz de reduzir essa dependência, ampliar as alternativas de geração de receita e aumentar a capacidade de adaptação da propriedade frente às oscilações do ambiente econômico e produtivo (Zonneveld et al., 2020; Farinelli et al., 2018).

Entre as alternativas de diversificação, o cultivo do amendoim tem despertado interesse em Mato Grosso do Sul como alternativa para diversificar o sistema de sucessão soja e milho. A escolha do estado como objeto de estudo insere-se em um contexto mais amplo da agricultura do Centro-Oeste brasileiro, região marcada pela expansão das culturas de soja e milho e pela

busca por alternativas de diversificação dos sistemas produtivos, abrangendo também estados como Mato Grosso e Goiás.

Contudo, sua incorporação exige investimentos em máquinas, equipamentos e adaptações operacionais realizados em um ambiente de elevada incerteza, no qual fatores produtivos, climáticos, econômicos e institucionais podem alterar os resultados esperados (Komarek; Pinto; Smith, 2020; Aveils; Mallory, 2022). Como esses investimentos apresentam, em grande parte, caráter parcial ou totalmente irreversível, a decisão sobre o momento de sua realização constitui um aspecto central da análise econômica.

Embora amplamente empregados, métodos tradicionais de análise de investimentos, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de *Payback*, tratam a decisão de investimento de forma essencialmente estática, pressupondo sua realização imediata e desconsiderando a possibilidade de o gestor adaptar sua decisão diante da evolução das condições econômicas (Dixit; Pindyck, 1994; Martinelli, 2019; Souza Junior, 2019; Bernardes, 2022).

Em um cenário incerto, a flexibilidade gerencial permite ao produtor adiar a realização do investimento e acompanhar a evolução dos preços, dos custos e das demais condições que determinam os resultados da atividade. Essa possibilidade de adaptação possui valor econômico e pode modificar a decisão entre realizar imediatamente ou postergar o investimento, uma vez que a espera permite incorporar novas informações e reduzir parte da incerteza (Dixit; Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996; Regan et al., 2017).

Nesse contexto, esta pesquisa busca responder às seguintes questões: (i) o sistema de sucessão soja e milho safrinha tem sido capaz de gerar valor econômico ao produtor rural em Mato Grosso do Sul? e (ii) qual é a viabilidade econômica da diversificação produtiva por meio do cultivo de amendoim nesse sistema quando analisada sob a perspectiva da flexibilidade gerencial?

Para responder a essas questões, o estudo adota duas abordagens complementares, aplicadas a momentos distintos da análise. O *Economic Value Added* (EVA) é empregado de forma retrospectiva (ex post) para avaliar o desempenho econômico do sistema de sucessão soja e milho safrinha já estabelecido, verificando se os resultados obtidos foram suficientes para remunerar o capital empregado e gerar valor econômico. A Teoria das Opções

Reais (TOR), por sua vez, é utilizada de forma prospectiva para analisar a decisão de diversificação por meio do cultivo de amendoim, incorporando à avaliação o valor da flexibilidade gerencial diante das incertezas e da possibilidade de adaptação do investimento ao longo do tempo.

A utilização conjunta dessas abordagens permite articular a avaliação do desempenho econômico observado com a análise de decisões futuras de investimento. Enquanto o EVA evidencia a capacidade do sistema produtivo estabelecido de gerar ou destruir valor a partir da relação entre desempenho e custo de capital, a TOR permite avaliar como a flexibilidade gerencial pode alterar a viabilidade econômica de uma alternativa de diversificação em um ambiente incerto. Essa complementaridade contribui para conferir maior unidade conceitual à pesquisa, conectando a avaliação do desempenho econômico presente à análise prospectiva de decisões de investimento.

Parte-se da hipótese de que a utilização complementar do *Economic Value Added* (EVA) e da Teoria das Opções Reais (TOR) proporciona uma avaliação mais abrangente do desempenho econômico da propriedade rural e orienta decisões de investimento em ambientes de incerteza.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho econômico do sistema de sucessão soja–milho safrinha em uma propriedade rural em Mato Grosso do Sul e analisar a viabilidade econômica da diversificação produtiva por meio do cultivo de amendoim, considerando o valor da flexibilidade gerencial por meio da Teoria das Opções Reais.

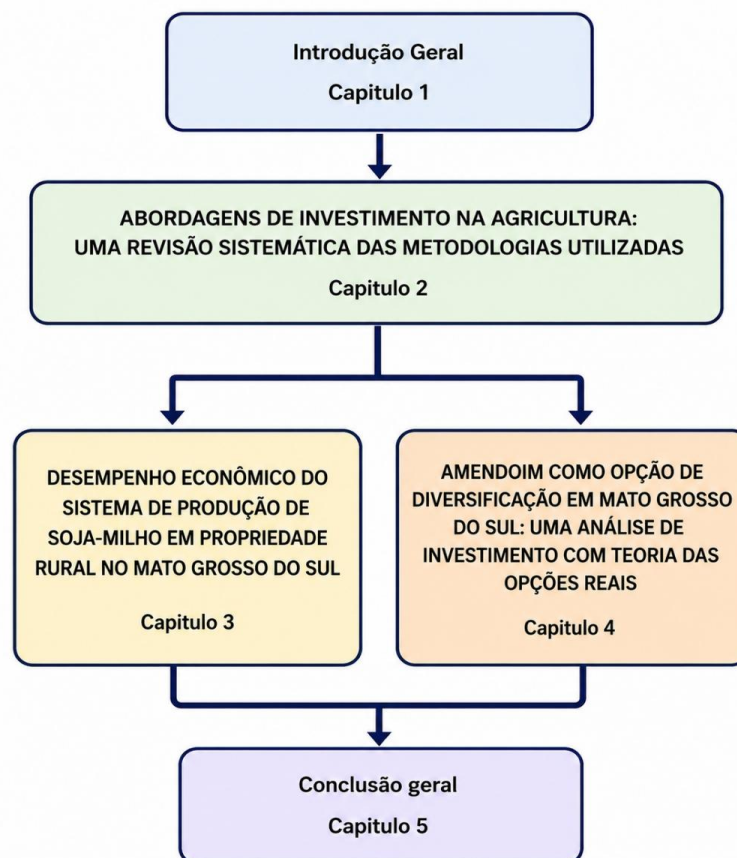
3.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar as metodologias de análise de investimento aplicadas à agricultura.

- b) Avaliar o desempenho econômico do sistema de sucessão soja e milho safrinha em uma propriedade rural utilizando *Economic Value Added* (EVA).
- c) Analisar a viabilidade econômica da diversificação produtiva por meio do cultivo de amendoim, comparando os resultados obtidos pelos métodos tradicionais de análise de investimentos e pela Teoria das Opções Reais (TOR), de modo a incorporar o valor da flexibilidade gerencial.

A presente tese está estruturada em cinco capítulos, conforme apresentado na Figura 6. O Capítulo 1 apresenta a introdução geral, enquanto o Capítulo 2 reúne a revisão sistemática das metodologias utilizadas na análise de investimentos na agricultura. Na sequência, o Capítulo 3 aborda o desempenho econômico do sistema de produção de soja e milho em Mato Grosso do Sul, e o Capítulo 4 analisa o amendoim como alternativa de diversificação por meio da Teoria das Opções Reais. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões gerais da tese.

Figura 6 - Esboço esquemático da tese.



Fonte: Elaboração própria.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v. 252, 2003.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- AVILEIS, F.; MALLORY, M.L. The Impact of Brazil on Global Grain Dynamics: A Study on Cross-Market Volatility Spillovers. **Journal of Commodity Markets**, v. 24, 2021.
- BAFFES, J.; HANIOTIS, T. Placing the 2006/08 commodity price boom into perspective. **Policy Research Working Paper**, n. 5371. Washington, DC: World Bank, 2010.
- BAFFES, J.; KABUNDI, A. Commodity price shocks: Order within chaos? **Resources Policy**, v. 83, 2023.
- BALCOMBE, K.; BAILEY, A.; BROOKS, J. Threshold effects in price transmission: the case of Brazilian wheat, maize, and soya prices. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 89, n. 2, p. 308-323, 2007.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). Crédito rural. Brasília, DF, 2024. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/creditorural?utm_source=chatgpt.com. Acesso em 1 jun. 2025.
- BATTISTI, R.; FERREIRA, M. D. P.; TAVARES, E. B.; KNAPP, F. B.; BENDER, F. D.; CASAROLI, D.; JÚNIOR, J. A. Rules for grown soybean-maize cropping system in Midwestern Brazil: Food production and economic profits. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 102850, 2020.
- BILALI, H.; BEN HASSEN, T. Disrupted harvests: how Ukraine–Russia war influences global food systems – a systematic review. **Policy Studies**, 2024.
- BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- CAPITANI, D.H.D.; GAIO, L.E. Dynamic connectedness and volatility spillover in the Brazilian agricultural market in the context of the Covid-19 pandemic. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 54, n. 4, 2024.
- CARAUTA, M.; LIBERA, A. A. D.; HAMPF, A.; CHEN, R. F. F.; SILVEIRA, J. M. F. J.; BERGER, T. On-farm trade-offs for optimal agricultural practices in Mato Grosso, Brazil. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 299-322, 2017.

CARRIQUIRY, M.; ELOBEID, A.; HAYES, D.; W. ZHANG. Impact of African Swine Fever on US and World Commodity Markets. **Agricultural Policy Review**, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, 2019.

CATTELAN, A. J.; AGNOL, A. D. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds & Fats Crops and Lipids**, v. 25, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Portal de informações da Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em: 19 dez. 2025.

CRUZ JUNIOR, J.C.; CAPITANI, D.H.D.; SILVEIRA, R.L. F. The effect of Brazilian corn and soybean crop expansion on price and volatility transmission. **Economics Bulletin**, v. 38, n. 4, p. 2273-2283, 2018.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; TONINI, V.; ROY, J.M.T.; MUHL, A.; BALBINOT JUNIOR, Avadi Antonio. Alternative diversified cropping systems for soybean-maize off-season double-cropping in Southern Brazil. **International Journal of Plant Production**, v. 20, art. 31, 2026.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1995.

DUARTE, A. P.; CECCON, G. Sistemas de produção de milho safrinha na Região Sul-Sudeste do Brasil no Biênio 2018 e 2019. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 15., 2019, Jataí, GO. **Desafios no cultivo do milho safrinha: livro de palestras**. Sete Lagoas, MG: ABMS, p. 217–240, 2019.

DUTRA, S.; BARBOSA, A.S. Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. **Estudos Ibero-Americanos**, Porto Alegre, v. 46, n. 1, 2020.

ECKERT, C.; FRIGO, E.; ALBRECHT, L.; ALBRECHT, A.; CHRIST, D.; SANTOS, W.; BERKEMBROCK, E.; EGEWARTH, V. Maize ethanol production in Brazil: Characteristics and perspectives. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 3907–3912, 2018.

FRANÇA, P.N.O; FARIA, R.; CARREGA, W.C.; COELHO, A.P.; GODOY, I.J.; PALARETTI, L.F. Peanut yield under irrigation levels in off-season cultivation. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 53, p. 55-67, 2021.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N.; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and crop rotation systems over two decades in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 137, p. 178–185, 2012.

GARBELINI, L. G.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; JUNIOR, A. A. B.; JUNIOR, E. B.; TELLES, T. S. Profitability of soybean production models with diversified crops in the autumn–winter. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 5, p. 4092–4103, 2020.

GAWĘDA, D.; NOWAK, A.; HALINIARZ, M. Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. **International Journal of Plant Production**, v. 14, p. 475–485, 2020.

GLAUBEN, T.; SVANIDZE, M.; GÖTZ, L.; PREHN, S.; JAGHDANI, T. J.; ĐURIĆ, I.; KUHN, L. The war in Ukraine, agricultural trade and risks to global food security. **Intereconomics**, v. 57, p. 157–163, 2022.

HAILE, M. G.; KALKUHL, M.; VON BRAUN, J. Worldwide acreage and yield response to international price change and volatility: A dynamic panel data analysis for wheat, rice, corn, and soybeans. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 98, n. 1, p. 172–190, 2015.

IBENDAHL, G. A.; FLEMING, R. A. **Using Economic Value Added (EVA) to Examine Farm Businesses**. In: SOUTHERN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 2003, Mobile, Alabama. Anais [...]. Mobile, Alabama: Southern Agricultural Economics Association, 2003. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/35145>. Acesso em: 9 jun. 2025.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 08 dez 2025.

JUSTUS, M.; BACHION, L. C.; ARANTES, S. M.; MOREIRA, M. M. R.; RODRIGUES, L. Did the entry of the corn ethanol industry in Brazil affect the relationship between domestic and international corn prices? **GCB Bioenergy**, v. 16, 2024.

KOMAREK, A. M.; DE PINTO, A.; SMITH, V. H. A review of types of risks in agriculture: what we know and what we need to know. **Agricultural Systems**, v. 178, p. 1–10, 2020.

KURDYŚ-KUJAWSKA, A.; STRZELECKA, A.; ZAWADZKA, D. The impact of crop diversification on the economic efficiency of small farms in Poland. **Agriculture**, v. 11, n. 3, p. 250, 2021.

LAL, R. Eco-intensification through soil carbon sequestration: Harnessing ecosystem services and advancing sustainable development goals. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.74, 2019.

LIMA, M. J. A.; NUNES, H. G. G. C.; SAMPAIO, L. S.; SOUZA, P. J.; O. P.; FRAISSE, C. W. Janela ótima de semeadura de soja ajustada à variabilidade climática com base no El Niño-Oscilação Sul utilizando modelagem agrometeorológica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 52, p. e72428, 2022.

- NASIR, M.; NUGROHO, A.; LAKNER, Z. Impact of the Russian-Ukrainian conflict on global food crops. **Foods**, v. 11, 2022.
- NEVES, F.P.; OLIVEIRA, S.C.de; MOLLO NETO, M.; MANTOVANI, L.P.; LOURENZANI, A.E.B.S. Caracterização da infraestrutura tecnológica para a produção de amendoim na região Oeste Paulista. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 4, 2024.
- NÓIA JÚNIOR, R. S.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize succession in Brazil: Impacts of sowing dates on climate variability, yields, and economic profitability. **European Journal of Agronomy**, v. 103, p. 140–151, 2019.
- OUMA, S. **Farming as Financial Asset: Global Finance and the Making of Institutional Landscapes**. New York: Columbia University Press. 2020.
- PINHEIRO, D. T.; SANTOS, D. M. S.; MARTINS, A. R. R.; DA SILVA, W. M.; DE ARAÚJO, C. V.; DE ABREU, D. C.; HOSHIDE, A. K.; MOLOSSI, L.; DE OLIVEIRA, R. A. Closing the gap: sustainable intensification implications of increased corn yields and quality for second-crop (safrinha) in Mato Grosso, Brazil. **Sustainability**, v. 13, n. 23, 2021.
- RAPPAPORT, A. **Creating shareholder value: the new standard for business performance**. New York, N.Y.: The Free Press. 270 p., 1986.
- ROCHA, G.; OZAKI, V. Crédito rural: histórico e panorama atual. **Revista de Política Agrícola**, v. 29, n. 4, 2020.
- ROSSATO, J. A. Expectativa de expansão na cultura de amendoim. **Agroanalysis**, v. 44, n. 06, 2024.
- SAMPAIO, R.M.; FREDO, C.E. Características socioeconômicas e tecnologias na agricultura: um estudo da produção paulista de amendoim a partir do Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA) 2016/17. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 4, 2021.
- SANTOS, D. F. L.; GOMES, S. M. Diversification of crops: assessment of managerial flexibility and economic impact on sugarcane medium-sized farms. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2022.
- SCHROEDER, G.; CARRARO, N. C.; SOUSA, M. A. B. D.; RIBEIRO, S. P. The impacts of the COVID-19 pandemic on Brazilian commodities. **Concilium**, v. 23, n. 1, p. 151-166, 2023.
- SEMADESC - Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: <https://www.semadesc.ms.gov.br/>. Acesso em 20 set. 2025.
- SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil: magnitude,

causes and possible solutions for sustainable production. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 153, n. 8, p. 1394-1411, 2015.

SILVA, E. H. F. M.; ANTOLIN, L. A. S.; ZANON, A. J.; ANDRADE, A. S.; SOUZA, H. A.; CARVALHO, K. S.; VIEIRA, N. A.; MARIN, F. R. Impact assessment of soybean yield and water productivity in Brazil due to climate change. **European Journal of Agronomy**, v. 129, 2021.

SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; MORAN, E.; CELIDONIO, O. L. D. M.; MILLINGTON, J. D. A. The soybean trap: challenges and risks for Brazilian producers. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, 2020.

STEWART, G. B. **Em busca do valor: o guia de EVA para estrategistas**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

TRIGEORGIS, L. **Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation**. Cambridge: MIT Press, 1996.

CAPÍTULO 2 – ABORDAGENS DE INVESTIMENTO NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DAS METODOLOGIAS UTILIZADAS

RESUMO: Este estudo tem como objetivo identificar e analisar as metodologias de avaliação de investimentos aplicadas à produção agrícola, destacando suas contribuições e limitações. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura seguindo o protocolo PRISMA, garantindo rigor metodológico nas etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. A busca foi conduzida nas bases Web of Science e Scopus, abrangendo o período de 2014 a 2024, resultando em 43 artigos selecionados a partir de um conjunto inicial de 186 estudos. Os resultados evidenciam a predominância de metodologias tradicionais, especialmente o Valor Presente Líquido (VPL), amplamente utilizado devido à sua simplicidade e aceitação. No entanto, essas abordagens apresentam limitações em contextos agrícolas caracterizados por elevada incerteza, volatilidade de preços e variabilidade produtiva. Em contraste, metodologias baseadas na Teoria de Opções Reais demonstram maior capacidade de capturar o valor da flexibilidade gerencial em decisões de investimento. Como principal contribuição, o estudo propõe um *framework* conceitual que relaciona o nível de incerteza e a irreversibilidade das decisões à escolha das metodologias de análise, oferecendo suporte à tomada de decisão e ao desenvolvimento de abordagens mais aderentes à realidade dos sistemas agrícolas.

Palavras-chave: retorno sobre investimento; avaliação econômica; gestão financeira; incerteza.

ABSTRACT: This study aims to identify and analyze the investment appraisal methodologies applied to agricultural production, highlighting their contributions and limitations. To achieve this objective, a systematic literature review was conducted following the PRISMA protocol, ensuring methodological rigor throughout the identification, screening, eligibility, and inclusion stages. The search was carried out in the Web of Science and Scopus databases, covering the period from 2014 to 2024, resulting in 43 selected articles from an initial set of 186 studies. The findings reveal the predominance of traditional investment appraisal methods, particularly Net Present Value (NPV), which remains widely used due to its simplicity and broad acceptance. However, these approaches present limitations when applied to agricultural contexts characterized by high levels of uncertainty, price volatility, and production variability. In contrast, methodologies based on Real Options Theory demonstrate a greater ability to capture the value of managerial flexibility in investment decisions. As its main contribution, the study proposes a conceptual framework that links the level of uncertainty and the irreversibility of decisions to the selection of investment appraisal methodologies, providing support for decision-making and fostering the development of approaches that are better aligned with the realities of agricultural systems.

Key-words: Investment appraisal; return on investment; economic evaluation; financial management; uncertainty.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro desempenha papel relevante na economia nacional e no comércio agrícola internacional, posicionando o Brasil como o terceiro maior exportador mundial de produtos agrícolas, com receitas de USD 150,1 bilhões em 2023, ficando atrás apenas da União Europeia e dos Estados Unidos (ITC, 2023). Entre os principais produtos exportados, destacam-se soja (40,4%), carnes (14,1%), sucroalcooleiro (10,4%), cereais (9,3%) e produtos florestais (8,6%) lideraram as exportações, representando 82,9% do total. No mercado interno, o setor contribuiu com R\$ 2,62 trilhões para o PIB nacional, o equivalente a 15,1% do total em 2024 (CEPEA/CNA, 2024), reafirmando sua relevância para a economia brasileira.

Apesar de sua importância econômica, o modelo predominante de agricultura intensiva tem sido associado a impactos negativos, como degradação do solo, perda de biodiversidade e contaminação dos recursos hídricos (Urruty; Tailliez-Lefebvre; Huyghe, 2016). Além disso, a expansão agrícola em áreas de tensão ambiental, como o Cerrado e a Amazônia, intensificou o desmatamento e as emissões de gases de efeito estufa (GEE), resultando em críticas internacionais ao modelo produtivo brasileiro (Rajão et al., 2020).

Diante desse cenário, a transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes tornou-se iminente. Práticas como a integração lavoura-pecuária-floresta, agricultura regenerativa e o aumento do sequestro de carbono no solo mostram-se promissoras para alinhar a produção agrícola às demandas globais por sustentabilidade (Montagnini; Nair, 2004; Zomer et al., 2017; Ruviaro et al., 2014; Sazvar; Rahmani; Govindan, 2018).

Contudo, tais práticas exigem investimentos substanciais em capacitação técnica, tecnologias inovadoras e infraestrutura. Alterações no manejo do solo, maior eficiência no uso de insumos e a diversificação dos sistemas produtivos são essenciais para manter a resiliência na agricultura (Anderson, Bayer; Edwards, 2020). Esses avanços envolvem custos irreversíveis e retornos incertos, o que caracteriza os desafios econômicos associados à adaptação às mudanças climáticas (Ginbo; Di Corato; Hoffmann, 2021).

A literatura destaca a importância de avaliar cuidadosamente a adoção de novas tecnologias e práticas agrícolas. Regan et al. (2017) reforçam que decisões mal planejadas podem gerar prejuízos, comprometendo a viabilidade dos projetos e a confiança em soluções inovadoras. Dittrich et al. (2017) destacam a necessidade de integrar aspectos econômicos, ambientais e sociais na formulação de políticas e práticas agrícolas voltadas ao fortalecimento da resiliência, conciliando produtividade e sustentabilidade.

A análise de viabilidade econômica constitui um instrumento de apoio à implementação dessas mudanças, orientando a tomada de decisão e a alocação eficiente de recursos limitados. Geralmente, essa avaliação utiliza métodos tradicionais, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback, amplamente reconhecidos por sua capacidade de mensurar a viabilidade de investimentos (Assaf Neto, 2014).

Contudo, essas abordagens apresentam limitações, especialmente em cenários voláteis, como o agrícola. No setor agrícola, por exemplo, Kuzman et al. (2023) apontam que aspectos como a volatilidade de preços, os ciclos produtivos e os impactos de longo prazo das mudanças climáticas frequentemente não são capturados adequadamente por essas ferramentas.

Nesse cenário, abordagens mais dinâmicas, como a Teoria de Opções Reais (TOR) têm se destacado por sua capacidade de incorporar incertezas e considerar a flexibilidade gerencial nas decisões de investimento (Dixit; Pindyck, 1995; Odening; Mußhoff; Balmann, 2005). A metodologia vem sendo amplamente aplicada em diferentes áreas, incluindo energia, tecnologia, gestão e mudanças climáticas (Fichman, 2004; Trigeorgis; Reuer, 2017; Agaton et al., 2020; Ginbo; Di Corato; Hoffmann, 2021), mas ainda é pouco explorada na agricultura.

Segundo Bowman e Moskowitz (2001) o uso limitado da abordagem de opções reais é explicado pela dificuldade de desenvolver modelos customizados para cada situação. O setor agrícola é altamente sensível às oscilações de preços no mercado global, influenciadas por fatores como clima, demanda internacional, e políticas comerciais. Essa volatilidade dificulta prever o retorno sobre investimentos (Kuzman et al., 2023).

Nesse sentido, o presente estudo propõe revisar sistematicamente as metodologias de análise de investimento aplicadas ao setor agrícola,

destacando suas limitações. A principal contribuição desta pesquisa é oferecer subsídios teóricos e práticos para a evolução metodológica da análise de investimentos no setor agrícola, criando uma base para futuros estudos e aplicações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para cumprir o objetivo proposto, este estudo consiste em uma revisão sistemática baseada nas diretrizes metodológicas do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* - PRISMA (Page et al., 2021). O uso do método PRISMA neste estudo foi escolhido devido à sua capacidade de garantir transparência no procedimento. O PRISMA é organizado em quatro fases distintas: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, cujo desenho metodológico pode ser observado na Figura 7.

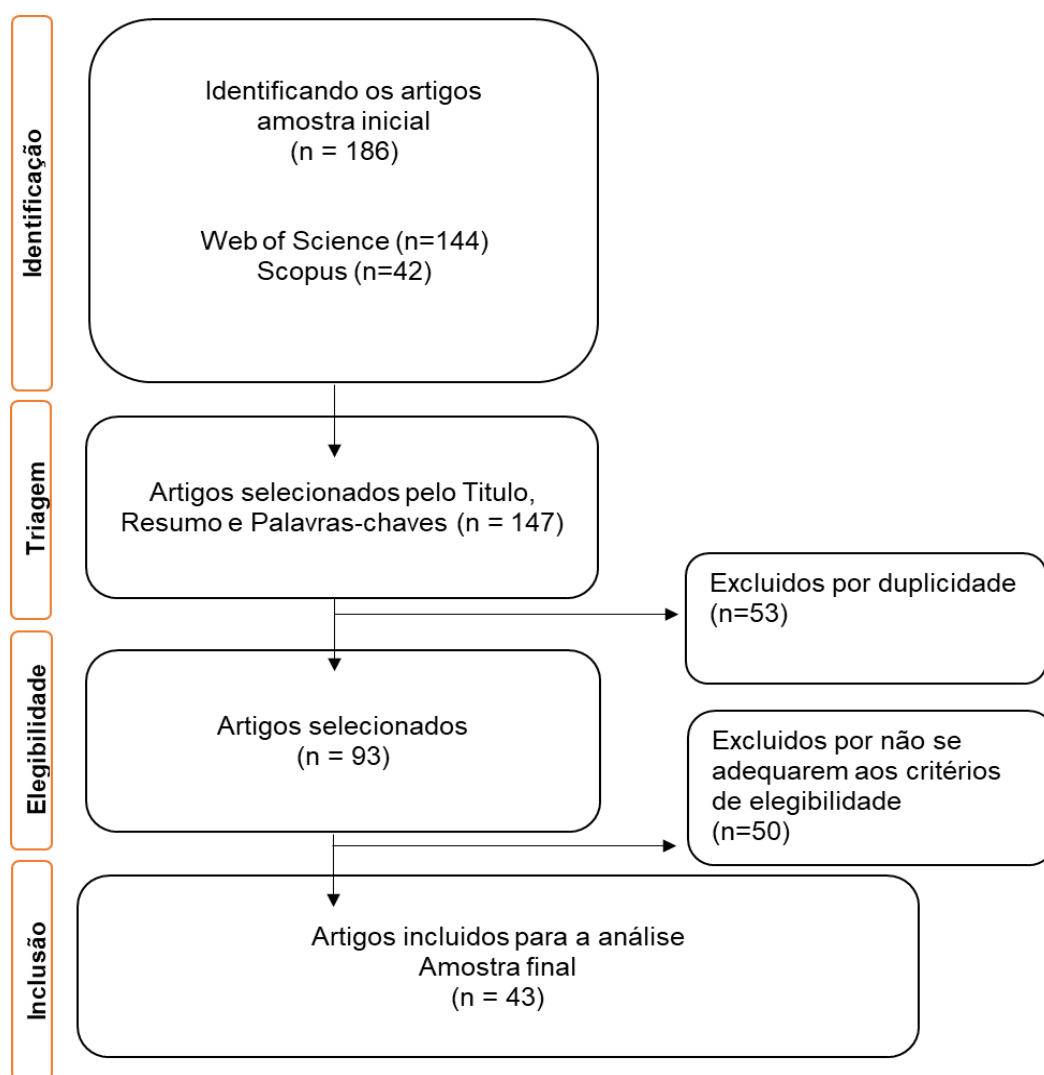
Com base na questão de pesquisa e nos objetivos definidos, foi estruturada uma busca por meio de combinações de palavras-chave relacionadas à análise de investimentos no setor agrícola, utilizando operadores booleanos. As expressões utilizadas incluíram: (*“Economic analysis” AND “real options analysis” AND (“rural properties” OR “agriculture” OR “farm management”)*); (*“Economic feasibility” AND “net present value” AND (“rural properties” OR “agriculture” OR “farm management”)*); (*“Investment analysis” AND “cash flow” AND “net present value” AND (“rural properties” OR “agriculture” OR “farm management”)*); (*“Investment analysis” AND “real options analysis” AND (“rural properties” OR “agriculture” OR “farm management”)*); AND (*“Investment analysis” AND “soybean” AND (“rural properties” OR “agriculture” OR “farm management”)*).

As buscas foram realizadas entre janeiro e março de 2024, utilizando as bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, abrangendo o período de publicação entre janeiro de 2014 e março de 2024. O processo inicial resultou na identificação de 186 artigos científicos. Na etapa de filtragem, realizou-se a leitura dos títulos, resumos e conclusões de todos os artigos, aplicando critérios de inclusão previamente definidos. Foram selecionados estudos disponíveis para download que abordassem métodos de análise de investimento

relacionados especificamente à agricultura, escritos em português ou inglês. Trabalhos que não atendiam a esses critérios foram excluídos.

As 186 publicações inicialmente selecionadas foram então importadas para a ferramenta StArt (*State of Art through Systematic Review*), desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES, 2024) do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Essa ferramenta foi utilizada para organizar e gerenciar o processo de revisão, garantindo a aplicação consistente dos critérios de inclusão e exclusão e facilitando a análise subsequente dos artigos selecionados.

Figura 7 - Fluxograma do PRISMA para a identificação e seleção de estudos de análise de investimento na produção agrícola.



Fonte: Elaboração própria.

Por meio da utilização da ferramenta *StArt*, 53 publicações foram removidas devido à duplicação entre as bases de dados, resultando em uma redução de 186 para 133 publicações. Em seguida, 93 artigos avançaram para a fase de elegibilidade, na qual foram aplicados os mesmos critérios de seleção, porém, desta vez, nos títulos, palavras-chave e resumos de todas as amostras. Após essa etapa, 50 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade, resultando na restauração de apenas 43 artigos, que foram minuciosamente analisados na fase de inclusão. Vale ressaltar que a maioria dos artigos foi excluída por abordar áreas de conhecimento distintas da agricultura, que é o foco principal deste estudo.

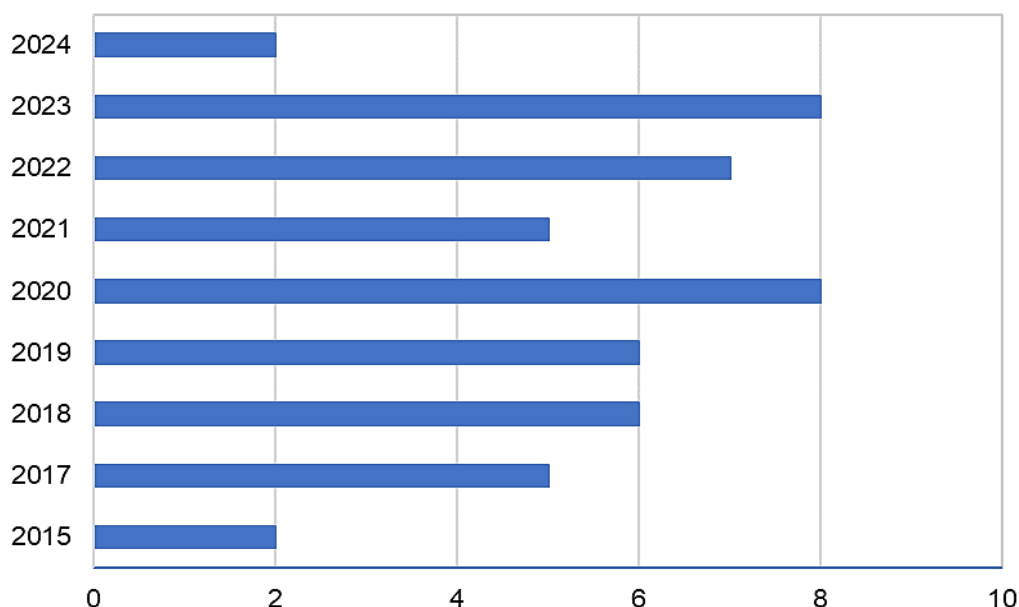
Todos os dados bibliométricos foram armazenados em um arquivo de Excel. As versões completas das publicações disponíveis foram armazenadas no software de gerenciamento de referências Zotero. Para a revisão sistemática, as análises dos artigos foram pautadas, principalmente, nos procedimentos metodológicos, nos resultados e nas conclusões.

Na fase atual da pesquisa, são empregadas várias ferramentas para análise e visualização dos dados. Utilizamos o *Word Cloud Art* (2024) para criar uma nuvem de palavras (Figura 10), destacando as palavras-chave mais frequentes nos artigos. Concluída a etapa de seleção e análise dos artigos, os resultados apresentarão uma síntese das metodologias de análise de investimento aplicadas à produção agrícola, destacando as contribuições e limitações observadas, bem como suas aplicações práticas na gestão agrícola.

3. RESULTADOS

A análise apresentada na Figura 8 revela a trajetória da pesquisa científica sobre o tema em questão, destacando um pico de interesse nos anos de 2020, 2022 e 2023, nos quais foram publicados 8, 8 e 7 artigos, respectivamente, relacionados à análise de investimento na produção agrícola. Essa tendência sugere a alta relevância e contínua atenção dedicada a essa temática ao longo dos anos.

Figura 8 - Número de artigos publicados por ano com a temática em estudo.



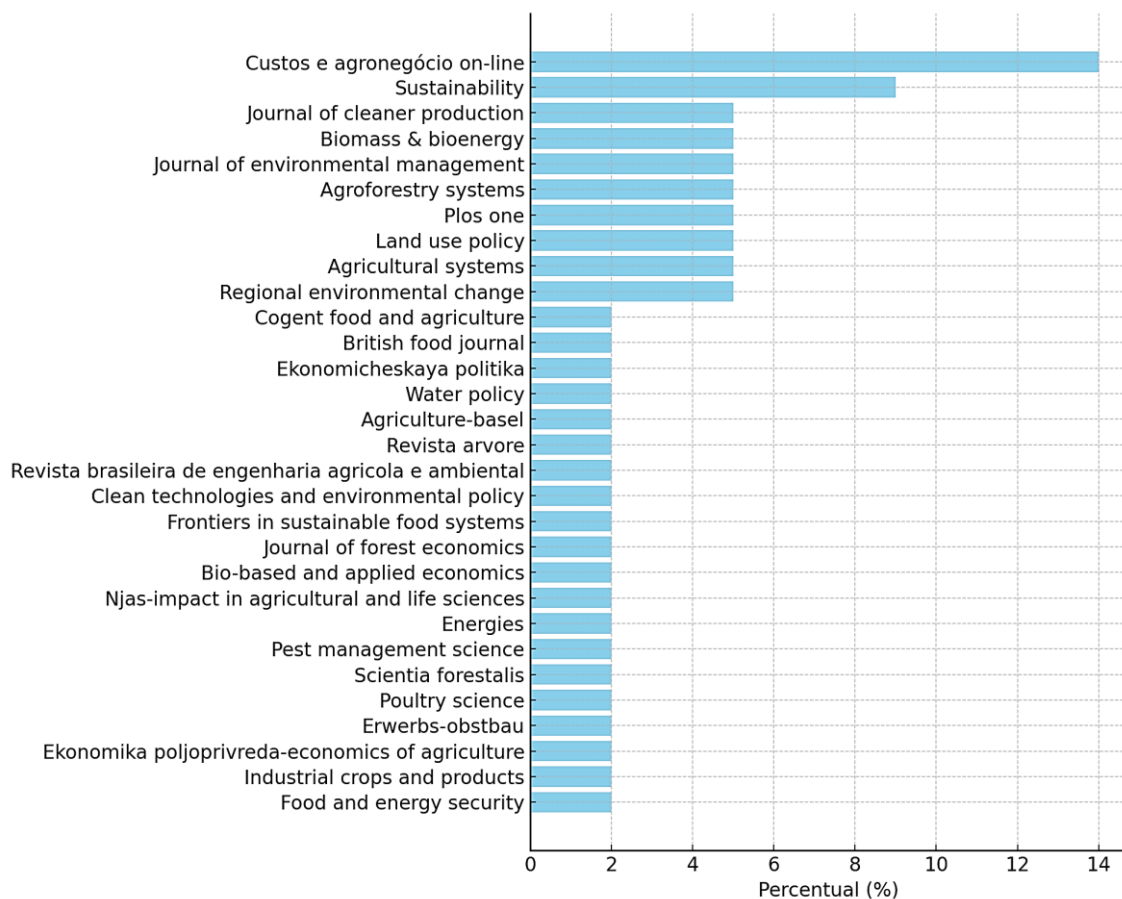
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Web of Science e Scopus (2024).

A Tabela 1 sintetiza os resultados da revisão sistemática, destacando 43 artigos selecionados com base em sua localização, área de foco e metodologias. Entre os artigos, dois se destacam com mais de 30 citações, demonstrando impacto na literatura. O estudo de Othman et al. (2015), com 36 citações, lidera em reconhecimento, seguido por Garcia et al. (2017), a pesquisa brasileira mais citada, com 35 citações. Além disso, outros cinco artigos superaram a marca de 20 citações, evidenciando sua relevância no campo. O número de citações reflete não apenas a visibilidade científica, mas também a contribuição dos estudos para o desenvolvimento e a difusão de metodologias de análise de investimento em diferentes contextos agrícolas.

As publicações identificadas nesta pesquisa estavam distribuídas em um total de 30 periódicos, como apresentado na Figura 9. Dentro de cada um desses periódicos, as publicações desempenham um papel crucial na disseminação do conhecimento e no avanço da área de estudo. Destaca-se, especialmente, o periódico brasileiro "Custos e Agronegócio on-line" pela quantidade de publicações. Este periódico desempenha um papel fundamental

na divulgação de pesquisas relacionadas a custos e questões associadas ao agronegócio, evidenciando sua importância e relevância para a comunidade acadêmica e profissional neste campo específico.

Figura 9 - Número de publicações por periódicos entre os artigos analisados.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Web of Science, Scielo e Scopus (2020).

Tabela 1 - Descrição da amostra de artigos selecionados para análise.

N.	Autor	Citações	País de estudo	Área de estudo	Metodologias							
					VPL ⁽¹⁾	TIR ⁽²⁾	TIRM ⁽³⁾	PB ⁽⁴⁾	PBD ⁽⁵⁾	IL ⁽⁶⁾	ACB ⁽⁷⁾	ROA ⁽⁸⁾
1	Othman et al. (2015)	36	Malásia	Agricultura e Recursos energéticos	X	X						
2	Garcia et al. (2017)	35	Brasil	Pecuária e Floresta	X	X		X			X	
3	Castro, Calvas e Knoke (2015)	29	Equador	Agricultura	X							
4	Viccaro et al. (2019)	28	Itália	Agricultura	X	X						
5	Souza et al. (2019)	28	Brasil	Agricultura e Recursos Energéticos	X	X		X				
6	Martinelli et al. (2019)	24	Brasil	Agrofloresta	X	X	X		X	X	X	
7	Regan et al. (2017)	21	Australia	Agricultura e Recursos energéticos	X							X
8	Diogo et al. (2017)	14	Holanda	Agricultura	X							
9	Dittrich et al. (2017)	10	Europa	Pecuária	X							X
10	Faleiros et al. (2018)	7	Brasil	Agricultura	X	X		X				
11	Goncalves et al. (2021)	7	Brasil	Agrofloresta	X	X		X				
12	Kadigi et al. (2020)	7	Tanzânia	Agricultura	X							
13	Faleiros et al. (2020)	6	Brasil	Agricultura							X	
14	Sisodia, Alshamsi e Sergi (2020)	6	Emirados Árabes	Agricultura e Energia	X	X						
15	Brody, Eshchanov e Golub (2020)	5	Uzbequistão	Agricultura							X	
16	Patel et al. (2021)	5	Índia	Agricultura e Recursos Energéticos	X	X					X	
17	Barbosa e Gimenes (2020)	4	Brasil	Agricultura	X	X	X			X	X	
18	Narayanamoorthy et al.	3	Índia	Agricultura	X						X	

40	Uçar et al. (2023)	0	Turquia	Agricultura	X	X		
41	Kuzman et al. (2023)	0	Sérvia	Agricultura	X	X	X	X
42	Silva et al. (2024)	0	Brasil	Agricultura e Recursos Energéticos	X	X		
43	Moller et al. (2024)	0	África do Sul	Agricultura	X			

⁽¹⁾ Valor presente líquido; ⁽²⁾ Taxa interna de retorno; ⁽³⁾ Taxa Interna de Retorno Modificada; ⁽⁴⁾ Payback; ⁽⁵⁾ Payback Descontado; ⁽⁶⁾ Índice de Lucratividade; ⁽⁷⁾ Análise Custo Benefício; ⁽⁶⁾ Opções reais. Fonte: Elaboração própria.

Outro periódico de grande importância é o "Sustainability", que se dedica a pesquisas relacionadas à sustentabilidade técnica, ambiental, cultural, econômica e social. Destaca-se ainda mais pela sua excelente classificação, tendo um fator de impacto de 3,9 na avaliação de 2022. Essa classificação elevada evidencia o reconhecimento e a relevância das pesquisas publicadas nesse periódico.

O Brasil se destaca como o país com a maior produção acadêmica e estudos relacionados à análise de investimentos na atividade agrícola, contribuindo com 53,33% dos artigos. Esta liderança reflete tanto a relevância econômica do setor agrícola brasileiro quanto o interesse acadêmico e científico na compreensão e otimização dos investimentos nessa área. Em seguida, vêm a Índia e a Itália, demonstrando também sua participação nesse campo de pesquisa.

De maneira ilustrativa apresentam-se todas as palavras-chave descritas nos 46 artigos, assim, as palavras-chave que apareceram com mais frequência na Figura 10 se destacam em relação às demais, ficando em evidência quanto ao seu tamanho. Como exemplo, citam-se as palavras principais: *feasibility*, *agribusiness*, *real options*, *livestock* e *economic appraisal*.

Figura 10 - Nuvem de palavras.



Fonte: Elaboração própria utilizando o software online – Word Cloud Art (2020).

O Quadro 1 foi elaborado para apresentar os métodos e fórmulas empregados pelos autores em suas pesquisas relacionadas à análise de investimento. Dentre os métodos tradicionais de investimento considerados, observou-se que, dos 43 artigos selecionados, 39 fazem uso do Valor Presente Líquido como a principal ferramenta para avaliar a viabilidade econômica. Em seguida, outros métodos comumente utilizados incluem a Taxa Interna de Retorno, o Período de *Payback*, a Análise de Custo-Benefício e opções reais.

Notavelmente, dois autores optaram por empregar todos esses índices em suas análises: Souza et al. (2023), ao avaliar um sistema de hidroponia em substrato em pequenas propriedades rurais, e Martinelli et al. (2019), ao examinar a viabilidade econômica e financeira de sistemas agroflorestais em diferentes regiões do Brasil. Essa diversidade de métodos proporciona uma compreensão abrangente e detalhada da análise de investimento em diversos contextos e cenários dentro do agronegócio, os quais serão avaliados detalhadamente a seguir.

Quadro 1. Os principais métodos e fórmulas empregados pelos autores em suas pesquisas relacionadas à análise de investimento.

Referências	Método	Fórmulas	Descrição	Limitação
Diogo et al. (2017) Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019)	VPL	$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$ Onde: FC_t = fluxos de caixa em cada período do projeto t (benefício de caixa); K = taxa de desconto representada pela rentabilidade mínima exigida pelo projeto I = valor do investimento no tempo zero (início do projeto); Valor do investimento em cada período subsequente.	Utiliza o conceito de valor do dinheiro no tempo, ajustando os fluxos de caixa futuros ao presente por meio de uma taxa de desconto específica.	Assume um cenário fixo, sem considerar o valor das contingências e das flexibilidades gerenciais referente às possíveis decisões futuras do projeto.
Othman et al., (2015) Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019)	TIR	$TIR = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}$ Onde: I_0 = valor do investimento no momento zero I_t = valor do investimento em cada período subsequente K = taxa de rentabilidade anual equivalente periódica FC = fluxos de caixa em cada período do projeto t (benefício em dinheiro).	É definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido (VPL) dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial.	A possibilidade de múltiplas taxas de retorno em projetos com fluxos de caixa não convencionais e a suposição de que os valores gerados serão reinvestidos à mesma taxa da TIR, o que nem sempre é realista.
Martinelli et al. (2019) Barbosa e Gimenès (2020) (Faleiros et al. (2018)	TIRM	$\sum_{j=1}^n [Y_j / (1+i)^{n-j}] / \sum_{j=0}^n [C_j / (1+i)^j] = (1 + TIRM)^n$ Onde: Y_j = fluxo de caixa positivo no período j;	Demonstra a atualização dos fluxos de saída de caixa ao valor presente e dos fluxos de entrada de caixa ao valor futuro por meio da Taxa Mínima de Atratividade	Depende de taxas externas subjetivas, é mais complexa que a TIR e, como métrica percentual, não considera o valor absoluto do investimento, dificultando comparações

		C_j = fluxo de caixa negativo no período j ; i = a taxa de desconto representada pela; lucratividade mínima exigida pelo projeto.	(TMA).	eficazes entre projetos de diferentes escalas.
Garcia et al. (2017) Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019).	PB	$\frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Fluxo de Caixa Anual Médio}}$	O período de tempo necessário para recuperar um investimento inicial.	O foco exclusivo no prazo de recuperação e a falta de consideração pelo valor do dinheiro no tempo.
Martinelli et al. (2019) Barbosa e Gimenès (2020).	PBD	$\sum_{k=1}^j \frac{CF_k}{(1 + TIR)^k} \geq CF_0$ Onde: CF_k: Fluxo de caixa do projeto no tempo TIR: Taxa de desconto (ou a rentabilidade mínima exigida pelo projeto) CF_0: Fluxo de caixa inicial do projeto (geralmente o investimento inicial); j: Número mínimo de períodos necessários para que o valor presente dos fluxos de caixa seja igual ou superior ao valor do investimento inicial	Versão do Payback que desconta os fluxos de caixa ao valor presente antes de calcular o tempo de retorno.	Embora mais realista que o PB, ainda ignora fluxos de caixa após o período de recuperação e não avalia o retorno total do projeto.
Martinelli et al. (2019)	IL	$\frac{\text{Valor presente dos benefícios}}{\text{Valor presente dos desembolsos de caixa}}$	Índice que mede a relação entre os benefícios e custos do investimento, indicando o retorno por unidade monetária investida.	Pode priorizar projetos com alta lucratividade relativa, mas menor impacto absoluto em termos financeiros totais.
Martinelli et al. (2019)	ACB	$CB = \frac{VB(i)}{VC(i)}$ Onde: VB é o valor presente dos benefícios a uma taxa de desconto (i); VC é o valor presente dos custos a uma taxa de desconto (i)	Compara os custos e benefícios de projetos, ajudando a identificar se os benefícios superam os custos.	Dificuldade em quantificar benefícios intangíveis ou sociais, além da dependência das premissas adotadas.

Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019)	OR	$Pu = \frac{e^{\sigma\sqrt{\Delta t}-d}}{u-d}$ Onde: <i>Pu</i>: Probabilidade de aumento do preço ou valor do ativo subjacente; <i>σ</i>: Volatilidade dos preços do ativo subjacente; <i>Δt</i>: Intervalo de tempo; <i>u</i>: Movimento ascendente do ativo subjacente; <i>d</i>: Movimento descendente do ativo subjacente.	Capacidade de incorporar a flexibilidade nas decisões gerenciais ao avaliar investimentos, permitindo que os gestores considerem diferentes cenários e ajustem suas estratégias ao longo do tempo.	Complexa, exige dados precisos e um entendimento profundo de finanças, o que pode dificultar sua aplicação. Além disso, nem todas as opções gerenciais são facilmente quantificáveis.
---	----	--	--	---

VPL= Valor presente líquido; TIR = Taxa interna de retorno; TIRM = Taxa interna de retorno modificada; PB= Payback; PBD= Payback descontado; IL = Índice de Lucratividade; ACB = Análise Custo Benefício; OR: Opções reais.

Fonte: Elaboração própria.

4. DISCUSSÃO

4.1 Métodos tradicionais de avaliação de investimentos

A revisão sistemática dos 43 estudos evidenciou a predominância do VPL como principal métrica de análise de investimento, em função de sua simplicidade operacional e de sua capacidade de incorporar o valor do dinheiro no tempo. Outras ferramentas tradicionais, como a TIR, o PB e o IL, também são amplamente utilizadas.

Rezende et al. (2018) aplicaram o VPL para avaliar estratégias de diversificação em sistemas agroflorestais. De forma semelhante, Martinelli et al. (2019) analisaram a viabilidade econômico-financeira de um arranjo agroflorestal biodiverso por meio de métricas tradicionais de avaliação de investimentos, incorporando análises de sensibilidade e simulação de Monte Carlo. No mesmo sentido, Souza et al. (2023), ao investigarem a implantação de sistema hidropônico em pequena propriedade rural, utilizaram indicadores clássicos como VPL, TIR, TIRM, índice de lucratividade e Payback descontado, complementados por simulação de Monte Carlo para tratamento da incerteza.

Entretanto, a ampla adoção dessas metodologias revela limitações estruturais quando aplicada ao contexto agrícola. Esses métodos assumem decisões irreversíveis tomadas no tempo zero, fluxos de caixa determinísticos e taxas de desconto fixas, pressupostos que contrastam com a natureza dinâmica da atividade agrícola, marcada por volatilidade de preços, incertezas climáticas e variabilidade produtiva. Ademais, tais abordagens não capturam explicitamente a possibilidade de adaptação ou reversão das decisões ao longo do tempo, elementos centrais em sistemas produtivos sujeitos a choques recorrentes (Souza Junior et al., 2019; Kuzman et al., 2023).

Embora alguns estudos da amostra incorporem simulações estocásticas, como a simulação de Monte Carlo, essas abordagens são utilizadas majoritariamente como extensões probabilísticas de métricas tradicionais, em especial do Valor Presente Líquido (Kadigi et al., 2020; Rezende et al., 2018; Min et al., 2022). Tais aplicações permitem quantificar o risco associado a preços, produtividade ou custos, mas não alteram a estrutura decisória do investimento, que permanece essencialmente estática e irreversível, sem

incorporar explicitamente decisões sequenciais ou o valor da flexibilidade gerencial. Dessa forma, abordagens baseadas em opções reais têm sido apontadas como particularmente adequadas para avaliar investimentos agrícolas, ao permitir a modelagem da flexibilidade sob incerteza.

4.2 Teoria de opções reais na avaliação de investimentos agrícolas: o valor da flexibilidade gerencial

A Teoria de Opções Reais (TOR) emerge da transposição dos princípios da teoria financeira das opções para o contexto de ativos reais, tendo como marco fundamental os trabalhos de Dixit e Pindyck (1994), Trigeorgis (1996) e Copeland e Antikarov (2001). Embora esses autores não integrem diretamente a amostra da revisão, suas contribuições constituem a abordagem conceitual que fundamenta a maioria das aplicações contemporâneas da TOR identificadas na literatura analisada.

Diferentemente das opções financeiras, que conferem ao detentor o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender um ativo financeiro a um preço predeterminado, as opções reais referem-se à flexibilidade gerencial associada a projetos de investimento, permitindo ao gestor adaptar suas decisões operacionais à medida que novas informações se tornam disponíveis. Nessa abordagem, o valor de um projeto não é determinado apenas pelos fluxos de caixa esperados, mas também pelas oportunidades futuras de decisão embutidas no investimento inicial, conceito frequentemente denominado como VPL expandido.

Segundo Dixit e Pindyck (1994), três elementos são centrais para a aplicação da TOR: (i) a incerteza sobre os retornos futuros; (ii) a irreversibilidade parcial ou total do investimento; e (iii) o momento (timing) da decisão. A irreversibilidade implica que parcela relevante do capital investido não pode ser recuperada caso o projeto seja abandonado; a incerteza refere-se à variabilidade dos resultados econômicos ao longo do tempo; e o timing representa a possibilidade de adiar ou antecipar decisões à espera de novas informações. A interação entre esses elementos confere valor econômico à flexibilidade gerencial, permitindo que decisões sejam revistas, postergadas ou ajustadas diante de cenários adversos.

No âmbito da TOR, as oportunidades gerenciais associadas a um projeto podem ser interpretadas como diferentes tipos de opções reais. Entre as mais recorrentes na literatura destacam-se: a opção de adiar o investimento, que permite postergar a decisão até que haja maior clareza sobre as condições futuras; a opção de expansão, que possibilita ampliar a escala do projeto caso os resultados se mostrem favoráveis; a opção de contração, associada à redução parcial da operação em cenários adversos; e a opção de abandono, que confere ao gestor a possibilidade de encerrar o projeto e recuperar parte do valor residual dos ativos (Trigeorgis, 1996; Copeland; Antikarov, 2001).

A aplicação da TOR mostra-se especialmente adequada ao setor agrícola, cuja dinâmica produtiva é inerentemente sequencial, adaptativa e sujeita a elevados níveis de incerteza. Diferentemente de investimentos industriais tradicionais, decisões agrícolas raramente são do tipo “agora ou nunca”; ao contrário, o produtor ajusta o cultivo, manejo e alocação de recursos safra após safra, incorporando aprendizado e respondendo a sinais de mercado e condições climáticas. Assim, a possibilidade de não decidir imediatamente, ou de alterar a decisão ao longo do tempo, possui valor econômico próprio, não capturado por metodologias estáticas.

Os estudos da amostra que aplicam a TOR concentram-se, em sua maioria, em ambientes caracterizados por elevada incerteza e irreversibilidade. Regan et al. (2017) demonstram que a TOR permite uma avaliação mais refinada da viabilidade econômica ao quantificar o valor das decisões gerenciais ao longo do tempo, especialmente em contextos associados à adaptação às mudanças climáticas e a investimentos de longo prazo.

Ginbo, Di Corato e Hoffmann (2021) e Abdul-Salam, Ovando e Roberts (2022) aplicam essa abordagem a sistemas produtivos complexos, evidenciando que projetos considerados inviáveis sob a ótica do VPL tradicional podem se tornar economicamente atrativos quando a flexibilidade gerencial é incorporada à análise. De forma complementar, Work, Hauer e Luckert (2018) destacam o potencial de estruturas híbridas que integram métricas tradicionais a modelos baseados em opções reais, ampliando a aderência das avaliações à realidade decisória enfrentada pelos gestores.

Apesar de suas vantagens conceituais, a revisão também evidencia limitações associadas à aplicação da TOR no setor agrícola. A elevada

complexidade matemática, a dificuldade de comunicação dos resultados a gestores e produtores e, sobretudo, a escassez de séries históricas consistentes de preços, custos e produtividade no nível da propriedade rural constituem barreiras à sua adoção.

Diferentemente de setores como energia ou infraestrutura, nos quais ativos e fluxos financeiros são amplamente monitorados, a agricultura ainda opera, em grande parte, com registros fragmentados ou agregados, o que compromete a estimação robusta de parâmetros fundamentais. Assim, a principal limitação da TOR na agricultura não reside em sua fundamentação teórica, mas em restrições estruturais e informacionais que dificultam sua aplicação.

4.3 Uma proposta integrativa para a avaliação de investimentos agrícolas sob incerteza

Com base nos resultados desta pesquisa, a Figura 11 apresenta um framework conceitual orientativo, proposto neste estudo como contribuição original ao campo da gestão rural, para a escolha de metodologias de análise de investimento na agricultura em função do nível de incerteza e do grau de irreversibilidade das decisões.

Em contextos de baixa incerteza e elevada reversibilidade, como a aquisição de maquinário agrícola padronizado ou a adoção de práticas de manejo consolidadas, métricas tradicionais tendem a ser suficientes para apoiar a tomada de decisão. À medida que a incerteza se intensifica, especialmente em investimentos associados à intensificação tecnológica, irrigação ou ajustes de manejo, a incorporação de ferramentas de análise de risco, como a simulação de Monte Carlo, permite uma representação mais realista da variabilidade econômica.

Por sua vez, em ambientes caracterizados por elevada incerteza e irreversibilidade, como a implementação de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), agroflorestas, transição para agricultura regenerativa e adoção de tecnologias sustentáveis de longo prazo, o framework destaca a maior aderência de abordagens capazes de incorporar decisões sequenciais e o valor da flexibilidade gerencial. Nesses contextos, a TOR permite capturar de

forma mais adequada a dinâmica econômica enfrentada pelo produtor, em que decisões são continuamente reavaliadas diante de novos cenários.

Figura 11 - Síntese das metodologias de análise de investimento aplicadas à agricultura segundo o nível de incerteza.



Fonte Elaboração própria.

De forma complementar, a revisão evidencia uma lacuna entre a complexidade das decisões de investimento na agricultura e as ferramentas analíticas tradicionalmente utilizadas para avaliá-las. A crescente digitalização do campo amplia a disponibilidade de informações e favorece a aplicação de modelos estocásticos e da Teoria das Opções Reais, permitindo incorporar a flexibilidade gerencial como um elemento passível de avaliação econômica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática evidenciou que a análise de investimentos no setor agrícola permanece majoritariamente ancorada em metodologias estáticas, com destaque para o Valor Presente Líquido (VPL), amplamente utilizado em função de sua simplicidade operacional, aceitação institucional e

facilidade de interpretação. Embora eficazes em contextos específicos, a aplicação isolada dessas métricas apresenta limitações ao não incorporar explicitamente a flexibilidade gerencial e as múltiplas fontes de incerteza que caracterizam a atividade agrícola contemporânea.

Em contraste, abordagens dinâmicas baseadas na Teoria de Opções Reais demonstram elevado potencial para lidar com a complexidade e a incerteza do setor agrícola, ao permitir a modelagem de decisões sequenciais, o adiamento de investimentos e a adaptação a diferentes cenários futuros. Os estudos revisados indicam que a incorporação da flexibilidade gerencial pode ampliar a qualidade das avaliações econômicas, especialmente em projetos de longo prazo, intensivos em capital e associados à sustentabilidade e à adaptação climática.

Como principal contribuição, este estudo propôs um framework conceitual orientativo para a seleção de metodologias de análise de investimento na agricultura em função do nível de incerteza e irreversibilidade das decisões. Esse framework busca apoiar pesquisadores e gestores na escolha de ferramentas analíticas mais aderentes à dinâmica dos sistemas agrícolas e aponta caminhos para pesquisas futuras voltadas ao desenvolvimento de abordagens híbridas e gestão sob incerteza.

REFERÊNCIAS

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://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S030147972102017X>. Acesso em 23 ago. 2024.

ADOM, E.; BIR, C.; LAMBERT, L. H. A financial comparison of small-scale quail and laying hen farm enterprises. **Poultry Science**, v. 102, n. 4, p. 102507, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102507>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0032579123000330?via%3Dihub>. Acesso em 25 ago. 2024.

AGATON, C. P.; GUNO, C.S.; VILLANUEVA, R.O.; VILLANUEVA, R.O. Economic analysis of waste-to-energy investment in the Philippines: A real

options approach. **Applied Energy**, v. 275, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115265>. Disponível em: [https://www.sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0306261920307777](https://www.sciencedirect.com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0306261920307777). Acesso em 25 ago 2024.

ANDERSON, R.; BAYER, P.E.; EDWARDS, D. Climate change and the need for agricultural adaptation. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 56, p. 197-202, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.12.006>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32057694/>. Acesso em 20 jul. 2024.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

BARBOSA, A.C.S.; GIMENES, R.M.T. Costs and financial feasibility of niágara grape growth in low rural properties. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 16, Special Edition, 2020. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv16/OK%2019%20uva%20english.pdf>. Acesso em 20 jul. 2024.

BERNARDES, P.A.C.S.; AQUILA, G.; PAMPLONA, E.O.; MEDEIROS, A.L.; NAKAMURA, W.T.; SILVA, A.S. Technical-economic analysis of the impact of post-harvesting systems and subsidized loans for coffee farms in Minas Gerais (Brazil). **Custos e Agronegócio on-line**, v. 18, n. 4, 2022. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero4v18/OK%208%20loans.pdf>. Acesso em 21 ago. 2024.

BERNARDY, D.; JESUS, L.C.; ZIEMBOWICZ, M.M.; WEILER, E. B.; FARIAS, J. A. Production and financial feasibility in silvopastoral system in small rural property. **Revista Árvore**, v. 46, p. e4622, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/F87NbTtKpsLy6v9Yd93kc5k/?lang=en>. Acesso em: 05 jul. 2024.

BRODY, M.; ESHCHANOV, B.; GOLUB, A. Approaches to optimize Uzbekistan's investment in irrigation technologies. **Ekonomicheskaya Politika**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2020-2-136-147>. Disponível em: <file:///C:/Users/Joyce/Downloads/approaches-to-optimize-uzbekistan-s-investment-in-irrigation-technologies.pdf>. Acesso em 19 jul. 2024.

BOWMAN, E. H.; MOSKOWITZ, G. T. Real options analysis and strategic decision making. *Organization Science*, v. 12, n. 6, p. 772–777, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1287/orsc.12.6.772.10080>. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/orsc.12.6.772.10080>. Acesso em: 9 jun. 2026.

CASTRO, L. M.; CALVAS, B.; KNOKE, T. Ecuadorian Banana Farms Should Consider Organic Banana with Low Price Risks in Their Land-Use Portfolios. **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120384>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0120384>. Acesso em 20 jul. 2024.

COPELAND, T.E.; ANTIKAROV, V. **Real options: a practitioner's guide**. New York: Texere, 2001.

CEPEA – Centro de estudos avançados em economia aplicada departamento de economia, administração e sociologia. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em 21 mar. 2024.

DIOGO, V.; REIDSMA, P.; SCHAAP, B.; ANDREE, B.P.J.; KOOMEN, E. Assessing local and regional economic impacts of climatic extremes and feasibility of adaptation measures in Dutch arable farming systems. **Agricultural Systems**, v. 157, p. 216–229, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.013>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308521X16303043?via%3Dihub>. Acesso em 15 jul 2024.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1995.

DITTRICH, R.; WREFORD, A.; TOPP, C.F.E.; EORY, V.; MORAN, D. A guide towards climate change adaptation in the livestock sector: adaptation options and the role of robust decision-making tools for their economic appraisal. **Regional Environmental Change**, v. 17, n. 6, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1134-4>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10113-017-1134-4#citeas>. Acesso em 17 jul. 2024.

DUTRA, T. M.; BATISTA, M.D.; TEIXEIRA, J.C.; TODOROVA, S.; OLIVEIRA, L.; TAVARES, J.; BORGES, I.; SOARES, A.O. Economic and financial model to the mass-rearing of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Heteroptera: Miridae), a biological control agent against the tomato moth *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected culture. **Pest Management Science**, v. 79, n. 10, p. 3712–3720, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.7552>. Disponível em: https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.7552?utm_medium=article&utm_source=researchgate.net. Acesso em 12 jul 2024.

ELEJALDE, D.A.G.; SOARES, A.B.; LIMA, J.D.; MISSIO, R.L.; ASSMANN, T.S.; TATTO, W.H.; DEIFELD, F.L.C.; BORTOLLI, M.A.; BERNARDON, A.;

LEVINSKI-HUF, F.; MACCARI, M.; BARRIGA, P.A.B.; RHODEN, A.C. Economic viability in the integrated crop-livestock system with nitrogen fertilization system and sward canopy heights. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2023. DOI: | <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.940946>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2022.940946/full>. Acesso em 21 ago. 2024.

FALEIROS, G. D.; SANTOS, D.F.L.; CONCEIÇÃO, E.V.; CORÁ, J.E. Economic analysis of soybean-maize crop rotation in a no-tillage system. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 16, 2020. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv16/OK%20%20soybean.pdf>. Acesso em 20 jul. 2024.

FALEIROS, G. D.; SANTOS, D.F.L.; CORÁ, J. E.; YILDIZ, F. Analysis of profitability of conservation tillage for a soybean monoculture associated with corn as an off-season crop. **Cogent Food & Agriculture**, p. 20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1429699>. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2018.1429699?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article. Acesso em 02 ago. 2024.

GINBO, T.; DI CORATO, L.; HOFFMANN, R. Investing in climate change adaptation and mitigation: A methodological review of real-options studies. *Ambio*, v. 50, p. 229–241, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01342-8>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13280-020-01342-8#citeas>. Acesso em 03 abr. 2024.

ITC - TRADE MAP. Disponível em: <https://www.trademap.org/Index.aspx>. Acesso em 04 fev. 2024.

KADIGI, Ibrahim L.; RICHARDSON, James W.; MUTABAZI, Khamaldin D.; PHILIP, Damas; BIZIMANA, Jean-Claude; MOURICE, Sixbert K.; WAIZED, Betty. Forecasting yields, prices and net returns for main cereal crops in Tanzania as probability distributions: A multivariate empirical (MVE) approach. **Agricultural Systems**, v. 180, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102693>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308521X18308850?via%3Dihub>. Acesso em 05 jul 2024.

KIM, J.; HOJEONG, P.; CHUN, J.A.; LI, S. Adaptation strategies under climate change for sustainable agricultural productivity in Cambodia. **Sustainability**, v. 10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10124537>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4537>. Acesso em 05 jul. 2024.

KUZMAN, B.; MOMČILOVIĆ, M.; ERCEGOVAC, D.; MILIĆ, D. Economic efficiency assessment of investments in agricultural production. **Economics of**

Agriculture, v. 70, n. 1, p. 61–79, 2023. DOI: <https://doi.org/10.59267/ekoPolj230161K>. Disponível em: <https://www.ea.bg.ac.rs/index.php/EA/article/view/2112>. Acesso em: 29 jun. 2024.

LAPES – Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software. Disponível em: <https://www.lapes.ufscar.br/>. Acesso em 20 fev 2024.

LEE, J. Evaluation of Automatic Irrigation System for Rice Cultivation and Sustainable Agriculture Water Management. **Sustainability**, v. 14, n. 17, p. 11044, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141711044>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/17/11044>. Acesso em: 05 mai 2024.

LEITÃO, A.M.; GIMENES, R.M.T.; PADOVAN, M.P. Biodiverse agroforestry system arrangement with economic feasibility proposed for family-based agriculture. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 18, 2022. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv18/OK%2010%20agrofloresta%20english.pdf>. Acesso em 03 jul. 2024.

LIU, Q.; SUN, Y.; LIU, L.; WU, M. An uncertainty analysis for offshore wind power investment decisions in the context of the national subsidy retraction in China: A real options approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 329, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129559>. Disponível em: [https://www.sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652621037380](https://www.sciencedirect.com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652621037380). Acesso em 15 mai 2024.

LIONTAKIS, A.; SINTORI, A.; TZOURAMANI, I. The Role of the Start-Up Aid for Young Farmers in the Adoption of Innovative Agricultural Activities: The Case of Aloe Vera. **Agriculture**, v. 11, n. 4, p. 349, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11040349>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/4/349>. Acesso em 14 jul. 2024.

MACÊDO, A. B. M.; COSTA, R. N. T.; ARAÚJO, D. F.; NUNES, K. G. WATER productivity with localized irrigation using groundwater and reuse water in the cultivation of plant species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 219–224, 16 mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p219-224>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/PTzrxdK6XQTgz9TpScPS83K/?lang=en>. Acesso em 15 jul. 2024.

MARTINELLI, G. D. C.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M.P.; GIMENES, R.M.T. Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. **Land Use Policy**, v. 80, p. 274–286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com>

com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S026483771830423X?via%3Dihub. Acesso em 16 jul 2024.

MIN, X.; SOK, J.; ELINGS, A.; LANSINK, A.O. Economic feasibility of glasshouse tomato production in China — A bio-economic stochastic modelling approach. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, v. 94, p. 156–183, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/27685241.2022.2135390>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27685241.2022.2135390>. Acesso em 20 ago 2024.

MOLLER, K.; NEJADHASHEMI, A. P.; TALHA, M.; CHIKAFI, M.; EESWARAN, R.; JUNIOR, N. V.; CARCEDO, A. J. P.; CIAMPITTI, I.; BIZIMANA, J.-C.; DIALLO, A.; PRASAD, P. V. V. Unveiling the resilience of smallholder farmers in Senegal amidst extreme climate conditions. **Food and Energy Security**, v. 13, n. 1, p. e523, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.523>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fes3.523>. Acesso em 05 Ago 2024.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 281–295, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79#citeas>. Acesso em 05 ago 2024.

NARAYANAMOORTHY, A.; DEVIKA, N.; SURESH, R.; SUJITHA, K. Efficiency and viability of drip method of irrigation in groundnut cultivation: an empirical analysis from South India. **Water Policy**, v. 22, n. 6, p. 1109–1125, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2166/wp.2020.257>. Disponível em: <https://iwaponline.com/wp/article-abstract/22/6/1109/78044/Efficiency-and-viability-of-drip-method-of?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em 20 jul 2024.

ODENING, M.; MUßHOFF, O.; BALMANN, A. Investment decisions in hog finishing: an application of the real options approach. **Agricultural Economics**, v. 32, n. 1, p. 47–60, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0169-5150.2005.00004.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0169-5150.2005.00004.x>. Acesso em: 9 ago. 2024.

OTHMAN, N. F.; YA'ACOB, M.E.; RAHIM, A. A. S.; OTHMAN, M.S.; RADZI, M.A.M; HIZAM, H.; WANG, Y.; YA'ACOB, A.M.; JAAFAR, H.ZE. Embracing new agriculture commodity through integration of Java Tea as high Value Herbal crops in solar PV farms. **Journal of Cleaner Production**, v. 91, p. 71–77, 15 mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.044>. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652614013407?via%3Dihub>. Acesso em 15 jul. 2024.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Research Methods & Reporting**, v. 372, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>. Acesso em 20 jul. 2024.

PATEL, B.; PATEL, A.; SYED, B.A.; GAMI, B.; PATEL, P. Assessing economic feasibility of bio-energy feedstock cultivation on marginal lands. **Biomass and Bioenergy**, v. 154, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106273>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0961953421003081?via%3Dihub>. Acesso em 15 jul 2024.

RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B.; NUNES, F.; BÖRNER, J.; MACHADO, L.; ASSIS, D.; OLIVEIRA, A.; PINTO, L.; RIBEIRO, V.; RAUSCH, L.; GIBBS, H.; FIGUEIRA, D. The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**, v. 369, n. 6501, p. 246–248, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aba6646>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba6646>. Acesso em 9 jun. 2024.

REIS, J. C.; KAMOI, M.Y.T.; MICHETTI, M.; WRUCK, F.J. Economic and environmental impacts of integrated systems adoption in Brazilian agriculture-forest frontier. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 5, p. 847–863, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00831-5>. Disponível em: https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10457-023-00831-5?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article. Acesso em 17 jul 2024.

REGAN, C.M.; CONNOR, J. D.; SEGARAN, R. R.; MEYER, W. S.; BRYAN, B. A.; OSTENDORF, B. Climate change and the economics of biomass energy feedstocks in semi-arid agricultural landscapes: A spatially explicit real options analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 192, p. 171-183, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.049>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0301479717300671?via%3Dihub>. Acesso em 05 ago. 2024.

REZENDE, M. L.; SILVA, B.B; LOPES, M. M.; SALGADO, E.G.; SANTOS, B.R. Risk analysis and economic feasibility of the African mahogany plantation in the south of Minas Gerais. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 14, 2018. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv14/OK%2013%20viabilidade%20%20english.pdf>. Acesso em 18 jul. 2024.

RUVIARO, C.F.; LÉIS, C.M.de; LAMPERT, V.N.; BARCELLOS, J.O.J.; DEWES, H. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 435–443, 2015.

SAZVAR, Z.; RAHMANI, M.; GOVINDAN, K. A sustainable supply chain for organic, conventional agro-food products: The role of demand substitution, climate change and public health. **Journal of Cleaner Production**, v. 194, p. 564–583, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.118>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.118>. Acesso em 9 jun. 2024.

SANTOS, D.F.L.; DE MORALES FARINELLI, J.B.; HORITA, K.; DA SILVA, B.L.; SOUZA, C.A.F. Investment analysis of soybean production system in sugarcane renewal areas. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 16, n. 3, p. 130-164, 2020. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero4v16/OK%20%20canavial%20english.pdf>. Acesso em 10 jun 2024.

SISODIA, G. S.; ALSHAMSI, R.; SERGI, B. S. Business valuation strategy for new hydroponic farm development – a proposal towards sustainable agriculture development in United Arab Emirates. **British Food Journal**, v. 123, n. 4, p. 1560–1577, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2020-0557>. Disponível em: <https://www.emerald.com/bfj/article-abstract/123/4/1560/39645/Business-valuation-strategy-for-new-hydroponic?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 05 jun 2024.

SOUZA, L. F.; SILVA, J. C.; SANTOS, R. A.; OLIVEIRA, P. M. Economic feasibility of adopting a hydroponics system on substrate in small rural properties. **Journal of Agricultural Science**, v. 15, n. 4, p. 112–123, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02529-9>. Disponível em: https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10098-023-02529-9?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article. Acesso em 10 mai. 2024.

SOUZA JUNIOR, W. D.; BALDISSERA, J. F.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 253-269, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.177157>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/SrNKbj99Kr3y4tvGWG4gzRH/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 15 jul. 2025.

SPIEGEL, A.; SEVERINI, S.; BRITZ, W.; COLETTA, A. Step-by-step development of a model simulating returns on farm from investments: the example of hazelnut plantation in Italy. **Bio-based and Applied Economics**, v. 9, n. 1, p. 53–83, 2020. DOI: <https://doi.org/10.13128/bae-7961>. Disponível em: <https://oaj.fupress.net/index.php/bae/article/view/7961>. Acesso em 15 mai 2024.

TRIGEORGIS, L. **Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation**. Cambridge: MIT Press, 1996.

TRIGEORGIS, L.; REUER, J.J. Real options theory in strategic management. **Strategic Management Journal**, v. 38, p. 42-63, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.2593>. Disponível em: <https://sms.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.2593>. Acesso em 01 jun. 2024.

URRUTY, N.; TAILLIEZ-LEFEBVRE, D.; HUYGHE, C. Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 1, p. 15, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13593-015-0347-5#citeas>. Acesso em: 15 jun. 2024.

ZOMER, R. J.; BOSSIO, D. A.; SOMMER, R.; VERCHOT, L. V. Global sequestration potential of increased organic carbon in cropland soils. **Scientific Reports**, v. 7, art. 15554, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15794-8>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-15794-8>. Acesso em 9 jun. 2024.

CAPÍTULO 3 – DESEMPENHO ECONÔMICO DO SISTEMA DE SUCESSÃO DE SOJA E MILHO EM PROPRIEDADE RURAL EM MATO GROSSO DO SUL

Resumo: Este estudo avalia o desempenho econômico do sistema de sucessão soja–milho em uma propriedade rural localizada no centro-sul de Mato Grosso do Sul, utilizando o Valor Econômico Adicionado (EVA) como principal indicador de criação de valor. A análise baseou-se em dados primários referentes a cinco anos agrícolas (2021–2025), abrangendo cinco safras de soja e cinco safrinhas de milho. Os resultados demonstraram que, embora o sistema tenha apresentado lucro operacional, a criação de valor econômico foi instável ao longo do período analisado, evidenciando que a obtenção de resultado operacional positivo não implica, necessariamente, geração de valor econômico. A soja apresentou desempenho econômico superior ao do milho. A simulação de Monte Carlo evidenciou elevada probabilidade de destruição de valor, enquanto a análise de correlação de *Spearman* identificou o preço, o custo operacional e a produtividade da soja como as variáveis com maiores associações com o EVA. Conclui-se que o desempenho econômico do sistema está fortemente associado aos resultados da cultura da soja, enquanto o milho apresentou desempenho econômico médio menos favorável e maior probabilidade de destruição de valor.

Palavras-chave: lucratividade; gestão agrícola; capital investido; volatilidade; incerteza.

ABSTRACT: This study evaluates the economic performance of the soybean–maize succession system on a rural property located in the south-central region of Mato Grosso do Sul, Brazil, using Economic Value Added (EVA) as the main indicator of value creation. The analysis was based on primary data covering five agricultural years (2021–2025), comprising five soybean growing seasons and five second-crop maize seasons. The results showed that, although the production system generated operating profit, economic value creation was unstable over the period analyzed, demonstrating that positive operating results do not necessarily imply economic value creation. Soybean exhibited better economic performance than maize. The Monte Carlo simulation revealed a high probability of value destruction, while Spearman's rank correlation analysis identified soybean price, operating costs, and soybean yield as the variables most strongly associated with EVA. It is concluded that the system's economic performance is strongly associated with soybean production outcomes, whereas maize exhibited a less favorable average economic performance and a higher probability of value destruction.

Keywords: profitability; agricultural management; invested capital; volatility; uncertainty.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque na produção global de grãos, tendo a sucessão entre soja e milho como um dos principais arranjos produtivos do Centro-Oeste brasileiro. A expansão desse sistema a partir dos anos 2000 ampliou a eficiência no uso da terra e sustentou elevados volumes de produção, fortalecendo a participação do país nas cadeias globais de alimentos (Nóia Júnior; Sentelhas, 2019; IBGE, 2025; CONAB, 2025; Tolói et al., 2021).

Em escala regional, esse processo de evolução materializou-se no centro-sul de Mato Grosso do Sul, onde condições edafoclimáticas favoráveis e a incorporação de tecnologias viabilizaram a intensificação do uso da terra por meio da sucessão soja–milho. Esse arranjo ampliou a produção por área e otimizou o uso de máquinas e mão de obra, ao mesmo tempo em que passou a atender a uma demanda regional crescente, especialmente associada à produção animal e à recente expansão das usinas de etanol de milho (Cattelan; Agnol, 2018; Eckert et al., 2018; Nóia Júnior; Sentelhas, 2019; Battisti et al., 2020).

Contudo, esses ganhos coexistem com limitações estruturais, uma vez que o sistema de sucessão soja e milho é altamente sensível a riscos climáticos, sobretudo ao déficit hídrico, especialmente no milho safrinha. Em sistemas agrícolas tropicais, a ocorrência de eventos associados a El Niño e La Niña intensifica a variabilidade produtiva, compromete a previsibilidade dos fluxos de caixa e amplia a incerteza na tomada de decisão econômica (Battisti et al., 2020; Silva et al., 2021).

Esses riscos climáticos, ao se combinarem a choques externos recentes, ampliaram a instabilidade econômica do setor agrícola. As disrupções provocadas pela pandemia da COVID-19 e os impactos econômicos da guerra na Ucrânia evidenciaram a dependência do setor de insumos e intensificaram os custos de produção, especialmente de fertilizantes e combustíveis, comprimindo margens e ampliando a exposição das propriedades rurais ao risco financeiro. Tais crises, contudo, não interrompem a produção agrícola, mas promovem reconfigurações estruturais voltadas à resiliência econômica e à reorganização das cadeias produtivas (Paudel et al., 2023; Baffes; Kabundi, 2023; Glauben et al., 2022; Bilali; Ben Hassen, 2024).

Como resultado, a intensificação produtiva dessas commodities implicou aumento da necessidade de capital, maior dependência de financiamento e maior exposição ao risco, tornando insuficiente uma avaliação baseada exclusivamente em resultados operacionais. Ainda assim, a análise econômica em propriedades rurais permanece predominantemente ancorada em métricas contábeis tradicionais, como lucro líquido, margem de contribuição e indicadores convencionais de rentabilidade (Artuzo et al., 2018; Santos et al., 2020; Richetti; Ceccon, 2020).

Embora úteis para o acompanhamento do desempenho produtivo, essas métricas tendem a capturar apenas o resultado da safra, sem incorporar de forma adequada o custo do capital imobilizado nos ativos operacionais, como máquinas, tecnologia e custeio agrícola, bem como o custo de oportunidade associado ao uso da terra. Assim, uma propriedade pode apresentar resultado contábil positivo e, ainda assim, não gerar retorno suficiente para remunerar o capital investido de acordo com o risco inerente à atividade agrícola (Rappaport, 1986; Assaf Neto, 2014).

Nesse contexto, a Gestão Baseada em Valor apresenta-se como uma abordagem mais adequada para a análise do desempenho econômico em sistemas agrícolas intensivos em capital, ao priorizar a criação de valor econômico. Sua principal métrica, o Valor Econômico Adicionado (*Economic Value Added* – EVA), estabelece que apenas há geração de valor quando o retorno operacional líquido (NOPAT) supera o custo médio ponderado de capital (WACC) ou a taxa mínima de atratividade exigida pelos financiadores (Stern; Stewart, 2005).

Apesar da ampla adoção do sistema de sucessão soja e milho safrinha e de sua relevância econômica regional, ainda são escassos estudos que avaliem, no nível da propriedade rural, se o resultado operacional efetivamente supera o custo de oportunidade do capital e da terra sob risco. Assim, este artigo contribui ao (i) operacionalizar o EVA por hectare e por safra em um sistema real de produção, (ii) estimar a TMA com abordagem ajustada a mercado emergente e (iii) incorporar incertezas-chave via simulação para qualificar a probabilidade de criação/destruição de valor.

No entanto, apesar de sua ampla aplicação no meio corporativo, o uso do EVA ainda é incipiente no setor agrícola, especialmente no nível da

propriedade rural e em sistemas consolidados como a sucessão de soja e milho, em razão de características próprias do setor, como a sazonalidade produtiva, a informalidade dos registros contábeis e a dificuldade de mensuração dos ativos operacionais. Para enfrentar essas limitações, o estudo adota uma abordagem metodológica ajustada à realidade da produção agrícola, baseada na organização das informações por safra e por hectare e na identificação explícita do capital investido e do custo do capital.

Diferentemente de avaliações baseadas apenas em lucro e margem, a abordagem de valor permite identificar situações em que há resultado contábil positivo, mas destruição de valor econômico. Esse diagnóstico é fundamental para decisões de intensificação, arrendamento, renovação de máquinas e escolha de tecnologias, especialmente em ambientes de alta volatilidade de preços e produtividade.

Considerando esse contexto, o estudo tem como objetivo avaliar o desempenho econômico de um sistema de produção de soja e milho no estado de Mato Grosso do Sul por meio do Valor Econômico Adicionado (EVA), a fim de verificar se a atividade é capaz de gerar valor econômico superior ao custo total do capital empregado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta a área de estudo, as características do sistema produtivo analisado e os procedimentos metodológicos utilizados para avaliar seu desempenho econômico por meio do Valor Econômico Adicionado (Economic Value Added – EVA). São descritos os procedimentos de coleta e tratamento dos dados, a estimativa do custo de capital, a mensuração do capital investido e a aplicação da simulação de Monte Carlo para avaliar a incerteza associada aos resultados econômicos.

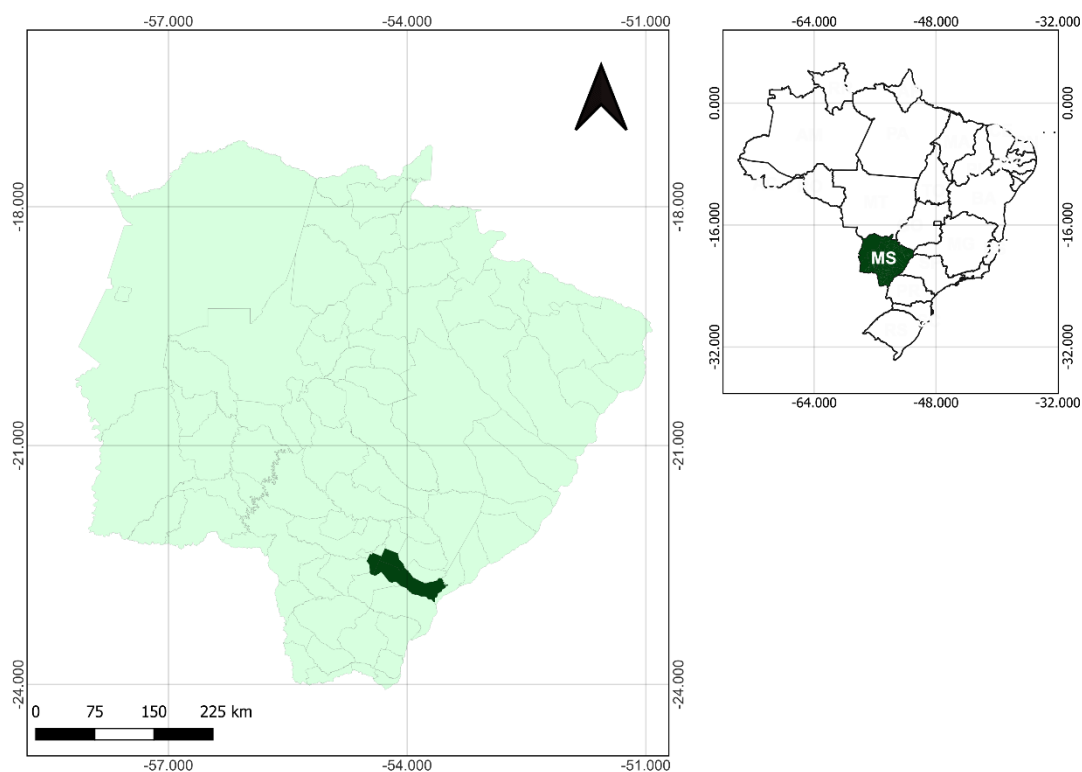
2.1 Área de estudo e descrição do sistema de produção

O estudo foi conduzido com base em dados econômicos de um sistema de produção agrícola localizado no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. As áreas pertencem a um único produtor rural e distribuem-se entre os municípios

de Jateí, Vicentina e Glória de Dourados, situados na região centro-sul do estado (Figura 12).

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, uma vez que a análise se concentra em uma única unidade produtiva. Assim, os resultados estão condicionados às características produtivas, econômicas e financeiras da propriedade estudada, não devendo ser generalizados automaticamente para todos os produtores da região. Entretanto, os resultados permitem aprofundar a compreensão do desempenho econômico do sistema analisado e estabelecer comparações com estudos desenvolvidos em contextos produtivos semelhantes.

Figura 12 - Localização geográfica da propriedade rural em estudo.



Fonte: Elaboração própria por meio do software QGIS com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025).

O sistema de produção avaliado fundamenta-se na sucessão de soja, cultivada na safra de verão, e milho safrinha, ambos em regime de sequeiro. A soja é semeada, predominantemente, entre o final de setembro e outubro, com

colheita entre dezembro e janeiro. Na sequência, o milho safrinha é semeado entre janeiro e fevereiro, conforme as condições operacionais e climáticas.

2.2 Coleta de dados

A análise do desempenho econômico da propriedade foi realizada com base em dados primários referentes às safras de 2021 a 2025. As informações foram obtidas diretamente na unidade produtiva, por meio de notas fiscais de compra e venda, planilhas gerenciais de controle de insumos, registros operacionais e entrevistas com o gestor da propriedade e o responsável técnico. Os dados foram organizados por cultura e safra e padronizados por hectare, de modo a permitir a comparação dos resultados econômicos entre os períodos analisados.

Durante o período de 2021 a 2023, a área total explorada correspondeu a 1.080 hectares, passando para 1.430 hectares nas safras de 2024 e 2025. As terras próprias totalizaram 371 hectares, equivalentes a aproximadamente 34% da área explorada no primeiro período, e 401 hectares, correspondentes a aproximadamente 28%, no segundo período. A área restante foi explorada sob regime de arrendamento rural.

O arrendamento foi contabilizado como custo operacional da atividade agrícola. Por sua vez, a terra própria foi incorporada ao capital investido com base em seu valor de mercado, de modo a representar seu custo de oportunidade, mesmo na ausência de desembolso financeiro com arrendamento. Esse procedimento buscou distinguir o custo efetivamente incorrido com as áreas arrendadas do custo de oportunidade das áreas próprias, evitando a dupla contabilização do custo da terra no cálculo do EVA.

A coleta de dados foi realizada diretamente na unidade produtiva analisada, com base em notas fiscais de compra e venda, planilhas gerenciais de controle de insumos, registros operacionais e entrevistas com o gestor da propriedade e o responsável técnico. Os dados obtidos subsidiaram a mensuração dos custos operacionais, do capital investido e do EVA.

A receita bruta foi calculada com base nas quantidades comercializadas e nos preços médios de venda de cada cultura em cada safra. Não foi realizada dedução referente ao Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural (Funrural), uma vez que o produtor adotou a contribuição previdenciária sobre a folha de

pagamento. Foi considerada a contribuição ao Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), à alíquota de 0,2% sobre a receita bruta, conforme os registros e critérios adotados no estudo.

Os gastos com combustíveis e manutenção de máquinas foram distribuídos entre soja e milho de acordo com a intensidade operacional observada, considerando o número e o tipo de operações mecanizadas realizadas em cada cultura, bem como o tempo de utilização dos equipamentos. Com base nos registros operacionais da propriedade, 56% desses custos foram atribuídos à soja e 44% ao milho.

O calcário foi tratado como insumo de efeito residual, com amortização linear ao longo de três anos e alocação proporcional à área cultivada. A depreciação de máquinas, implementos e equipamentos foi estimada pelo método linear, considerando as vidas úteis e os valores residuais estabelecidos com base nos Anexos I e II da publicação Custos de Produção Agrícola: a Metodologia da CONAB (CONAB, 2010).

Também foram considerados os ingressos financeiros provenientes do Programa de Desenvolvimento da Produção Agropecuária de Mato Grosso do Sul (PD Agro), quando registrados para a cultura do milho, e os valores recebidos a título de seguro agrícola, alocados às respectivas safras conforme os registros da propriedade.

Para assegurar a comparabilidade temporal dos indicadores monetários, os valores de preços, custos, receitas, NOPAT e capital investido utilizados na análise histórica foram expressos em reais constantes de 2025, mediante correção pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Esse procedimento teve como objetivo reduzir o efeito da variação geral dos preços ao longo do tempo e permitir a comparação dos resultados em uma base monetária comum.

2.3 Avaliação do desempenho econômico do sistema de produção

A avaliação do desempenho econômico do sistema produtivo foi realizada por meio do Valor Econômico Adicionado (*Economic Value Added* – EVA), métrica que permite verificar se a atividade gera retorno superior ao

custo de oportunidade do capital empregado. A fórmula do EVA é expressa da seguinte forma:

$$EVA = NOPAT - (WACC \times CI) \quad (1)$$

Em que: NOPAT representa o lucro operacional líquido após impostos, WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) corresponde ao custo médio ponderado de capital, considerando os custos das fontes de financiamento utilizadas e suas respectivas participações na estrutura de capital, e CI o capital total investido na atividade agrícola.

O EVA positivo indica que o resultado operacional após impostos foi suficiente para cobrir o encargo associado ao capital investido, caracterizando criação de valor econômico segundo o critério adotado. O EVA negativo indica que o resultado operacional não foi suficiente para remunerar integralmente o capital empregado, caracterizando destruição de valor econômico no período analisado.

O NOPAT foi calculado por hectare e por cultura/safra, a partir do resultado operacional após os impostos considerados no estudo. Os juros e demais encargos financeiros associados ao financiamento foram excluídos do resultado operacional utilizado para sua apuração, uma vez que o custo das fontes de financiamento é considerado separadamente no encargo de capital. Essa separação busca evitar que os custos financeiros sejam contabilizados simultaneamente no resultado operacional e no custo de capital.

Para padronizar o cálculo entre as safras, foi utilizada uma alíquota de 27,5% como aproximação para o cálculo dos impostos incidentes sobre o resultado operacional. Essa escolha representa uma simplificação metodológica e não necessariamente corresponde à carga tributária efetiva do produtor rural pessoa física em cada exercício. Portanto, os resultados devem ser interpretados considerando essa aproximação tributária.

2.3.1 Estimativa do custo do capital próprio e do WACC

A TMA foi estimada por meio do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (*Capital Asset Pricing Model* – CAPM), que estabelece uma relação linear entre risco e retorno esperado, permitindo determinar a taxa de

retorno exigida para compensar o risco assumido (Ross; Westerfield; Jaffe, 2002; Póvoa, 2007).

Contudo, o modelo tradicional apresenta limitações quando aplicado a mercados emergentes, como o brasileiro, em razão da instabilidade e baixa eficiência dos mercados de capitais, da elevada concentração de ativos e da dificuldade em estimar parâmetros como o beta e o prêmio de risco de mercado (Fama, 1970; Teixeira; Cunha, 2017; Pereiro, 2002).

Para superar essas restrições, adotou-se o CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM), proposto por Pereiro (2001), que adapta o prêmio de risco global ao contexto local por meio do “beta-país”, representando a sensibilidade do mercado doméstico frente ao mercado global. Essa versão ajustada torna o modelo mais adequado à realidade de mercados agrícolas emergentes, permitindo estimar uma taxa de retorno condizente com os riscos sistêmicos, como variações cambiais e flutuações nos preços das commodities, e específicos do setor rural, refletindo de forma mais precisa o custo do capital próprio e, conseqüentemente, a TMA adotada neste estudo. A expressão do cálculo apresenta-se a seguir:

$$TMA = R_{fg} + R_c + \beta C_{LG} [\beta_{GG} (R_{MG} - R_{fg})] (1 - R^2) \quad (2)$$

Em que:

R_{fg} : taxa livre de risco global;

R_c : prêmio de risco-país;

βC_{LG} : sensibilidade do mercado brasileiro frente ao mercado global;

β_{GG} : risco específico do setor agrícola;

R_{MG} retorno esperado do mercado global;

R^2 : coeficiente de determinação entre os mercados global e doméstico.

Os parâmetros do AH-CAPM foram coletados em bases públicas e provedores de mercado em datas de referência consistentes por safra/ano (informadas na Tabela 4), buscando reduzir vieses de *timing*. Quando a série anual não estava disponível, utilizou-se a média do período do ano agrícola correspondente. Essa padronização é importante porque a TMA é sensível à taxa livre de risco, prêmio de risco e risco-país.

A aplicação do AH-CAPM resultou em uma estimativa de 8,60% ao ano para o custo do capital próprio. Como essa taxa representa o retorno exigido

pelo capital próprio, e não necessariamente o custo de todas as fontes de recursos utilizadas na propriedade, ela foi considerada como um dos componentes do custo médio ponderado de capital.

A estrutura de capital considerada no cálculo foi composta por capital próprio e capital de terceiros, correspondentes a aproximadamente 91,06% e 8,94% do capital total, respectivamente. Esses percentuais foram utilizados para ponderar os custos das respectivas fontes de financiamento no cálculo do Custo Médio Ponderado de Capital (WACC).

$$WACC = \frac{E}{E + D} \times K_e + \frac{D}{E + D} \times K_d \quad (3)$$

Em que E representa a participação do capital próprio na estrutura de financiamento da propriedade, enquanto (D) corresponde à participação do capital de terceiros. O termo K_e representa o custo do capital próprio, estimado por meio do modelo AH-CAPM, e K_d corresponde ao custo do capital de terceiros, determinado com base na taxa média de juros dos financiamentos utilizados. O WACC é obtido pela ponderação dos custos dessas fontes de capital de acordo com suas respectivas participações na estrutura de financiamento, permitindo estimar o custo médio do capital empregado na atividade agrícola.

Para o capital de terceiros, foi considerada a taxa média de financiamento de 12,5% ao ano. O WACC foi calculado sem ajuste tributário sobre o custo da dívida, conforme o critério metodológico adotado no estudo para a composição da taxa. A taxa final adotada para o cálculo do encargo de capital foi de 8,94% ao ano, conforme o valor utilizado na análise. Essa taxa foi aplicada ao capital investido para determinar o encargo de capital deduzido do NOPAT no cálculo do EVA.

2.3.2 Capital investido

O capital investido foi definido com base nos ativos operacionais de longo prazo utilizados na atividade agrícola e na terra própria. Foram incluídos máquinas, implementos e benfeitorias, mensurados pelo valor contábil líquido,

correspondente ao custo de aquisição deduzido da depreciação acumulada, conforme os registros patrimoniais da propriedade. Os valores foram padronizados por hectare, considerando a utilização integrada dos ativos no sistema produtivo.

A terra própria foi incorporada ao capital investido com base em seu valor de mercado, considerando sua importância como recurso produtivo e seu custo de oportunidade, mesmo na ausência de desembolso financeiro com arrendamento. Dessa forma, buscou-se representar o valor econômico da terra utilizada na produção, evitando que sua ausência de custo explícito resultasse em uma subestimação do capital empregado na atividade.

O capital de giro operacional líquido, definido como a diferença entre os ativos circulantes operacionais e os passivos circulantes operacionais espontâneos, não foi incluído no cálculo devido à ausência de registros padronizados e comparáveis entre as safras. Essa limitação pode resultar em subestimação do capital investido e, conseqüentemente, superestimação do EVA. Assim, a análise contempla os ativos operacionais de longo prazo e a terra própria, mas não incorpora uma mensuração específica do capital de giro operacional líquido, aspecto que deve ser considerado na interpretação dos resultados e na comparação com estudos que adotem uma definição mais abrangente de capital investido.

2.4 Análise de sensibilidade

A simulação de Monte Carlo foi utilizada para avaliar a incerteza associada ao desempenho econômico do sistema produtivo, considerando a variabilidade dos preços agrícolas, da produtividade e dos custos operacionais, variáveis que influenciam diretamente o EVA.

Para estimar as distribuições de probabilidade, utilizou-se uma série histórica de 2004 a 2025 (Conab, 2025). Os preços e custos foram deflacionados pelo IPCA para reais constantes de 2025, enquanto a produtividade foi expressa em unidades físicas por hectare. Essa padronização buscou reduzir os efeitos da inflação sobre a variabilidade das séries monetárias.

A seleção das distribuições foi realizada por meio do recurso Fit Comparison do software @RISK, versão 8.1, que compara distribuições candidatas aos dados observados. Com base nos resultados dessa análise, foram adotadas distribuições normais para os preços, a produtividade e os custos operacionais. O capital investido foi mantido fixo, sem atribuição de distribuição probabilística, de modo que a análise de incerteza se concentrou nas variáveis operacionais.

As simulações foram executadas com 10.000 iterações, tendo o EVA, expresso em reais por hectare, como variável de saída. Foram calculados o EVA médio, os percentis P5, P50 e P95 e a probabilidade de ocorrência de EVA negativo. O EVA médio representou o resultado esperado, o P50 correspondeu à mediana e os percentis P5 e P95 indicaram os limites inferior e superior da distribuição simulada. A probabilidade de EVA negativo foi utilizada para avaliar o risco de destruição de valor econômico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do desempenho econômico do sistema de sucessão soja e milho

A Tabela 2 evidencia elevada variabilidade tanto na produtividade quanto nos preços médios da soja e do milho ao longo do período 2021–2025. Em 2022, destaca-se a redução na produtividade da soja, associada à ocorrência do evento La Niña, que afetou negativamente importantes regiões produtoras. Apesar da perda de produtividade, os preços médios da soja e do milho atingiram patamares elevados nesse mesmo ano. Tal comportamento decorre da convergência entre choques de oferta e de custos em um contexto de estoques globais reduzidos, fragilizados ao longo do período pandêmico por disrupções logísticas e maior sensibilidade dos mercados agrícolas (Elleby et al., 2020).

Nesse ambiente, os impactos da guerra na Ucrânia sobre os mercados internacionais de grãos, energia e fertilizantes intensificaram a pressão sobre os preços agrícolas, enquanto a desvalorização cambial no Brasil ampliou a transmissão desses choques para o mercado interno (Elleby et al., 2020; Glauben et al., 2022; Baffes; Kabundi, 2023). Esse mesmo contexto contribuiu

para a elevação dos custos de produção no período, conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 2 - Produtividade e preços médios observados em propriedade rural com sucessão soja e milho (2021–2025).

Variável	Unidade	2021	2022	2023	2024	2025
Soja						
Área	ha	1080	1080	1080	1430	1430
Produtividade	sc/ha	32,13	9,02	50,16	31,56	43,62
Preço médio	R\$/sc	181,90	187,25	160,50	124,31	125,02
Receita Bruta	R\$/ha	5.843,76	1.688,36	8.050,93	3.923,71	5.453,75
Milho						
Área	ha	1080	1080	1080	1430	1430
Produtividade (sc/ha)	sc/ha	25,51	68,03	72,78	42,56	88,97
Preço médio (R\$/sc)	R\$/sc	95,70	84,46	47,35	61,46	55,35
Receita Bruta (R\$/ha)	R\$/ha	2.440,91	5.745,53	3.446,12	2.616,03	4.924,47
Receita Bruta Soja + Milho		8.284,67	7.433,89	11.497,05	6.539,74	10.378,22

Fonte: Elaboração própria.

Entre 2021 e 2023, o custo operacional da soja aumentou aproximadamente 65,6%, passando de R\$ 2.993,58/ha para R\$ 4.956,47/ha. Esse aumento foi acompanhado pela elevação dos gastos com fertilizantes, que passaram de R\$ 913,35/ha, em 2022, para R\$ 1.542,86/ha, em 2023, representando um acréscimo de aproximadamente 68,9%. A expressiva participação desse insumo nos custos variáveis evidencia a relevância dos fertilizantes para a estrutura de custos da cultura.

Nesse contexto, a dependência brasileira de fertilizantes importados, especialmente de fontes potássicas e nitrogenadas, amplia a exposição do setor agrícola às oscilações dos mercados internacionais e às disrupções nas cadeias de suprimento, constituindo um importante canal de transmissão de choques externos para os custos de produção (Glauben et al., 2022; Vos et al., 2025).

Tabela 3 - Composição dos custos operacionais por hectare nas culturas de soja e milho (2021–2025).

Safras	2021		2022		2023		2024		2025	
	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO
A. Custos Variáveis	2.240,22	2.210,09	2.370,38	2.871,28	4.119,40	2.648,23	2.335,54	2.055,74	2.381,84	1.784,71
Fertilizantes	730,36	651,08	913,35	1.064,83	1.542,86	890,38	767,57	773,86	777,29	572,55
Sementes	386,91	588,53	588,41	768,93	784,62	1.025,08	542,00	744,79	648,97	514,68
Combustível e Lubrificantes	312,80	245,77	381,31	192,28	336,16	264,13	274,54	215,71	167,28	208,20
Herbicida	294,74	157,70	261,22	441,98	762,70	80,98	301,71	78,79	379,44	59,12
Fungicida	147,06	0,00	84,67	0,00	348,81	26,08	76,39	0,00	81,12	0,00
Inseticida	128,84	392,74	23,03	163,31	117,45	191,33	217,13	77,62	192,80	105,43
Corretivos	5,01	43,41	8,91	41,42	12,53	39,60	12,74	12,74	36,03	15,40
Adjuvante	57,55	26,14	58,10	2,87	37,77	43,90	34,79	5,83	31,73	14,61
Nutrição foliar	25,34	4,22	15,00	25,62	45,95	26,13	0,00	8,68	11,13	14,45
Transporte Externo	36,24	0,00	0,00	16,42	12,92	0,00	7,18	5,64	9,16	10,70
Despesas de armazenagem	65,07	50,20	21,97	139,19	108,04	51,04	77,59	108,18	36,05	258,74
Despesas Administrativas	50,30	50,30	14,43	14,43	9,60	9,60	23,90	23,90	10,82	10,82
B. Custos Fixos	753,36	687,52	813,39	743,67	837,07	747,47	973,35	901,80	940,28	877,84
Depreciação	99,68	78,32	104,04	81,74	162,71	127,85	150,14	117,97	144,14	113,25
Manutenção de máquinas	207,61	163,12	221,32	173,89	255,43	200,69	183,74	144,37	147,25	115,70
Encargos sociais	21,00	21,00	23,29	23,29	26,29	26,29	30,34	30,34	24,73	24,73
Mão de obra fixa	39,14	39,14	63,77	63,77	48,90	48,90	55,55	55,55	69,46	69,46
Arrendamento	385,93	385,93	400,97	400,97	343,74	343,74	553,58	553,58	554,70	554,70
C. Custo Operacional (A+B)	2.993,58	2.897,61	3.183,77	3.614,95	4.956,47	3.395,70	3.308,89	2.957,54	3.322,11	2.662,55

Fonte: Elaboração própria.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi estimada com base no modelo CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM). Na Tabela 4, são apresentados os parâmetros utilizados na estimativa, incluindo a taxa livre de risco, o risco-país, o beta ajustado e o retorno de mercado. A aplicação do modelo resultou em um custo do capital próprio de 8,60% ao ano. Para o cálculo do Valor Econômico Adicionado (EVA), utilizou-se o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC), de 8,94% ao ano, calculado com base nos custos do capital próprio e de terceiros e na estrutura de capital considerada no estudo.

Tabela 4 - Descrição das variáveis e valores usados na aplicação do modelo AH-CAPM para definir taxa mínima de atratividade.

Variável	Valor
Taxa Livre de Risco Global (Rfg)	4,41% ⁽¹⁾
Risco País (Rc)	2,25% ⁽²⁾
Beta País (β CLG)	0.8440 ⁽³⁾
Beta Setor Agrícola (β GG)	0.57 ⁽⁴⁾
Retorno Mercado Global (RMG)	10,17% ⁽⁵⁾
Coeficiente de determinação	0,35 ⁽⁶⁾
Custo do capital próprio (AH-CAPM)	8,60%

(1) <https://www.treasury.gov>; (2) <http://www.ipeadata.gov.br>; (3) <http://investing.com> e <http://msci.com>; (4) <http://pages.stern.nyu.edu>; (5) <http://msci.com>; (6) <http://investing.com> e <http://www.ipeadata.gov.br>.

Fonte: Elaboração própria.

A análise do EVA, apresentada na Tabela 5, foi realizada inicialmente por cultura, permitindo avaliar separadamente os resultados das culturas ao longo do período de 2021 a 2025. Embora o sistema registre, em alguns anos, resultados operacionais positivos, a criação de valor, medida pelo EVA, ocorre de forma pontual e concentrada.

A soja se destaca como principal geradora de valor, com EVA positivo em três das cinco safras (2021, 2023 e 2025). No entanto, também demonstrou vulnerabilidade nos anos de 2022 e 2024, com destaque para 2022, em que o seguro agrícola teve papel crucial na mitigação das perdas diante de uma quebra de safra.

Tabela 5 - Valor Econômico Agregado (EVA) por safra do sistema de sucessão soja e milho safrinha (2021–2025).

Safra	2021		2022		2023		2024		2025	
	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO	SOJA	MILHO
Receita Operacional Bruta (R\$/ha)	5.843,76	2.440,91	1.688,36	5.745,53	8.050,93	3.446,12	3.923,71	2.616,03	5.453,75	4.924,47
Deduções (impostos) (R\$/ha)	11,69	4,88	3,38	11,49	16,10	6,89	7,85	5,23	10,91	9,85
Outras receitas (Seguro + PDAGRO)	12,41	424,02	1.930,01	45,64	0,00	374,24	319,89	319,89	35,54	14,73
Receita Operacional Líquida (R\$/ha)	5.844,48	2.860,05	3.614,99	5.779,68	8.034,82	3.813,47	4.235,75	2.930,68	5.478,38	4.929,35
Custos e despesas variáveis (R\$/ha)	2240,22	2210,09	2370,38	2871,28	4119,40	2648,23	2335,54	2055,74	2381,84	1784,71
Custo fixo (R\$/ha)	753,36	687,52	813,39	743,67	837,07	747,47	973,35	901,80	940,28	877,84
Custo Operacional da safra (R\$/ha)	2.993,58	2.897,61	3.183,77	3.614,95	4.956,47	3.395,70	3.308,89	2.957,54	3.322,11	2.662,55
Lucro Operacional (R\$/ha)	2.850,90	(37,56)	431,21	2.164,73	3.078,35	417,77	926,86	(26,86)	2.156,27	2.266,80
Provisão IR (R\$/ha)	784,00		118,58	595,30	846,55		254,89		592,97	623,37
NOPAT (R\$/ha)	2.066,90	(37,56)	312,63	1.569,43	2.231,81	417,77	671,98	(26,86)	1.563,29	1.643,43
Margem Operacional (%)	48,78%	-1,31%	11,93%	37,45%	38,31%	10,96%	21,88%	-0,92%	39,36%	45,99%
ROI (%)	13,01%	-0,24%	2,06%	10,59%	15,42%	3,01%	6,12%	-0,26%	15,04%	16,30%
WACC (%)	8,94%	8,94%	8,94%	8,94%	8,94%	8,94%	8,94%	8,94%	8,94%	8,94%
Spread Econômico (%)	4,07%	-9,18%	-6,88%	1,65%	6,48%	-5,93%	-2,82%	-9,20%	6,10%	7,36%
Capital Investido (R\$/ha)	15.881,47	5.342,51	15.172,04	14.816,59	14.475,90	13.860,85	10.976,21	10.468,12	10.396,70	10.083,38
EVA (R\$/ha)	647,10	(1.409,18)	(1.043,75)	244,83	937,66	(821,39)	(309,30)	(962,71)	633,83	741,98

Fonte:

Elaboração

própria.

Por outro lado, o milho safrinha apresentou desempenho inferior, com EVA negativo em três dos cinco anos, revelando-se, na maior parte do período, uma cultura economicamente inviável sob a ótica do valor. Apesar de sua contribuição para a receita bruta e diluição de custos fixos, o retorno gerado pelo milho foi insuficiente para cobrir o custo do capital investido, especialmente quando se considera o valor da terra, das máquinas e demais ativos imobilizados. A exceção foi o ano de 2025, quando um NOPAT elevado proporcionou a reversão desse quadro.

O resultado inferior do milho é compatível com a combinação de maior risco climático na janela da safrinha, maior variabilidade de produtividade e custos que não se reduzem proporcionalmente em anos ruins, comprimindo o retorno econômico.

Tabela 6 - Indicadores econômicos e Valor Econômico Agregado (EVA) da propriedade rural com sistema de sucessão soja e milho safrinha (2021–2025).

Ano	RB ⁽¹⁾	CO ⁽²⁾	NOPAT ⁽³⁾	CI ⁽⁴⁾	EVA
	R\$/ha.....				
2021	8.284,67	5.891,19	2.029,34	R\$ 31.223,98	(762,08)
2022	7.433,89	6.798,72	1.882,06	R\$ 29.988,63	(798,93)
2023	11.497,05	8.352,17	2.649,58	R\$ 28.336,75	116,27
2024	6.539,74	6.266,43	645,12	R\$ 21.444,33	(1.272,01)
2025	10.378,22	5.984,66	3.206,72	R\$ 20.480,07	1.375,80

⁽¹⁾ Receita Bruta; ⁽²⁾ Custo operacional, ⁽³⁾ Lucro Operacional Líquido Após os Impostos; ⁽⁴⁾ Capital investido.

Fonte: Elaboração própria.

A análise do EVA anual (Tabela 6) demonstra que o sistema de produção gerou valor econômico em apenas dois dos cinco anos analisados. Esse resultado evidencia que a obtenção de lucro operacional não garante a criação de valor, uma vez que, em parte das safras, o retorno gerado pela atividade não foi suficiente para remunerar integralmente o capital investido, considerando seu custo de oportunidade, representado pelo WACC.

É importante destacar que esse resultado se refere à distribuição dos valores de EVA obtidos por meio da simulação de Monte Carlo, considerando

as premissas e distribuições de probabilidade adotadas no modelo, e não à frequência de destruição de valor observada nas cinco safras analisadas historicamente. Enquanto a análise histórica identificou EVA positivo em dois dos cinco anos, a simulação permitiu avaliar a probabilidade de ocorrência de resultados negativos em diferentes cenários de preços, produtividade e custos operacionais.

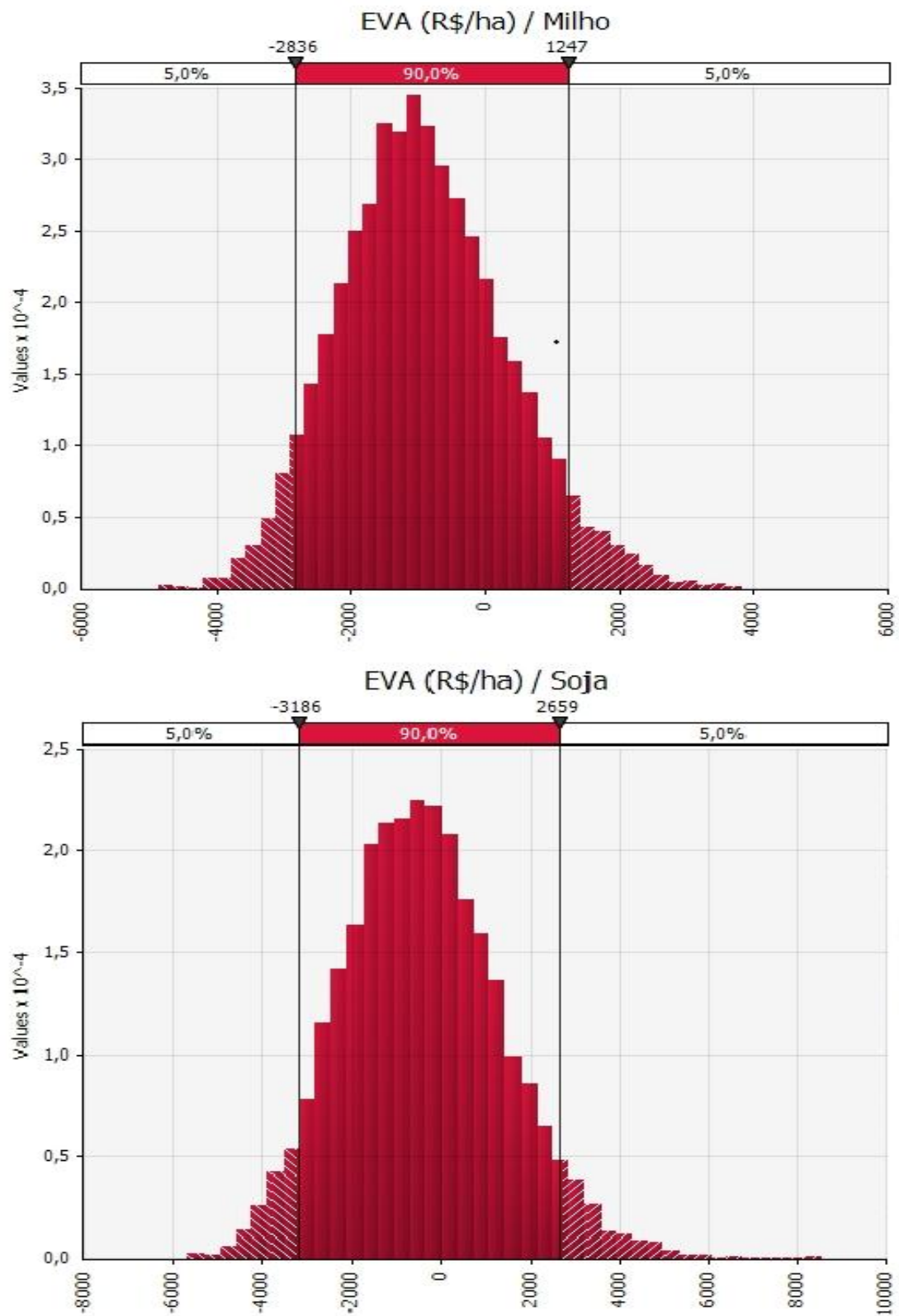
3.2 Análise de sensibilidade

A simulação de Monte Carlo foi realizada com 10.000 iterações, permitindo avaliar a variabilidade do Valor Econômico Agregado (EVA) diante de diferentes combinações de preços, produtividades e custos operacionais. Conforme apresentado na Tabela 7, foram obtidas medidas descritivas da distribuição dos valores simulados para a soja, o milho e a propriedade rural. Complementarmente, a Figura 13 apresenta as distribuições simuladas do EVA para as culturas da soja e do milho, permitindo visualizar a dispersão dos resultados e os intervalos compreendidos entre os quantis de 5% e 95%.

Para a soja, o EVA médio simulado foi de -R\$ 397,50/ha, com mediana de -R\$ 495,42/ha e desvio-padrão de R\$ 1.811,86/ha. O intervalo entre os quantis de 5% e 95% variou de -R\$ 3.263,00/ha a R\$ 2.706,00/ha, evidenciando elevada dispersão dos resultados e a possibilidade tanto de criação quanto de destruição expressiva de valor econômico.

No milho, o EVA médio foi de -R\$ 900,01/ha, com mediana de -R\$ 979,70/ha e desvio-padrão de R\$ 1.258,45/ha. O intervalo central de 90% dos resultados variou de -R\$ 2.837,00/ha a R\$ 1.273,00/ha. Conforme apresentado na Tabela 7 e na Figura 13, embora o milho tenha apresentado menor dispersão absoluta dos resultados simulados, seu EVA médio mais negativo indica desempenho econômico menos favorável do que o da soja nas condições consideradas na simulação.

Figura 13 - Distribuição de frequência dos valores simulados de EVA por hectare do sistema de produção de soja e milho safrinha.



Fonte: Elaboração própria.

Considerando o sistema produtivo como um todo, o EVA médio simulado foi de -R\$ 1.297,51/ha, com mediana de -R\$ 1.382,27/ha e desvio-padrão de R\$ 2.204,51/ha (Tabela 7). Os quantis de 5% e 95% delimitaram um intervalo entre -R\$ 4.810,00/ha e R\$ 2.439,00/ha, evidenciando a variabilidade dos resultados e a possibilidade tanto de destruição quanto de criação de valor econômico. Em conjunto, os resultados indicam um desempenho econômico médio desfavorável, reforçando a importância de considerar as incertezas relacionadas aos preços, à produtividade e aos custos de produção na avaliação do sistema de sucessão soja-milho safrinha, conforme ilustrado na Figura 13.

Tabela 7 - Resumo das medidas simuladas do EVA para o sistema de sucessão soja e milho safrinha.

Medidas	EVA SOJA	EVA MILHO	EVA Propriedade rural
	(R\$/ha).....		
Mínimo	-6.567,65	-4.766,40	-8.555,30
Máximo	7.383,26	5.588,07	7.697,01
Média	-397,50	-900,01	-1.297,51
Moda	-96,56	-905,55	-1.788,71
Mediana	-495,42	-979,70	-1.382,27
Desvio padrão	1.811,86	1.258,45	2.204,51
Curtose	3,17	3,18	3,13
Quantil 5%	-3.263,00	-2.837,00	-4.810,00
Quantil 95%	2.706,00	1.273,00	2.439,00

Fonte: Elaboração própria.

A probabilidade de destruição de valor econômico, definida pela ocorrência de EVA inferior a zero, foi de 73,1% para a propriedade rural, considerando o sistema integrado de sucessão soja e milho safrinha (Tabela 8). Esse resultado indica que, nas condições e premissas adotadas na simulação de Monte Carlo, predominam cenários em que o retorno econômico não é suficiente para cobrir integralmente o custo do capital investido.

A análise individual das culturas revela diferenças tanto no desempenho econômico médio quanto na frequência de destruição de valor. Para a soja, a probabilidade de EVA negativo foi de 60,6%, enquanto para o milho esse percentual atingiu 77,1% (Tabela 8). Portanto, o milho apresentou maior frequência de cenários com destruição de valor econômico, indicando maior

recorrência de resultados insuficientes para remunerar o capital investido nas condições simuladas.

O desempenho econômico menos favorável do milho em relação à soja pode estar relacionado às condições climáticas mais restritivas da segunda safra. Andrea et al. (2018) destacam a disponibilidade hídrica e a temperatura como fatores relevantes para a produtividade do milho no Centro-Sul brasileiro. Contudo, os resultados deste estudo não permitem atribuir diretamente o EVA mais negativo do milho ao risco climático, sendo essa uma possível explicação, e não uma causalidade comprovada.

Tabela 8 - Probabilidade de EVA R\$/ha ser negativo para cada sistema de produção.

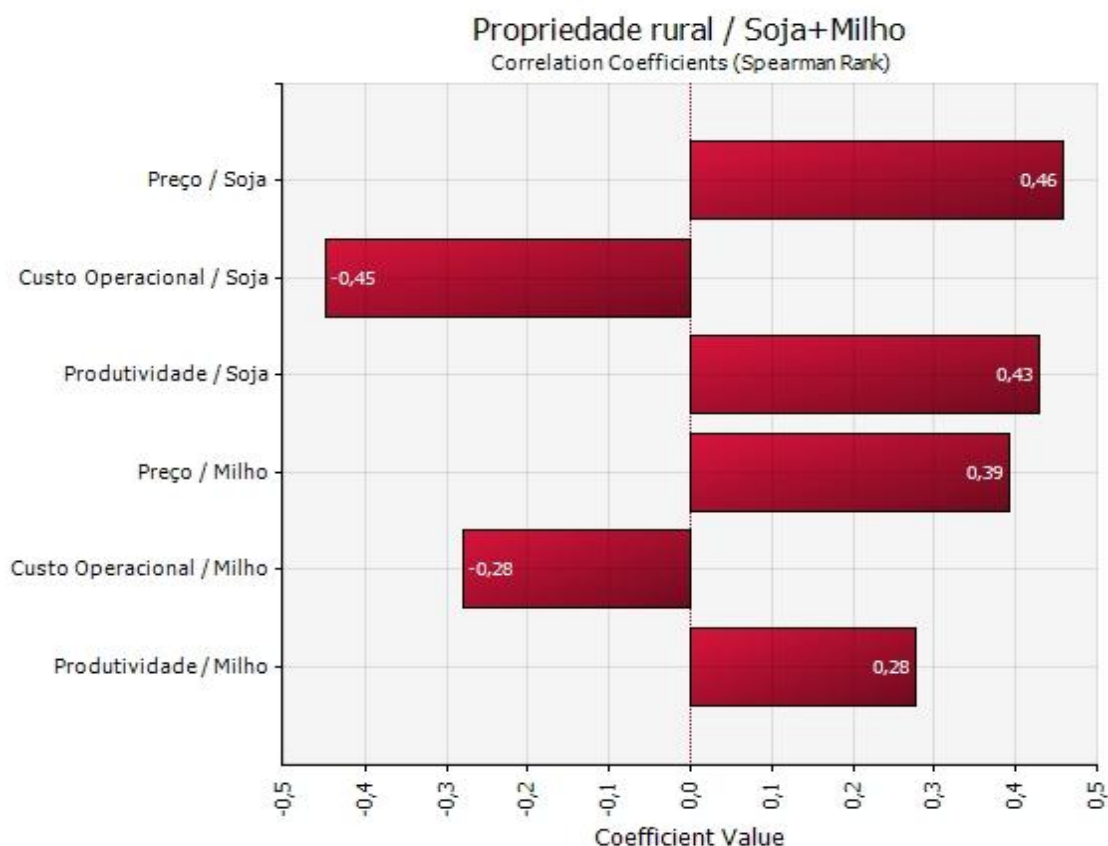
Sistema de produção	Probabilidade de EVA <0
SOJA	60,6 %
MILHO	77,1 %
Propriedade rural (Soja + Milho)	73,1%

Fonte: Elaboração própria.

A análise de correlação de *Spearman* (Figura 14) indica que o preço da soja (0,46), o custo operacional da soja (-0,45) e a produtividade da soja (0,43) apresentam as associações de maior magnitude com o EVA da propriedade rural no sistema de sucessão soja e milho safrinha. O preço do milho também apresenta associação positiva (0,39), enquanto o custo operacional do milho (-0,28) e sua produtividade (0,28) apresentam coeficientes de menor magnitude.

As associações positivas observadas para os preços e as produtividades indicam que valores mais elevados dessas variáveis tendem a estar associados a maiores valores de EVA. Em contrapartida, os coeficientes negativos dos custos operacionais sugerem que o aumento desses custos tende a estar associado à redução do valor econômico agregado.

Figura 14 - Coeficientes de correlação das variáveis sobre o EVA (R\$/ha) no sistema de sucessão soja e milho safrinha.



Fonte: Elaboração própria.

De modo geral, os resultados indicam que o EVA da propriedade rural está associado principalmente às variações no preço e nos custos operacionais da soja, bem como à sua produtividade. Esses achados reforçam a importância do acompanhamento dos preços de comercialização, da eficiência produtiva e do controle dos custos operacionais na gestão econômica do sistema de sucessão soja e milho safrinha. Entretanto, por se tratar de uma análise de correlação, os coeficientes indicam associação entre as variáveis, não permitindo estabelecer relações causais ou quantificar isoladamente o efeito de cada fator sobre o EVA.

4. CONCLUSÃO

Este estudo avaliou o desempenho econômico do sistema soja–milho em uma propriedade rural em Mato Grosso do Sul sob a ótica da criação de

valor econômico. A aplicação do Valor Econômico Agregado (EVA) permitiu evidenciar que a viabilidade operacional da atividade não garante, por si só, a geração de valor econômico ao produtor.

Os resultados da simulação de Monte Carlo indicaram maior probabilidade de destruição de valor econômico para o milho (77,1%) do que para a soja (60,6%). Além disso, o milho apresentou EVA médio mais negativo, evidenciando desempenho econômico médio menos favorável nas condições consideradas na simulação. A análise de correlação evidenciou que o preço, o custo operacional e a produtividade da soja apresentaram as associações mais relevantes com o EVA da propriedade, enquanto o milho apresentou desempenho econômico médio mais desfavorável.

Como implicação prática, os resultados indicam que a gestão agrícola deve ir além da busca por produtividade, incorporando estratégias de mitigação de riscos, controle de custos e decisões mais criteriosas sobre a alocação de capital, considerando a possibilidade de destruição de valor mesmo em sistemas operacionalmente viáveis.

Ressalta-se que o período analisado (2021 a 2025) compreende condições econômicas específicas, que podem ter influenciado os preços agrícolas e os custos de produção. Assim, análises de longo prazo são recomendadas para verificar a persistência dos resultados observados.

Como limitações, destacam-se o caráter de estudo de caso, restrito a uma única propriedade rural, e a aproximação do NOPAT por meio de uma alíquota padronizada. Pesquisas futuras poderão ampliar a amostra de propriedades, aprimorar a estimativa do NOPAT com base na apuração tributária efetiva, incorporar o capital de giro e avaliar estratégias de gestão de risco, como seguro agrícola, hedge e escalonamento de vendas, além de alternativas agronômicas para o milho safrinha.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M., SPAROVEK, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

- ANDREA, M. C. da S.; BOOTE, K. J.; SENTELHAS, P. C.; ROMANELLI, T. L. Variability and limitations of maize production in Brazil: Potential yield, water-limited yield and yield gaps. **Agricultural Systems**, v. 165, p. 264–273, 2018.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L.; SILVA, L. X. Costs management in maize and soybean production. **Review of Business Management**, v. 20, n. 2, p. 273–294, 2018.
- ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Atlas, 2014.
- BAFFES, J.; KABUNDI, A. Commodity price shocks: Order within chaos? **Resources Policy**, v. 83, 2023. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103640.
- BATTISTI, R.; FERREIRA, M.D.P.; TAVARES, E.B.; KNAPP, F.B.; BENDER, F.D.; CASAROLI, D.; JÚNIOR, J.A. Rules for grown soybean-maize cropping system in Midwestern Brazil: Food production and economic profits. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 102850, 2020.
- BILALI, H.; BEN HASSEN, T. Disrupted harvests: how Ukraine–Russia war influences global food systems – a systematic review. **Policy Studies**, 2024. DOI: 10.1080/01442872.2024.2329587.
- CATTELAN, A. J.; AGNOL, A. D. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds & Fats Crops and Lipids**, v. 25, 2018. DOI: 10.1051/ocl/2017058
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Portal de informações agropecuárias. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em 05 jan. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab. -- Brasília: Conab, 2010. p. 60.
- ECKERT, C.; FRIGO, E.; ALBRECHT, L.; ALBRECHT, A.; CHRIST, D.; SANTOS, W.; BERKEMBROCK, E.; EGEWARTH, V. Maize ethanol production in Brazil: Characteristics and perspectives. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 3907–3912, 2018.
- ELLEBY, C.; DOMÍNGUEZ, I. P.; ADENAUER, M.; GENOVESE, G. *Impacts of the COVID-19 pandemic on the global agricultural markets*. **Environmental and Resource Economics**, Dordrecht, v. 76, n. 4, p. 1067–1079, 2020.
- FAMA, E.F. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. **The Journal of Finance**, New York, v. 25, n. 2, p. 383–417, 1970.
- FISHER, E. A.; FARIAS, J. R. B.; DOURADO NETO, D. Classificação climática do Estado de Mato Grosso do Sul segundo o sistema de Köppen. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 181–188, 2008.

GLAUBEN, T.; SVANIDZE, M.; GÖTZ, L.; PREHN, S.; JAGHDANI, T. J.; ĐURIĆ, I.; KUHN, L. The war in Ukraine, agricultural trade and risks to global food security. **Intereconomics**, v. 57, p. 157–163, 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal 2025. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/soja/br>. Acesso em 05 jan. 2025.

LUKUYU, J.M., BLANCHARD, R.E., ROWLEY, P.N., 2019. A risk-adjusted techno-economic analysis for renewable-based milk cooling in remote dairy farming communities in East Africa. **Renewable Energy**, v.130, p.700–713.

NÓIA JÚNIOR, R. S.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize succession in Brazil: Impacts of sowing dates on climate variability, yields, and economic profitability. **European Journal of Agronomy**, v. 103, p. 140–151, 2019.

PAUDEL, D.; NEUPANE, R.C.; SIGDEL, S.; POUDEL, P. KHANAL, A.R. COVID-19 Pandemic, Climate Change, and Conflicts on Agriculture: A Trio of Challenges to Global Food Security, **Sustentabilidade**, v.15, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15108280>.

PEREIRO, L. E. Valuation of companies in emerging markets: a practical approach. New York: John Wiley & Sons, 2002.

PÓVOA, A. Valuation: **Como precificar ações, aumentar valor e gerenciar riscos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

RAPPAPORT, A. **Creating shareholder value: the new standard for business performance.** New York, N.Y.: The Free Press. 270 p., 1986.

RICHETTI, A.; CECCON, G. Viabilidade econômica da cultura do milho safrinha 2021, em Mato Grosso do Sul. **Comunicado Técnico**, n. 260, Embrapa, 2020.

ROSS, STEPHEN A.; WESTERFIELD, RANDOLPH W.; JAFFE, JEFFREY. **Corporate Finance.** 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

SANTOS, D.G.; SILVA, E.C.; BASSO, L.C.; MARTINS, V.H. Indicadores econômicos aplicados à gestão de propriedades rurais: um estudo em sistemas agrícolas do Centro-Oeste. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 16, n. 3, p. 187–206, 2020.

SILVA, E. H. F. M.; ANTOLIN, L. A. S.; ZANON, A. J.; ANDRADE, A. S.; SOUZA, H. A.; CARVALHO, K. S.; VIEIRA, N. A.; MARIN, F. R. Impact assessment of soybean yield and water productivity in Brazil due to climate change. **European Journal of Agronomy**, v. 129, 2021.

STERN, J.M.; STEWART, G. B. **The quest for value: the EVA management guide.** New York: HarperBusiness, 1991.

TEIXEIRA, E.; CUNHA, M. B. Estimação do custo de capital próprio no Brasil: uma análise crítica do CAPM. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, v. 28, n. 74, p. 326–340, 2017.

TOLÓI, J.C.; BARROS, G.S.C.; BACCHI, M.R.P. Cadeias produtivas agrícolas e inserção internacional do agronegócio brasileiro. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 47–66, 2021.

CAPÍTULO 4 - AMENDOIM COMO OPÇÃO DE DIVERSIFICAÇÃO EM MATO GROSSO DO SUL: UMA ANÁLISE DE INVESTIMENTO COM TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

Resumo: A volatilidade dos preços da soja e do milho, o aumento dos custos de produção e as incertezas de mercado têm estimulado a busca por alternativas de diversificação produtiva em propriedades baseadas na sucessão soja e milho. Nesse contexto, o cultivo do amendoim tem se destacado em Mato Grosso do Sul como alternativa para diversificar esses sistemas. Este estudo avaliou a viabilidade econômica da diversificação produtiva por meio do cultivo de amendoim em uma propriedade rural localizada no estado, utilizando métodos tradicionais de análise de investimentos e a Teoria das Opções Reais (TOR). A análise considerou a substituição parcial da área cultivada com soja pelo amendoim em um horizonte de dez anos. Os resultados demonstraram que o investimento é economicamente viável e que a incorporação da flexibilidade gerencial pela TOR altera a avaliação do projeto em relação aos métodos tradicionais. Conclui-se que a Teoria das Opções Reais constitui uma abordagem complementar aos métodos tradicionais ao incorporar o valor da flexibilidade gerencial, proporcionando uma avaliação mais abrangente da diversificação produtiva em ambientes de incerteza.

Palavras-chave: sustentabilidade financeira; análise de investimentos; investimento sob incerteza; lucratividade; gestão de risco.

Abstract: Soybean and corn price volatility, rising production costs, and market uncertainty have increased interest in production diversification strategies for farms based on soybean–corn succession systems. In this context, peanut cultivation has emerged as a promising alternative for diversifying these production systems in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. This study evaluated the economic feasibility of production diversification through peanut cultivation on a rural property located in the state, using traditional investment appraisal methods and Real Options Theory (ROT). The analysis considered the partial replacement of the soybean cultivation area with peanuts over a ten-year planning horizon. The results showed that the investment is economically feasible and that incorporating managerial flexibility through Real Options Theory changes the project evaluation compared with traditional investment appraisal methods. It is concluded that Real Options Theory represents a complementary approach to traditional investment appraisal by incorporating the value of managerial flexibility, thereby providing a more comprehensive evaluation of production diversification under conditions of uncertainty.

Keywords: Financial sustainability; investment analysis; investment under uncertainty; profitability; risk management.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de sucessão soja e milho safrinha constitui um dos principais modelos produtivos do agronegócio brasileiro, contribuindo para a oferta global de commodities agrícolas e para a geração de renda no setor rural. Impulsionado por avanços tecnológicos, expansão da fronteira agrícola e intensificação do uso da terra, esse sistema contribuiu para posicionar o Brasil entre os maiores produtores mundiais de soja e milho (Avileis; Mallory, 2022; Battisti et al., 2020). Contudo, essa elevada especialização produtiva expõe os produtores rurais a crescentes riscos econômicos, decorrentes da volatilidade dos preços, variações cambiais, aumento dos custos de insumos dolarizados e impactos das mudanças climáticas (Glauben et al., 2022).

Eventos recentes, como a pandemia da COVID-19 e o conflito entre Rússia e Ucrânia, exacerbaram a desorganização logística global e as pressões sobre os mercados internacionais de fertilizantes e commodities, intensificando a instabilidade e os custos de produção (Glauben et al., 2022; Baffes; Kabundi, 2023). Nesse cenário de incerteza e complexidade, a diversificação produtiva passou a ser considerada uma alternativa para fortalecer a resiliência econômica das propriedades rurais, reduzindo a exposição às oscilações de mercado.

A diversificação de sistemas agrícolas não apenas reduz a dependência econômica de uma única commodity, mas também promove maior capacidade de adaptação a desafios e amplia a flexibilidade produtiva. Agronomicamente, sistemas diversificados favorecem a ciclagem de nutrientes, melhoram as condições físicas e biológicas do solo e minimizam riscos fitossanitários associados à monocultura (Glaudin et al., 2015; Tamburini et al., 2020).

O cultivo do amendoim tem emergido como uma alternativa promissora para a diversificação agrícola no Brasil, particularmente no estado de Mato Grosso do Sul. Entre as safras 2023/24 e 2024/25, a área cultivada no estado mais que dobrou, e a produção triplicou, impulsionada pela valorização do arrendamento de terras em São Paulo e pela queda nos preços da soja (ZÓZ et al., 2021; IBGE, 2025).

No entanto, a decisão de adotar novos sistemas produtivos, como a inserção do cultivo de amendoim, envolve incertezas econômicas, incluindo

custos de adaptação, necessidade de capital inicial e riscos associados à rentabilidade futura. Dessa forma, metodologias tradicionais de análise de investimento, como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), permanecem amplamente utilizadas devido à sua relevância na avaliação da viabilidade econômica de projetos. Contudo, tais métodos assumem, em geral, condições mais estáticas de mercado e decisões predominantemente irreversíveis, podendo apresentar limitações na incorporação de flexibilidades gerenciais e incertezas ao longo do tempo (Zilli et al., 2020).

Regan et al. (2017) afirma que a utilização exclusiva de métodos tradicionais, como o Valor Presente Líquido, pode superestimar a atratividade econômica de sistemas alternativos ao desconsiderar fatores como irreversibilidade dos investimentos, volatilidade dos retornos e valor da flexibilidade gerencial. Essa limitação assume maior importância no setor agrícola, caracterizado por elevada volatilidade de preços, riscos climáticos e constantes mudanças nas condições de mercado.

Em contraste, a Teoria das Opções Reais (TOR) aprimora a análise tradicional de investimentos ao incorporar flexibilidades gerenciais e decisões contingenciais em ambientes de elevada volatilidade e incerteza (Dixit; Pindyck, 1994). Enquanto métodos tradicionais fornecem uma análise baseada em condições médias esperadas, a TOR permite analisar o valor associado à possibilidade de adiar, expandir ou abandonar investimentos conforme a evolução das condições de mercado.

Embora existam estudos sobre diversificação agrícola e a viabilidade econômica do amendoim, há uma lacuna na literatura quanto à avaliação da adoção dessa cultura em sistemas tradicionais de sucessão soja e milho sob a perspectiva da Teoria das Opções Reais. Partimos da hipótese de que ferramentas que integram incertezas e flexibilidades gerenciais, como a TOR, são essenciais para apoiar decisões no setor agrícola.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica da diversificação produtiva por meio do cultivo de amendoim em um sistema tradicional de sucessão soja–milho, comparando os resultados obtidos pelos métodos tradicionais de análise de investimentos e pela Teoria das Opções Reais, de modo a incorporar o valor da flexibilidade gerencial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido a partir de informações produtivas e econômicas de uma propriedade rural localizada na região centro-sul do estado de Mato Grosso do Sul, abrangendo áreas situadas nos municípios de Jateí, Vicentina e Glória de Dourados. A unidade produtiva possui aproximadamente 1.430 hectares destinados à produção agrícola em sistema de sucessão soja–milho safrinha, conduzido em regime de sequeiro.

A propriedade foi selecionada por apresentar características representativas dos sistemas de produção predominantes na região, baseados na sucessão soja–milho e na combinação de áreas próprias e arrendadas. Além disso, a disponibilidade de informações produtivas, operacionais e econômicas detalhadas possibilitou a aplicação das metodologias propostas e a realização das análises econômicas.

2.2 Delimitação do projeto e estrutura da análise

O projeto analisado consiste na diversificação do sistema produtivo mediante a substituição do cultivo de soja pelo amendoim em uma área de 100 hectares da propriedade. A área selecionada corresponde a talhões com solos de textura mais leve e menor desempenho econômico relativo da soja, características consideradas mais favoráveis ao cultivo do amendoim. A proposta do estudo não contempla a conversão integral do sistema produtivo da propriedade, mas sim a análise econômica da implantação da cultura em escala parcial, permitindo analisar sua viabilidade em condições reais de produção.

Para fins comparativos, foram estruturados dois cenários produtivos mutuamente excludentes para a mesma área analisada: (i) manutenção do sistema tradicional com cultivo de soja e (ii) substituição da soja pelo cultivo do amendoim. A segunda safra de milho foi mantida constante nos dois cenários, de modo a isolar os efeitos econômicos associados exclusivamente à alteração

da cultura de verão. Dessa forma, a análise foi conduzida sob a lógica incremental, considerando apenas as variações de receitas, custos e investimentos diretamente relacionados à implantação do amendoim.

2.3 Coleta de dados

Os dados da propriedade rural foram obtidos diretamente junto ao produtor, contemplando informações sobre produtividade, receitas, custos operacionais, utilização de máquinas e práticas de manejo da cultura da soja. Para o cultivo do amendoim, foram utilizadas informações técnicas e econômicas fornecidas pela empresa AmendoGlória, especializada na produção e comercialização da cultura na região sul de Mato Grosso do Sul.

Foram considerados parâmetros de produtividade, preços de comercialização, custos com insumos, operações mecanizadas, transporte, defensivos agrícolas e demais despesas operacionais necessárias à condução das atividades produtivas. Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas no *Microsoft Excel*® para a elaboração dos fluxos de caixa e realização das análises econômicas.

Como a propriedade já dispõe da estrutura necessária para a produção de soja, a implantação do amendoim demanda apenas a aquisição de equipamentos específicos para essa cultura. O investimento inicial foi estimado em R\$ 490.000,00, correspondentes à aquisição de um arrancador simples (R\$ 80.000,00), um transbordo para amendoim (R\$ 110.000,00) e uma colhedora dupla (R\$ 300.000,00). Para fins de análise, considerou-se que o investimento seria realizado integralmente com recursos próprios, não sendo incorporados custos financeiros decorrentes de financiamentos ou operações de crédito.

Os fluxos de caixa foram projetados para um horizonte de 10 anos, considerando as receitas e os custos operacionais estimados para cada cenário. As receitas foram calculadas com base na produtividade esperada e nos preços de comercialização, enquanto os custos incluíram insumos, operações mecanizadas, defensivos agrícolas, transporte, arrendamento e demais despesas diretamente relacionadas à produção. Para o amendoim, as premissas de produtividade e preços foram definidas a partir de informações

fornecidas por consultorias técnicas atuantes na região sul de Mato Grosso do Sul.

O fluxo de caixa operacional foi estimado a partir do lucro operacional após impostos, utilizando-se uma alíquota de 27,5%, correspondente à faixa máxima do Imposto de Renda da Pessoa Física. Essa premissa foi adotada com o objetivo de conferir maior conservadorismo à avaliação econômica do projeto.

A viabilidade econômica foi avaliada por meio dos indicadores Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Descontado. Posteriormente, a análise foi complementada pela Teoria das Opções Reais (TOR), incorporando a flexibilidade gerencial associada à decisão de investimento.

2.4 Avaliação econômica: métodos tradicionais

A primeira etapa da análise econômica consistiu na aplicação de métodos tradicionais de análise de investimentos, com destaque para o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback. O VPL foi calculado a partir do fluxo de caixa incremental gerado pela diversificação do sistema produtivo por meio do cultivo de amendoim, representando o valor presente líquido dos benefícios econômicos decorrentes desse investimento. A fórmula utilizada para o cálculo do VPL foi:

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (4)$$

Onde T : Período de análise do projeto (definido em 10 anos); FC_t : Fluxo de caixa no período t , que representa as receitas projetadas para soja, milho e amendoim; r : taxa de desconto, ajustada ao risco agrícola da região; I_0 : Investimento inicial necessário para o projeto, incluindo custos de implementação e eventuais adaptações de infraestrutura.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi estimada por meio do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (*Capital Asset Pricing Model* – CAPM), que estabelece uma relação linear entre risco e retorno esperado, permitindo determinar a taxa de retorno exigida para compensar o risco assumido (Ross;

Westerfield; Jaffe, 2002; Póvoa, 2007). A fórmula utilizada foi adaptada para o contexto agrícola brasileiro, considerando componentes específicos de risco:

$$TMA = R_{fg} + R_c + \beta C_{LG} [\beta_{GG} (R_{MG} - R_{fg})] (1 - R^2) \quad (5)$$

A TMA é estimada a partir de uma taxa livre de risco global (R_{fg}) acrescida do prêmio de risco-país (R_c) e ajustada pela sensibilidade do retorno do mercado brasileiro frente ao mercado global (βC_{LG}), bem como pelo risco operacional específico do setor (β_{GG}). O retorno esperado do mercado global (R_{MG}) representa a referência para o prêmio de risco do mercado, enquanto o coeficiente de determinação (R^2) é utilizado para ajustar eventuais ruídos na relação entre mercado doméstico e global.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) representa a taxa de retorno periódica equivalente de um investimento. De forma geral, é expressa em termos anuais e corresponde à taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao valor do investimento inicial (Ross; Westerfield; Jaffe, 2002; Assaf Neto, 2014). A TIR é obtida resolvendo a seguinte equação:

$$TIR = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1 + K)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + K)^t} \quad (6)$$

Onde: I_0 = valor do investimento do tempo zero; I_t = valor do investimento em cada período subsequente; K = taxa de rentabilidade anual equivalente periódica; FC_t = fluxo de caixa em cada período t do projeto.

O *Payback* Descontado indica o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial, considerando o valor do dinheiro no tempo. Para isso, os fluxos de caixa futuros são descontados à taxa mínima de atratividade, sendo o período de recuperação determinado quando o valor presente acumulado dos fluxos iguala o investimento inicial (Lapponi, 2000; Longmore, 1989; Rasoto et al., 2012). O PD é obtido pela seguinte condição:

$$\sum_{k=1}^j \frac{CF_k}{(1 + TMA)^k} \geq CF_0 \quad (7)$$

Onde: CF_k é o fluxo de caixa do projeto no período k ; TMA = taxa de desconto, representando a rentabilidade mínima exigida pelo projeto (Taxa Mínima de Atratividade); CF_0 = investimento inicial.

2.5 Avaliação econômica: métodos de opções reais

A Teoria de Opções Reais (TOR) surge como uma alternativa metodológica avançada em relação aos modelos tradicionais de avaliação de investimentos, como o VPL, por permitir a incorporação da flexibilidade gerencial em ambientes de incerteza (Trigeorgis, 1996; Copeland; Antikarov, 2001). Diferente do VPL, que assume decisões estáticas e irreversíveis, a TOR permite modelar decisões gerenciais, como o adiamento, a expansão, a contração ou o abandono de projetos, com base na lógica das opções financeiras.

O embasamento teórico da TOR está nos modelos propostos por Black e Scholes (1973), que desenvolveram uma fórmula para precificação de opções europeias em tempo contínuo, e por Cox, Ross e Rubinstein (1979), que estruturaram um modelo binomial em tempo discreto, aplicável a opções americanas. Apesar da ampla utilização do modelo de Black-Scholes no mercado financeiro, sua aplicação a projetos reais, especialmente no setor agrícola, apresenta limitações, uma vez que requer condições ideais de continuidade de preços, mercados líquidos e função de valor do ativo em formato analítico fechado (Amram; Kulatilaka, 1999; Brandão; Dyer, 2006).

Diante dessas limitações, este estudo adota o modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), por sua adequação à análise de projetos agrícolas em ambientes de incerteza. A abordagem representa a evolução do valor do projeto (ativo subjacente) ao longo de um número finito de períodos, considerando as oscilações das condições de mercado, aqui representadas pela volatilidade dos preços do amendoim. Ainda, o modelo possibilita incorporar a flexibilidade gerencial de forma dinâmica, permitindo avaliar decisões de investimento em diferentes momentos do horizonte de análise (Copeland; Antikarov, 2001).

2.5.1 Definição do ativo subjacente

O ativo subjacente na TOR corresponde ao próprio valor econômico do projeto de investimento sob incerteza. Neste estudo, o ativo subjacente foi representado pelo valor presente dos fluxos de caixa incrementais associados à substituição do cultivo de soja pelo amendoim em uma mesma área de 100 hectares. Esse valor econômico incremental constituiu o ponto de partida (V_0) para a construção da árvore binomial (Figura 16). A partir desse valor, estimou-se a possível evolução do projeto sob diferentes cenários futuros.

2.5.2 Estimativa da volatilidade do projeto a partir da série histórica de preços do amendoim

A volatilidade utilizada na construção da árvore binomial foi estimada a partir da série histórica anual de preços reais do amendoim, obtida junto à Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), abrangendo o período de 2005 a 2025. Os preços foram deflacionados pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), conforme a série histórica disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), com o objetivo de eliminar os efeitos da inflação e expressar os valores em termos reais. Para a estimativa da volatilidade, foram utilizados os retornos logarítmicos anuais dos preços, calculados conforme:

$$u_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \quad (8)$$

Em que S_t representa o preço observado no período t e S_{t-1} o preço do período anterior. A partir da série de retornos logarítmicos, foi estimado o retorno médio esperado, dado por:

$$u = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n u_t \quad (9)$$

em que n corresponde ao número total de observações da série. A volatilidade histórica foi estimada por meio do desvio padrão amostral dos retornos logarítmicos, conforme:

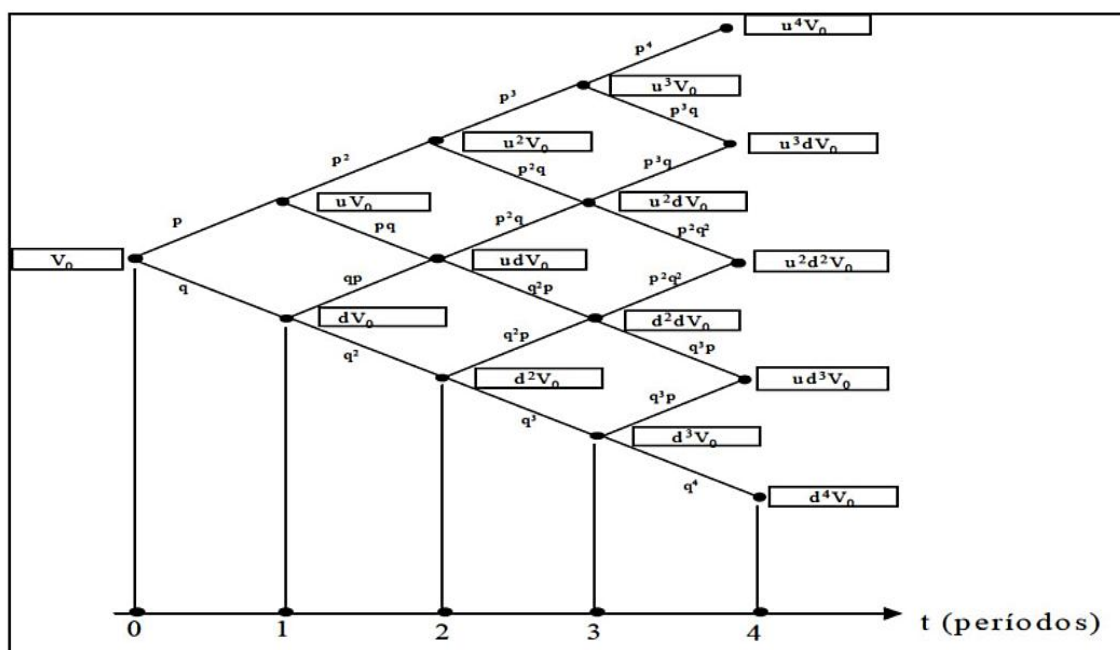
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - u)^2} \quad (10)$$

Considerando a inexistência de uma série histórica para a volatilidade do projeto analisado, a volatilidade dos preços do amendoim foi utilizada como proxy da volatilidade do ativo subjacente, procedimento semelhante ao adotado por Evangelista (2006) em estudo aplicado ao setor agropecuário. Essa abordagem baseia-se na premissa de que o preço da commodity constitui uma das principais fontes de incerteza econômica da atividade, influenciando diretamente o valor do projeto. A volatilidade estimada foi utilizada na determinação dos fatores de alta (u) e de baixa (d) da árvore binomial.

2.5.3 Aplicação do Modelo de Precificação Binomial e construção das Árvores Binomiais

A partir do valor inicial do ativo subjacente V_0 , da volatilidade estimada (σ) e da taxa de juros livre de risco (R_{fg}) previamente definidos, procedeu-se à construção da árvore binomial conforme o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979). O horizonte de análise é dividido em intervalos de tempo de duração de 10 anos, e, em cada intervalo, o valor do ativo pode evoluir segundo dois movimentos possíveis: um movimento ascendente e um movimento descendente.

Figura 15 - Representação gráfica da árvore binomial.



Fonte: Copeland & Antikarov (2001).

Os fatores de movimento ascendente (u) e descendente (d) são determinados a partir da volatilidade do ativo (σ) e do intervalo de tempo considerado, conforme as seguintes expressões:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (11)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (11)$$

em que e representa a base do logaritmo natural. O fator u corresponde a um cenário de alta no valor do projeto, enquanto d representa um cenário de baixa.

Para a valoração das opções reais por meio da árvore binomial, adota-se o princípio da ausência de arbitragem, sendo utilizadas probabilidades neutras ao risco (Cox; Ross; Rubinstein, 1979). Inicialmente, define-se o fator de capitalização associado à taxa de juros livre de risco (R_{fg})

$$a = e^{rf\sqrt{\Delta t}} \quad (12)$$

A probabilidade neutra ao risco de ocorrência de um movimento ascendente (p) é determinada por:

$$p = \frac{a - d}{u - d} \quad (13)$$

A probabilidade de ocorrência de um movimento descendente (q) é obtida por:

$$q = 1 - p \quad (14)$$

2.5.4 Flexibilidade Gerencial e Valor da Opção de Adiamento

No âmbito da TOR, decisões de investimento são tratadas como direitos, e não como obrigações, permitindo ao gestor exercer ou adiar a decisão ao longo do tempo. Diferentemente das opções do tipo europeia, cujo exercício ocorre apenas na data de vencimento, as opções do tipo americana admitem o exercício em qualquer período até a maturidade, característica compatível com decisões reais de investimento em ambientes incertos (Brealey; Myers; Allen, 2008; Hull, 1996). Segundo Dixit e Pindyck (1995), a irreversibilidade do investimento e a possibilidade de postergar a decisão conferem valor econômico à flexibilidade gerencial, sendo o adiamento uma alternativa racional diante da incerteza.

No presente estudo, a decisão de introdução do amendoim no sistema produtivo pode ser exercida ou adiada ao longo do horizonte de planejamento, sendo, portanto, modelada como uma opção real do tipo americana. O ativo subjacente é definido como o VPL incremental, enquanto o preço de exercício corresponde ao investimento necessário para a implementação da alternativa produtiva, conforme a abordagem proposta por Copeland e Antikarov (2001).

A valoração da opção de adiamento é realizada por meio de um modelo binomial, segundo Cox, Ross e Rubinstein (1979), utilizando o procedimento de indução retroativa (*backward induction*). Inicialmente, o valor de exercer a opção em cada nó da árvore é dado por:

$$O_{t,e}^{ex} = \max(S_{t,e} - K, 0) \quad (15)$$

Em que $S_{t,e}$ representa o valor do ativo subjacente no período t e posição e , e K corresponde ao preço de exercício.

O valor esperado de manter a opção ativa é calculado como a média ponderada dos valores da opção nos nós subsequentes, descontada à taxa livre de risco, conforme:

$$O_{t,e}^{cont} = e^{rf\sqrt{\Delta t}}(p \cdot O_{t+1,e+1} + (1-p) \cdot O_{t+1,e}) \quad (16)$$

em que p é a probabilidade neutra ao risco de ocorrência de alta, rf representa a taxa livre de risco e Δt corresponde ao intervalo de tempo entre os períodos.

Considerando que a opção analisada é do tipo americana, o valor da opção em cada nó da árvore é determinado pela comparação entre o valor de exercer a decisão imediatamente e o valor esperado de adiá-la, conforme a seguinte regra de decisão:

$$O_{t,e} = \text{MAX} [O_{t,e}^{ex}, O_{t,e}^{cont}] \quad (17)$$

Esse procedimento é aplicado recursivamente, do último período da árvore até $t = 0$, permitindo capturar o valor econômico da flexibilidade gerencial associada ao adiamento da decisão de investimento, o qual é posteriormente incorporado ao Valor Presente Líquido tradicional, resultando no chamado Valor Presente Líquido Expandido.

Com base no VPL tradicionalmente estimado, obtido conforme a equação (1), e de posse do valor em $t = 0$ da opção americana do respectivo projeto, obtém-se o chamado VPL expandido (VPL_{EXP}) que irá, conforme defende a TOR, refletir de forma mais adequada o valor financeiro do empreendimento:

$$(VPL_{EXP}) = \text{VPL} + O_0 \quad (18)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação econômica do investimento pelos métodos tradicionais

A análise foi conduzida considerando a substituição de 100 hectares atualmente destinados ao cultivo da soja pela cultura do amendoim. Para isso, foram estimadas as receitas potenciais de ambas as culturas a partir de parâmetros de produtividade e preços compatíveis com a realidade da propriedade e da região estudada (Tabela 9).

Tabela 9 - Parâmetros utilizados na estimativa da receita bruta das culturas de soja e amendoim.

Variável	Soja	Amendoim
Área analisada	100 há	100 há
Produtividade esperada (kg ha ⁻¹)	2.400	3.800
Preço esperado (R\$ kg ⁻¹)	2,16	3,52
Receita bruta total 100 hectares (R\$)	520.000,00	1.338.512,00

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados indicam que o amendoim possui maior capacidade de geração de receita na área avaliada. Para os 100 ha analisados, a receita bruta projetada alcançou R\$ 1.338.512,00, enquanto a soja apresentou receita estimada de R\$ 520.000,00, resultando em um incremento potencial de R\$ 818.512,00.

Contudo, essa vantagem é acompanhada por custos operacionais mais elevados. O custo operacional total do amendoim foi estimado em R\$ 11.400,00 ha⁻¹ (Tabela 10), valor superior ao da soja (R\$ 4.359,00 ha⁻¹), principalmente em razão dos maiores gastos com sementes, fertilizantes e operações mecanizadas. Essa característica eleva a necessidade de capital de custeio e de planejamento financeiro ao longo do ciclo produtivo. A adoção parcial do amendoim, por sua vez, pode reduzir a exposição financeira associada à implantação da cultura, permitindo uma transição gradual para o novo sistema produtivo.

Tabela 70 - Projeção de Custo total por hectare para cultivo de soja e amendoim em Mato Grosso do Sul.

Discriminação	Soja (R\$/ha)	Amendoim (R\$/ha)
Sementes	648,97	3.100,00

Discriminação	Soja (R\$/ha)	Amendoim (R\$/ha)
Fertilizantes	777,29	2.000,00
Corretivos	36,03	36,03
Herbicidas	379,44	306,00
Inseticidas	192,80	272,50
Fungicidas	81,12	820,10
Nutrição foliar	11,14	-
Operações mecanizadas	263,56	2.814,31
Outras despesas operacionais	282,51	327,23
Total dos Custos Variáveis (A)	2.672,86	9.676,17
Depreciação de máquinas e implementos	113,25	140,66
Manutenção de máquinas e equipamentos	115,70	125,98
Mão de obra fixa	69,46	69,46
Encargos sociais	24,73	24,73
Arrendamento	1.363,00	1.363,00
Total dos Custos Fixos (B)	1.686,14	1.723,83
CUSTO OPERACIONAL TOTAL (A+B)	4.359,00	11.400,00

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados evidenciam que apenas cerca de 11% da receita líquida incremental é convertida em fluxo de caixa operacional após a dedução dos custos operacionais e da tributação. Ainda assim, o fluxo anual de R\$ 92.637,00 mostrou-se suficiente para recuperar o investimento inicial de R\$ 490.000,00 ao longo do horizonte de análise, indicando que a diversificação por meio do cultivo de amendoim possui capacidade de geração de caixa.

Embora o cultivo do amendoim apresente custo operacional superior ao da soja, a maior receita obtida por hectare permite gerar fluxo de caixa incremental positivo. Esse resultado reforça o potencial da diversificação produtiva para ampliar as fontes de receita da propriedade, reduzir a dependência econômica de uma única cultura e contribuir para maior resiliência dos sistemas agrícolas (Zonneveld et al., 2020; Farinelli et al., 2018).

Tabela 81 - Fluxo de caixa livre incremental projetado para a diversificação do sistema produtivo por meio do cultivo de amendoim.

Indicador	VP	Ano 0	Ano 1 a 10
Indicador	Valor Presente (R\$)	Ano 0 (R\$)	Anos 1–10 (R\$/ano)
Receita bruta	8.185.120,09	-	818.512
(-) Tributos sobre a receita	16.370,33	-	1.637
(=) Receita líquida	8.168.749,85	-	816.875
(-) Custos operacionais	6.891.000,09	-	689.100
(=) Resultado operacional (EBIT)	1.277.749,85	-	127.775
(-) Imposto de renda	351.381,27	-	35.138
(=) Fluxo de caixa operacional	926.368,66	-	92.637
(-) Investimento inicial (CAPEX)	(490.000)	(490.000)	-
(=) Fluxo de caixa livre	436.368,66	(490.000)	92.637

Fonte: Elaboração própria.

A viabilidade econômica do projeto é reforçada pelos indicadores financeiros apresentados na Tabela 12. O investimento gerou um VPL de R\$ 115.123,73, demonstrando que os fluxos de caixa projetados são suficientes para recuperar o capital investido, remunerar o capital à taxa mínima de atratividade de 8,6% a.a. e ainda proporcionar retorno adicional ao produtor. Complementarmente, a TIR de 14% a.a. supera a taxa de desconto adotada, enquanto o Payback descontado de sete anos indica que o investimento é recuperado dentro do horizonte de análise considerado.

Tabela 92 - Indicadores financeiros do projeto incremental de diversificação por meio do cultivo de amendoim.

Indicadores	Valores
Investimento inicial (R\$)	490.000
Fluxo de caixa livre incremental (R\$/ano)	92.637
Horizonte de análise (anos)	10
Taxa de desconto (TMA, % a.a.)	8,6
VPL (R\$)	115.123,73
TIR (% a.a.)	14
Payback descontado (anos)	7

Fonte: Elaboração própria.

Em conjunto, esses resultados sugerem que a diversificação por meio do cultivo de amendoim constitui uma alternativa economicamente atrativa nas condições avaliadas. Os indicadores financeiros demonstram que a maior capacidade de geração de receita da cultura compensou os custos adicionais necessários à sua implantação e condução. Contudo, por se tratar de uma atividade sujeita a incertezas de mercado, torna-se necessário incorporar a flexibilidade gerencial ao processo decisório, aspecto explorado na seção seguinte por meio da Teoria das Opções Reais.

3.2 Análise do projeto de investimento pela Teoria das Opções Reais

A Tabela 13 apresenta os parâmetros utilizados na modelagem da Teoria das Opções Reais, considerando a incerteza associada ao valor presente do projeto incremental. A volatilidade adotada foi de 24,51%, refletindo a variabilidade dos preços considerados na análise. A partir desses parâmetros, foram estimados os fatores de alta e baixa, bem como as probabilidades neutras ao risco utilizadas na construção da árvore binomial.

A Figura 16 apresenta a árvore binomial utilizada na modelagem da Teoria das Opções Reais. A partir do valor inicial do projeto (R\$ 605.123,73), foram simuladas diferentes trajetórias de valorização e desvalorização ao longo de dez períodos, considerando os fatores de alta ($u = 1,23$) e baixa ($d = 0,81$) estimados para o ativo subjacente.

Tabela 103 - Parâmetros utilizados na modelagem da Teoria das Opções Reais.

Parâmetro	Valores
Valor presente do projeto incremental (S_0) (R\$)	605.123,73
Volatilidade (%)	24,51
Fator de alta – (u)	1,23
Fator de baixa – (d)	0,81
Fator de capitalização livre de risco – (e^r)	1,09
Probabilidade neutra ao risco – (p)	0,55
Probabilidade complementar – ($1-p$)	0,44
Fator de desconto	1,044

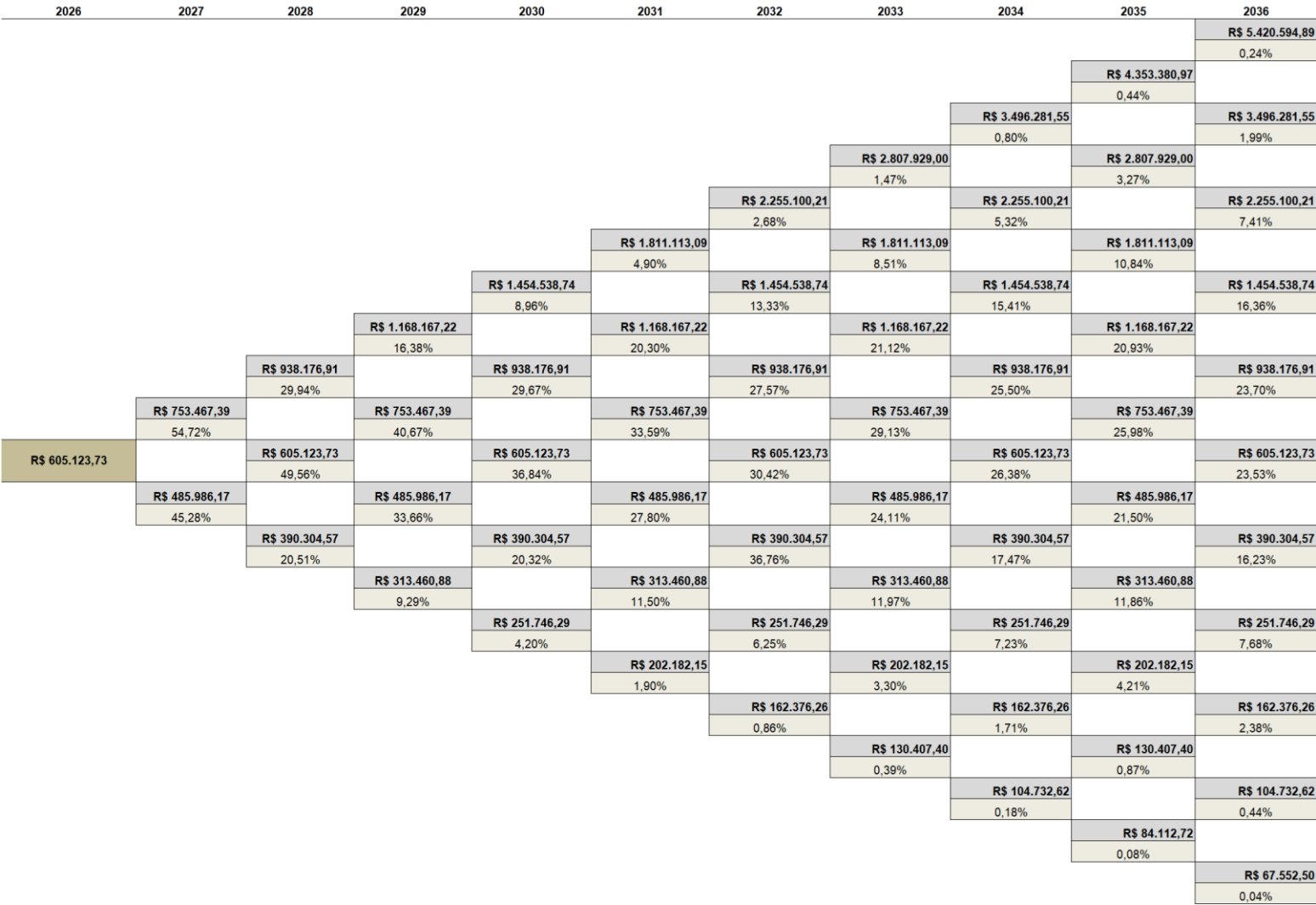
Fonte: Elaboração própria.

Observa-se uma crescente dispersão dos valores ao longo do tempo, com projeções que variam de R\$ 67.552,50 a R\$ 5.420.594,89 ao final do horizonte analisado. As probabilidades associadas a cada nó indicam que os cenários intermediários apresentam maior chance de ocorrência, enquanto os extremos são menos prováveis. A estrutura da árvore constitui a base para a mensuração do valor da opção de adiamento, permitindo incorporar a flexibilidade gerencial à avaliação do investimento.

A Figura 17 apresenta a árvore binomial do VPL expandido obtida por meio da indução retroativa. Partindo dos valores calculados nos nós finais, o modelo determina sucessivamente o valor da opção em cada período até alcançar o valor inicial de R\$ 317.955,92, que representa o VPL expandido do projeto.

Observa-se que os valores mais elevados se concentram nos ramos superiores da árvore, associados aos cenários favoráveis de mercado, enquanto os ramos inferiores apresentam redução progressiva do valor, atingindo valores nulos em alguns nós. Nesses casos, a realização do investimento deixa de ser economicamente atrativa, tornando mais vantajoso manter a opção sem exercício. Dessa forma, a estrutura da árvore evidencia que a flexibilidade para adiar a decisão permite limitar perdas em cenários desfavoráveis e capturar ganhos em cenários favoráveis, justificando o acréscimo de valor observado em relação ao VPL tradicional.

Figura 16 - Árvore Binomial de Opções Reais do projeto de diversificação com amendoim.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 17 - Árvore Binomial da Opção Real de Adiamento do projeto de diversificação por meio do cultivo de amendoim.

2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
										R\$ 4.930.594,89
									R\$ 3.884.473,54	
								R\$ 3.047.558,72		R\$ 3.006.281,55
							R\$ 2.378.521,91		R\$ 2.339.021,56	
					R\$ 1.417.878,87			R\$ 1.806.377,38		R\$ 1.765.100,21
				R\$ 1.078.891,85		R\$ 1.043.615,93		R\$ 1.381.706,00		R\$ 1.342.205,65
			R\$ 811.161,98		R\$ 776.456,40		R\$ 738.760,13		R\$ 1.005.815,91	R\$ 964.538,74
		R\$ 601.908,57		R\$ 568.233,51		R\$ 530.769,57		R\$ 489.454,08		R\$ 448.176,91
	R\$ 440.529,95		R\$ 408.852,56		R\$ 373.077,58		R\$ 332.172,84		R\$ 284.559,95	
R\$ 317.955,92		R\$ 289.291,80		R\$ 256.881,53		R\$ 219.593,65		R\$ 175.121,92		R\$ 115.123,73
	R\$ 201.430,49		R\$ 173.560,03		R\$ 141.995,94		R\$ 105.374,40		R\$ 60.280,58	
		R\$ 115.274,33		R\$ 90.120,92		R\$ 62.337,61		R\$ 31.563,85		R\$ 0,00
			R\$ 56.296,86		R\$ 36.391,04		R\$ 16.527,33		R\$ 0,00	
				R\$ 21.018,52		R\$ 8.653,97		R\$ 0,00		R\$ 0,00
					R\$ 4.531,35		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
						R\$ 0,00		R\$ 0,00		R\$ 0,00
							R\$ 0,00		R\$ 0,00	
								R\$ 0,00		R\$ 0,00
									R\$ 0,00	
										R\$ 0,00

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 14 sintetiza os resultados da análise econômica sob as abordagens tradicional e da Teoria das Opções Reais. Embora o projeto tenha apresentado viabilidade econômica pelo método convencional, com VPL positivo de R\$ 115.123,73, a incorporação da flexibilidade gerencial ampliou seu valor econômico.

O valor da opção de adiamento foi estimado em R\$ 202.832,19, elevando o VPL expandido para R\$ 317.955,92. Esse resultado evidencia que a incerteza exerce influência sobre a decisão de investimento, corroborando a argumentação de Regan et al. (2017) de que métodos tradicionais podem não capturar adequadamente o valor associado à flexibilidade gerencial em ambientes incertos.

De forma semelhante, Santos e Gomes (2022) identificaram ganhos econômicos decorrentes da flexibilidade gerencial em sistemas agrícolas diversificados, enquanto Pérez-Vas et al. (2024) verificaram que a incorporação da Teoria das Opções Reais resultou em valores superiores aos obtidos pela análise tradicional na avaliação de investimentos agropecuários.

No presente estudo, o valor da opção correspondeu a aproximadamente 176% do VPL tradicional (Tabela 14), evidenciando que uma parcela do valor do projeto está associada à possibilidade de adiar a decisão de investimento até que novas informações sobre as condições de mercado estejam disponíveis.

Tabela 114 - Indicadores econômicos do projeto sob a abordagem tradicional e pela Teoria das Opções Reais.

Indicador	Valor
VPL tradicional	R\$ 115.123,73
Valor da opção de adiamento	R\$ 202.832,19
VPL expandido	R\$ 317.955,92
Incremento da TOR sobre o VPL	+176,2%

Fonte: Elaboração própria.

Sob a perspectiva prática, os resultados sugerem que a Teoria das Opções Reais pode contribuir para decisões de diversificação produtiva ao permitir que o produtor avalie não apenas a viabilidade econômica do

investimento, mas também o momento mais adequado para sua implementação. No presente estudo, a flexibilidade de adiar o investimento mostrou-se relevante diante da volatilidade dos preços do amendoim, evidenciando que a obtenção de novas informações de mercado pode influenciar a decisão de implantação da cultura. Entretanto, a adoção da atividade envolve desafios associados à necessidade de investimentos específicos, maior demanda por capital de custeio e aquisição de conhecimentos técnicos e operacionais para condução da cultura.

4. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a diversificação por meio do cultivo do amendoim constitui uma alternativa economicamente viável nas condições analisadas. Além disso, evidenciou que parte relevante da atratividade do investimento está associada ao valor da flexibilidade gerencial representada pela opção de adiamento, aspecto não capturado pelos métodos tradicionais de análise e que constitui a principal contribuição deste estudo.

Pela abordagem tradicional, o investimento apresentou VPL de R\$ 115.123,73, TIR de 14% a.a. e Payback descontado de sete anos, indicando capacidade de remunerar o capital investido acima da taxa mínima de atratividade adotada. Embora o cultivo do amendoim apresente custos operacionais superiores aos da soja, a maior receita projetada resultou em fluxos de caixa positivos ao longo do horizonte de análise.

A incorporação da flexibilidade gerencial por meio da Teoria das Opções Reais ampliou a avaliação do investimento ao considerar as incertezas inerentes à atividade agrícola. Os resultados indicaram valor da opção de adiamento de R\$ 202.832,19 e VPL expandido de R\$ 317.955,92, demonstrando que parte relevante da atratividade do projeto decorre da possibilidade de postergar o investimento até que novas informações sobre as condições de mercado estejam disponíveis. Assim, a incorporação da flexibilidade gerencial amplia o suporte à tomada de decisão, permitindo ao produtor escolher o momento mais favorável para realizar o investimento diante das incertezas do setor.

Nesse sentido, os resultados sugerem que decisões de diversificação produtiva não devem ser avaliadas exclusivamente com base em cenários determinísticos. Em ambientes agrícolas sujeitos à volatilidade de preços, custos e produtividade, o momento da decisão pode influenciar a atratividade do investimento. Assim, a Teoria das Opções Reais confirmou-se como uma abordagem complementar aos métodos tradicionais, proporcionando uma avaliação mais aderente às condições em que as decisões são efetivamente tomadas no ambiente agrícola.

Os resultados refletem as condições e premissas consideradas na análise, incluindo as características da propriedade estudada e a utilização da volatilidade dos preços do amendoim como representação da incerteza econômica do investimento. Dessa forma, estudos futuros podem ampliar a aplicação da metodologia para diferentes sistemas produtivos, regiões e culturas, bem como explorar outras flexibilidades gerenciais, como opções de expansão, contração ou abandono. Recomenda-se ainda o aperfeiçoamento da mensuração das incertezas incorporadas ao modelo, incluindo, além dos preços, fatores relacionados à produtividade e aos custos de produção.

REFERÊNCIAS

AMRAM, M.; KULATILAKA, N. **Real options: managing strategic investment in an uncertain world**. Boston: Harvard Business School Press, 1999.

ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Atlas, 2014.

AVILEIS, F. G.; MALLORY, M. L. The impact of Brazil on global grain dynamics: a study on cross-market volatility spillovers. **Agricultural Economics**, v. 53, n. 2, p. 231-245, 2022.

BAFFES, J.; KABUNDI, A. Commodity price shocks: Order within chaos? **Resources Policy**, v. 83, 2023.

BATTISTI, R.; FERREIRA, M.D.P.; TAVARES, E.B.; KNAPP, F.B.; BENDER, F.D.; CASAROLI, D.; JÚNIOR, J.A. Rules for grown soybean-maize cropping system in Midwestern Brazil: Food production and economic profits. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 102850, 2020.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 81, n. 3, p. 637–654, 1973.

BRANDÃO, L.E.; DYER, J.S.; HAHN, W.J. Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems. **Decision Analysis**, v. 2, n. 2, p. 69–88, 2005.

BREALEY, R.A.; MYERS, S.C.; ALLEN, F. **Principles of corporate finance**. 9th ed. Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2008.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2024/25 – amendoim. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 06 out. 2025.

COPELAND, T.E.; ANTIKAROV, V. **Real options: a practitioner's guide**. New York: Texere, 2001.

COX, J.C.; ROSS, S.A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, Amsterdam, v. 7, n. 3, p. 229–263, 1979.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1995.

EVANGELISTA, M. L. S. Estudo Comparativo de Análise de Investimentos em Projetos entre o Método VPL e o de Opções Reais: O Caso Cooperativa de Crédito - Sicredi Noroeste (Tese de doutorado). UFSC, Florianópolis, 2006.

FARINELLI, J. B. M.; SANTOS, D. F. L.; FERNANDES, C.; FERNANDES, M. M. H.; SILVA, M. F. Crop diversification strategy to improve economic value in Brazilian sugarcane production. **Crop Economics, Production and Management**, v. 110, p. 1402–1411, 2018.

GAUDIN, A.C.M.; TOLHURST, T.N.; KER, A.P.; JANOVICEK, K.; TORTORA, C.; MARTIN, R.C.; DEEN, W. Increasing crop diversity mitigates weather variations and improves yield stability. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 2, 2015.

GLAUBEN, T.; SVANIDZE, M.; GÖTZ, L.; PREHN, S.; JAGHDANI, T. J.; ĐURIĆ, I.; KUHN, L. The war in Ukraine, agricultural trade and risks to global food security. **Intereconomics**, v. 57, p. 157–163, 2022.

HULL, J.C. **Options, futures, and other derivatives**. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 set. 2025.

LAPPONI, J.C. **Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa: modelos em Excel**. São Paulo, SP: Laponi Treinamento e Editora, 376p., 2000.

LONGMORE, D. The persistence of the payback method: a time-adjusted decision rule perspective. **Engineering Economist**, v. 34, n. 3, p. 185–194, 1989.

PÉREZ-VAS, R.; HERVÉS-ESTÉVEZ, J.; GARZA-GIL, M. D.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, R. Valuation of an innovative investment project using real options approach: A case study of a viticulture company in Spain. **Agricultural Economics – Czech**, v. 70, n. 2, p. 91–100, 2024.

RASOTO, A.; GNOATTO, A. A.; OLIVEIRA, A. G. de; ROSA, C. F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H. G. de; LIMA, I. A. de; LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; RASOTO, V. I. **Gestão financeira: enfoque em inovação**. 1. ed. Curitiba: Aymar, 2012.

REGAN, C. M.; CONNOR, J. D.; SEGARAN, R. R.; MEYER, W. S.; BRYAN, B. A.; OSTENDORF, B. Climate change and the economics of biomass energy feedstocks in semi-arid agricultural landscapes: A spatially explicit real options analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 192, p. 171-183, 2017.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.F. **Administração financeira: corporate finance**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, D. F. L.; GOMES, S. M. Diversification of crops: Assessment of managerial flexibility and economic impact on sugarcane medium-sized farms. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2022.

TAMBURINI, G.; BOMMARCO, R.; WANGER, T. C.; KREMEN, C.; HEIJDEN, M. G. A.; LIEBMAN, M.; HALLIN, S. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. **Science Advances**, v. 6, n. 45, p. 1-9, 2020.

TRIGEORGIS, L.; REUER, J.J. Real options theory in strategic management. **Strategic Management Journal**, v. 38, p. 42-63, 2017.

ZILLI, M.; SCARABELLO, M.; SOTERRONI, A.; VALIN, H.; MOSNIER, A.; LECLÈRE, D.; RAMOS, F. The impact of climate change on Brazil's agriculture. **The Science of the Total Environment**, v. 740, p. 139384, 2020.

ZONNEVELD, M.; TURMEL, M. S.; HELLIN, J. Decision-making to diversify farm systems for climate change adaptation. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 32, 2020.

ZÓZ, T.; SERON, C. C.; VENDRUSCOLO, E. P.; HEUERT, J.; DA SILVA, M. V.; MARTINS, M. B.; SUASSUNA, T. M. F. Desempenho agrônômico de novas linhagens de amendoim na região do Bósão Sul-Matogrossense. **South American Sciences**, v. 2, n. edesp1, p. e21116, 2021.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura moderna é intensiva em capital e opera em um ambiente incerto, com volatilidade de preços, custos de produção, condições climáticas e mudanças de mercado. Isso exige ferramentas de gestão que avaliem não só os resultados operacionais, mas também a geração de valor econômico e orientem decisões de investimento sob incerteza.

Esta tese revela que a literatura aplicada à agricultura ainda explora pouco essas dimensões. A revisão sistemática mostra o predomínio de métodos tradicionais de análise de investimentos, como o Valor Presente Líquido (VPL), amplamente usado em projetos agrícolas. Embora esses métodos sejam relevantes, a maioria dos estudos adota uma abordagem determinística, ignorando a incerteza e a flexibilidade gerencial dos produtores rurais. Isso aponta uma lacuna na literatura e a necessidade de abordagens que representem melhor o ambiente econômico agrícola.

A aplicação do *Economic Value Added* (EVA) permitiu avaliar o desempenho econômico do sistema de sucessão soja–milho sob a perspectiva da criação de valor. Os resultados históricos demonstraram que essa criação foi instável ao longo do período analisado. A simulação de Monte Carlo indicou probabilidade de 73,1% de destruição de valor econômico para a propriedade rural, evidenciando a exposição do sistema a cenários em que os retornos não são suficientes para remunerar o capital investido.

A análise de correlação de *Spearman* identificou o preço, o custo operacional e a produtividade da soja como as variáveis com maiores associações com o EVA da propriedade. Além disso, o milho apresentou desempenho econômico médio menos favorável e maior probabilidade de destruição de valor do que a soja. Esses resultados reforçam a importância de avaliar não apenas o lucro operacional, mas também a capacidade do sistema produtivo de gerar retornos superiores ao custo do capital investido.

Essa conclusão tem implicações importantes para a gestão agrícola. A identificação da soja como principal geradora de valor não implica em aumentar sua participação no sistema. Pelo contrário, a alta dependência do desempenho econômico da produtividade e dos preços da soja expõe a vulnerabilidade do sistema a variáveis voláteis e de difícil controle. Assim, a

diversificação produtiva torna-se uma estratégia essencial para reduzir a concentração da geração de valor em uma única cultura.

Nesse contexto, a pesquisa analisou a diversificação produtiva com o cultivo de amendoim. Diferente do estudo com EVA, focado na avaliação do sistema existente, esta etapa investigou uma decisão de investimento, incorporando a flexibilidade gerencial. Os dois estudos empíricos abordam problemas distintos, mas complementares: o primeiro verifica se o sistema gera valor, e o segundo como otimizar decisões de investimento com incerteza e adaptabilidade.

A avaliação da diversificação mostrou que a diversificação por meio do cultivo do amendoim é economicamente viável para a propriedade estudada. A principal contribuição, contudo, é que a Teoria das Opções Reais revelou que grande parte da atratividade do projeto reside na flexibilidade gerencial. A capacidade de adiar a decisão de investimento até ter mais informações de mercado tem valor econômico e melhora a avaliação dos métodos tradicionais.

Essa constatação reforça que, em ambientes agrícolas incertos, o valor de um investimento depende não só dos fluxos de caixa esperados, mas também da capacidade do produtor de adaptar decisões às mudanças econômicas e produtivas. Assim, investir deixa de ser uma decisão estática e passa a constituir um processo dinâmico, no qual o momento da implementação do investimento pode ser decisivo para o aproveitamento de condições mais favoráveis de mercado.

O principal avanço dessa pesquisa reside na integração do *Economic Value Added* (EVA) e da Teoria das Opções Reais (TOR) na análise da gestão agrícola. Enquanto o EVA permitiu avaliar a capacidade do sistema em gerar valor econômico após a remuneração do custo do capital, a TOR incorporou a flexibilidade gerencial à análise da diversificação produtiva. Diferentemente da maior parte dos estudos, que se concentram na viabilidade de investimentos por métodos tradicionais, esta pesquisa integra essas abordagens para oferecer uma avaliação mais abrangente do desempenho econômico e das decisões de investimento em ambientes sujeitos à incerteza.

Além da contribuição teórica, os resultados têm implicações práticas. O EVA permite que produtores e gestores avaliem se os resultados operacionais remuneram o capital investido, evitando decisões baseadas apenas em lucro. A

Teoria das Opções Reais auxilia na consideração do valor da adaptação às mudanças de mercado nas decisões de investimento. Juntas, essas abordagens promovem decisões mais consistentes em um setor volátil.

As limitações incluem o estudo de caso em uma única propriedade, o que exige cautela na extrapolação dos resultados. O período analisado incluiu eventos extraordinários (pandemia, guerra Rússia-Ucrânia) que intensificaram a volatilidade. Outras limitações são o uso do Valor da Terra Nua como custo de oportunidade, a simplificação do lucro operacional líquido após impostos e as premissas da modelagem da Teoria das Opções Reais.

Pesquisas futuras podem expandir a aplicação dessas metodologias a diferentes regiões, sistemas produtivos e alternativas de diversificação agrícola, avaliando a criação de valor em diversos contextos. Recomenda-se investigar outras flexibilidades gerenciais da Teoria das Opções Reais (expansão, contração, abandono, substituição de culturas) e integrar essas abordagens a estratégias de gestão de risco, comercialização e hedge agrícola.

Os resultados corroboram as hipóteses. O EVA demonstrou que a inclusão do custo do capital gera uma avaliação diferente da baseada apenas em indicadores operacionais. A Teoria das Opções Reais evidenciou que a flexibilidade gerencial modifica a avaliação econômica de investimentos em comparação com métodos tradicionais. Em conjunto, essas abordagens proporcionam uma compreensão mais abrangente do desempenho econômico e do processo de tomada de decisão na gestão agrícola.

Em síntese, esta tese mostra que a avaliação do desempenho econômico e das decisões de investimento na agricultura é mais consistente ao integrar geração de valor, custo do capital, incerteza e flexibilidade gerencial. Ao articular essas dimensões, a pesquisa amplia a aplicação da teoria financeira à gestão agrícola, oferecendo uma abordagem para decisões mais consistentes em sistemas produtivos voláteis. O desafio da gestão agrícola atual é gerar valor econômico e adaptar decisões às incertezas do ambiente.