

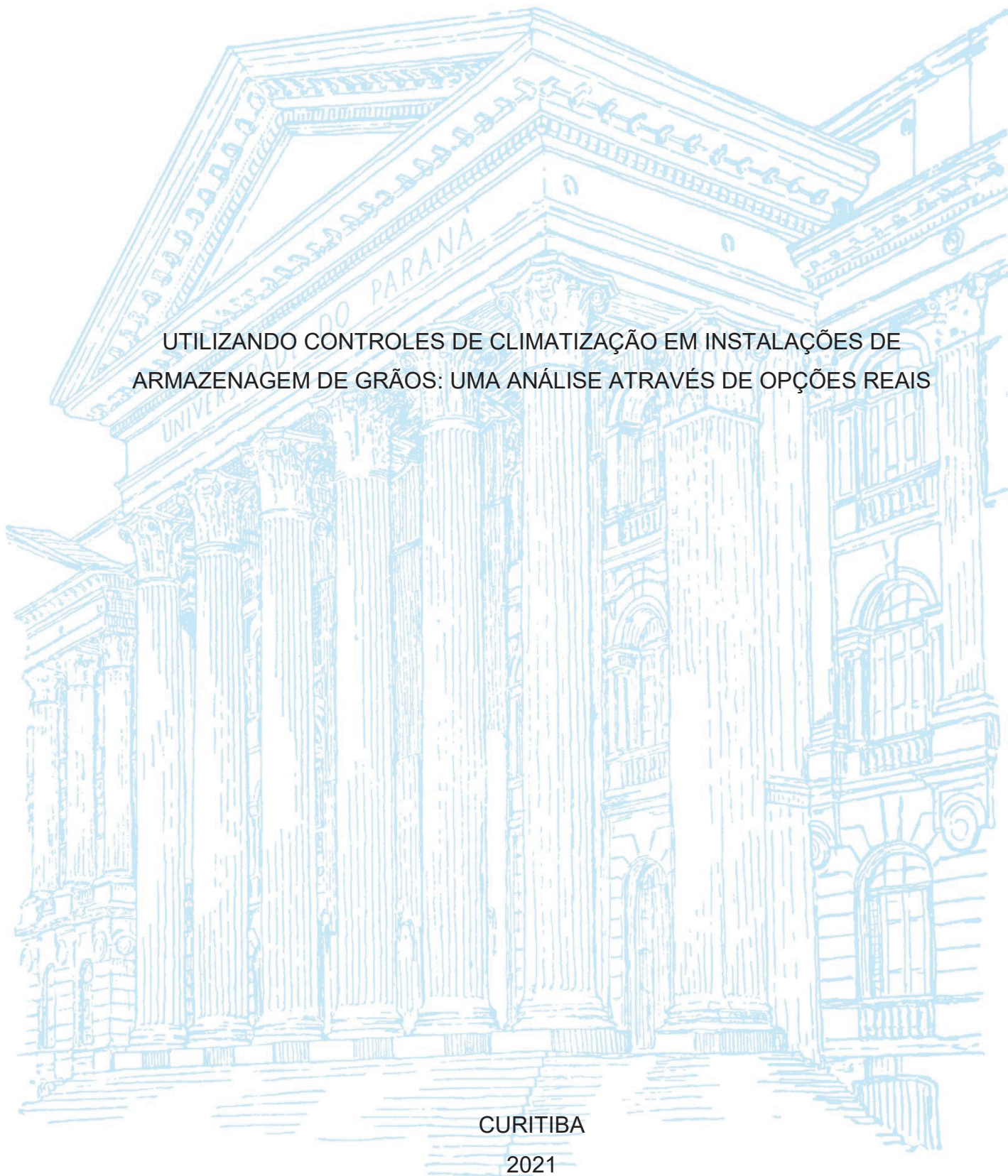
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

OTÁVIO AUGUSTO MAZZAROLO

UTILIZANDO CONTROLES DE CLIMATIZAÇÃO EM INSTALAÇÕES DE
ARMAZENAGEM DE GRÃOS: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE OPÇÕES REAIS

CURITIBA

2021



OTÁVIO AUGUSTO MAZZAROLO

UTILIZANDO CONTROLES DE CLIMATIZAÇÃO EM INSTALAÇÕES DE
ARMAZENAGEM DE GRÃOS: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DE OPÇÕES REAIS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Gestão de Organizações, Liderança e Decisão, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Decisões em Finanças e Mercados Financeiros.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Oliveira Soares

CURITIBA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS
APLICADAS – SIBI/UFPR COM DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecária: Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 9/1269

Mazzarolo, Otávio Augusto

Utilizando controles de climatização em instalações de armazenagem
de grãos: uma análise através de opções reais / Otávio Augusto
Mazzarolo. – 2021.

36 p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Programa
de Pós-Graduação em Gestão de Organizações, Liderança e Decisão, do
Setor de Ciências Sociais Aplicadas.

Orientador: Rodrigo Oliveira Soares.

Defesa: Curitiba, 2021.

1. Opções reais (Finanças). 2. Investimentos. 3. Incerteza. 4. Grãos -
Armazenamento. I. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências
Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Gestão de
Organizações, Liderança e Decisão. II. Soares, Rodrigo Oliveira.
III. Título.

CDD 332.63



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GESTÃO DE
ORGANIZAÇÕES, LIDERANÇA E DECISÃO - 40001016172P9

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GESTÃO DE ORGANIZAÇÕES, LIDERANÇA E DECISÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **OTAVIO AUGUSTO MAZZAROLO** intitulada: **Utilizando controles de climatização em instalações de armazenagem de grãos: uma análise através de opções reais**, sob orientação do Prof. Dr. RODRIGO OLIVEIRA SOARES, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 15 de Dezembro de 2021.

Assinatura Eletrônica
15/12/2021 14:54:27.0
RODRIGO OLIVEIRA SOARES
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
15/02/2022 12:59:39.0
GILBERTO DE OLIVEIRA KLOECKNER
Avaliador Externo (42052017)

Assinatura Eletrônica
11/02/2022 13:40:59.0
ELENILTON RÜDIGER JOHANN
Avaliador Externo (1)

Assinatura Eletrônica
15/12/2021 13:55:32.0
MARCOS WAGNER DA FONSECA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Este trabalho foi elaborado nos anos de 2020 e 2021, quando a todos foi necessário reduzir o convívio social. Três pessoas estiveram comigo, porém, sem interrupção, e a elas dedico a dissertação: minha esposa, Maria Vitória Guedes Viotti Mazzarolo, minha filha Marina Viotti Mazzarolo, e a amizade de toda a vida, Heloisa Cortiani de Oliveira.

AGRADECIMENTOS

A iniciativa de retornar aos estudos após muitos anos não é uma tarefa a se empreender sozinho. O PPGOLD – Programa de pós-graduação em gestão de organizações, liderança e decisões, tanto seu corpo docente quanto o discente, criou as condições de ensino necessárias para que eu pudesse reaprender a aprender.

Agradeço ao querido Professor e amigo Cassius Tadeu Scarpin, pelo incentivo, pelo ouvido amigo, e pela certeza de que os trabalhos seriam bem executados.

Em especial agradeço a meu orientador, Professor Rodrigo Oliveira Soares. Aprendi com sua compreensão e paciência para primeiro construir um projeto, e em seguida, guiar uma linha de estudos completamente nova (para mim). E admiro sua habilidade em, ao mesmo tempo, exigir e tranquilizar. Não há talento melhor para a profissão – ou, na verdade, para qualquer exercício de liderança.

E finalmente agradeço nosso grupo de pesquisas em finanças, onde colegas alunos e professores travam debates acadêmicos de alto nível, e os quais gentilmente contribuíram com críticas que engrandeceram esta dissertação.

RESUMO

A metodologia de análise de investimentos via Opções Reais como alternativa ou complemento ao VPL pode ser uma ferramenta importante de tomada de decisão sobre a viabilidade de projetos. Ao destacar o valor embutido na flexibilidade de um determinado investimento, ela nos permite melhor compreendê-lo, e decidir ou não pela sua execução. Projetos de investimentos em silos de armazenagem de grãos são um exemplo no qual opções reais estão presentes. O agricultor pode postergar a venda do grão armazenado, por um tempo. A instalação de sistemas de aquecimento, resfriamento e condicionamento de ar, representados pela sigla em inglês HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*), permite estender o prazo de armazenagem do grão. Esta possibilidade de postergação adicional também é uma opção real, cujo valor pode ser calculado com a metodologia apresentada neste trabalho.

Palavras-chave: Opções reais. Projetos de investimento. Incertezas. Flexibilidade gerencial. Tomada de decisões. Armazenagem e secagem de grãos.

ABSTRACT

The method of investment analysis via Real Options as an alternative or supplement to NPV calculations can be an important tool in project viability decision making. By highlighting the value embedded in the flexibility of a given investment, it allows us to better understand it and make an informed decision on its execution. Investment projects in grain storage facilities are one example where real options are present. The farmer can postpone the sale of in-storage production, for a certain amount of time. The installation of Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) systems allows an extension of the maximum duration of the storage. Such additional possibility of postponing a sale is also a real option, and its value may be calculated by utilization of the methodology presented in this article.

Keywords: Real options. Investment projects. Uncertainties. Managerial flexibility. Decision making. Grain storage and heating.

LISTA DE IMAGENS

IMAGEM 1 – RECEITAS TOTAIS	28
IMAGEM 2 – RESULTADO DA PRODUÇÃO, LÍQUIDO DE CUSTOS OPERACIONAIS	29
IMAGEM 3 – VALOR PRESENTE DA TRELIÇA COM OPÇÃO DE POSTERGAR..	29
IMAGEM 4 – VALOR PRESENTE DA TRELIÇA COM SEGUNDA OPÇÃO DE POSTERGAR.....	30
IMAGEM 5 – RECEITAS TOTAIS (2 MESES)	31
IMAGEM 6 – RESULTADO DA PRODUÇÃO, LÍQUIDO DE CUSTOS OPERACIONAIS (2 MESES).....	31
IMAGEM 7 – VALOR PRESENTE DA TRELIÇA COM OPÇÃO DE POSTERGAR (2 MESES)	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MILHO INDICADOR DO MILHO ESALQ/BM&F BOVESPA.....	27
TABELA 2 – MÉDIA E DESVIO-PADRÃO	27
TABELA 3 – PROJETO CAMPO FUTURO – CNA/SENAR – DADOS REFERENTES A CUSTO E RECEITA POR HECTARE DAS ÚLTIMAS SAFRAS, REGIONALIZADOS	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	RESENHA BIBLIOGRÁFICA: AS OPÇÕES REAIS NO AMBIENTE DE INCERTEZA E FLEXIBILIDADES GERENCIAIS.....	18
2.1	O RISCO E A INCERTEZA NOS MERCADOS MODERNOS	18
2.2	O CERNE DAS OPÇÕES REAIS	18
2.3	AS OPÇÕES REAIS E OS TRADICIONAIS MÉTODOS FINANCEIROS	20
3	A VALORIZAÇÃO DE UM INVESTIMENTO EM UM SILO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS.....	21
3.1	INCERTEZA E FLEXIBILIDADE NO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS.....	21
3.2	TRÊS (OU MAIS) ÁRVORES DE DECISÃO, UTILIZANDO O MÉTODO DAS TRELIÇAS BINOMIAIS	23
4	MODELAGEM FINANCEIRA.....	26
4.1	CÁLCULO EXEMPLIFICATIVO PARA CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EXTREMAS.....	31
5	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, na próxima década o Brasil deve produzir mais de 300 milhões de toneladas de grãos, estimativa que significa um acréscimo de 27% no período 2019-2029. Esta tendência é reforçada por fatores que geram expectativas de crescimento de demanda: Por um lado, o fator populacional, pois segundo a ONU, até 2030 a população mundial deve chegar a 8,5 bilhões de pessoas. Por outro, o aspecto econômico pelo aumento da renda (e conseqüente aumento no consumo calórico) de países como a China no passado recente, e possivelmente de fronteiras econômicas ainda em desenvolvimento no sudeste asiático e na África.

Para o agricultor, isto se traduz em oportunidades de negócios. A demanda pelo seu produto aumenta, e, possivelmente, também o preço. Uma das questões com as quais o empresário rural precisa trabalhar é escolher qual o melhor momento para a sua venda: se tiver a disponibilidade de armazenar seu grão adequadamente em silos, então ele tem a opção de postergar a sua venda por um tempo. Todavia esta opção tem um tempo de exercício, que é o período de deterioração do grão.

O valor de mercado dos grãos é muito afetado pela sua qualidade. Disto resulta que um sistema de armazenagem de alta qualidade tem a condição de interferir favoravelmente no preço de venda. Também se sabe que para cada tipo de grão existe uma condição ideal de estocagem. Umidade e temperatura, qualidade do ar, a velocidade de renovação de ar externo, e até mesmo a direção do fluxo de ar podem ser manipulados de forma a favorecer a preservação das características ótimas da produção.

Nesse cenário, surge como alternativa a tecnologia de HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*). Utilizando sensores e conceitos importados da indústria 4.0, ela permite a implementação de controles de ar que otimizam as condições de armazenagem e alongam o tempo máximo durante o qual a safra pode ficar armazenada. Com isto, o produtor tem a opção de postergar a venda de seu produto por um prazo além do usual, aguardando o momento mais adequado.

Entretanto, a decisão de implementar um sistema de HVAC tem ônus, e precisa ser bem embasada. Como descobrir se a adição de um sistema de condicionamento de ar se traduz em benefício econômico para o produtor? E qual é o valor esperado para este sistema?

Esta dissertação apresenta a Teoria de Opções Reais como uma forma para lidar com estas questões. A inclusão de opções reais complementa a análise mais tradicional de valor presente líquido (VPL), ao agregar o valor de certas decisões embutidas no projeto, cuja precificação pode ser realizada de maneira análoga à de opções financeiras. Dois fatores aumentam a utilidade das Opções Reais como forma de precificação de ativos. São eles a incerteza e, principalmente, a flexibilidade na execução do projeto. Na presença destes fatores, o cálculo de valor presente líquido deixa uma quantidade importante de valor fora da avaliação. Ao ignorar a flexibilidade – ou, dito de outra forma, ao desconsiderar em seu cálculo que um projeto de climatização confere ao agricultor algumas opções, que este agricultor pode ou não exercer, o cálculo de VPL tende a subestimar o valor econômico real deste investimento para o agricultor. Isto acontece não por uma falha de cálculo do analista, mas sim devido a uma característica intrínseca da metodologia, que não inclui as opções que podem estar embutidas no projeto.

A Teoria de Opções Reais, por outro lado, tem seu forte especificamente em acolher no cálculo a existência de decisões intermediárias, que acontecem durante o desenvolvimento do projeto. São escolhas ainda “em aberto” no momento inicial, mas que, todavia, ali estão, e cujo valor pode e deve ser incorporado à análise. Cabe então perceber que há tais opções disponíveis para o agricultor que planeja instalar um sistema de controle de ar em seu silo. Por exemplo, ao agregar tal sistema em seu silo, o produtor alonga a vida útil de seu grão, e adquire a opção de vendê-lo mais tarde, se assim o desejar.

Este estudo visa a analisar e modelar, através da utilização de Opções Reais como método de precificação e avaliação de investimentos, a implementação de sistemas de HVAC em Instalações de Armazenagem de Grãos. Sabe-se que a metodologia de Opções Reais tem aplicação mais complexa do que o VPL, e possivelmente por este motivo é menos utilizada e difundida. Entre os motivos estão, além da complexidade do tema, a falta de informações para que um cálculo apurado seja bem executado, e a possível falta de experiência dos diretores executivos com o tema específico de opções reais, embora em geral talvez seja possível dizer que já estejam bastante familiarizados com a metodologia de VPL.

2 RESENHA BIBLIOGRÁFICA: AS OPÇÕES REAIS NO AMBIENTE DE INCERTEZA E FLEXIBILIDADES GERENCIAIS

2.1 O RISCO E A INCERTEZA NOS MERCADOS MODERNOS

O primeiro ponto deste tópico é a conceituação das incertezas no ambiente em que o gestor de projetos está inserido e como este fator impacta na tomada de decisão.

Kensinger (1988) aborda que no processo decisório de investimentos os projetos não devem ser vistos na forma hermética com fluxos financeiros previamente calculados, posto que a incerteza do ambiente afeta as previsões futuras, e novas informações podem resultar em alterações significativas nos cenários pré-concebidos.

Sabe-se que “conviver com as incertezas (modificações nos preços, flutuação nas taxas de juros, alterações nas preferências do consumidor) faz parte da vida empresarial. Uma vez identificadas e compreendidas as incertezas, elas podem ser gerenciadas e até mesmo controladas por meio da flexibilidade” (Copeland e Antikarov (2001). Vanderlei e Carmona (2008), dão particular destaque para a volatilidade e imprevisibilidade do ambiente econômico no qual as companhias atualmente operam. Seja por estar em mercados mais abertos à concorrência estrangeira, seja por atuações econômicas menos intervencionistas dos governos, como, por exemplo, a maior liberdade para a flutuação das taxas de câmbio, em comparação com o passado. Some-se a isso a necessidade de investimentos em novas tecnologias, e os investimentos em geral acabam por ser analisados como componente fundamental para a estratégia competitiva das empresas.

2.2 O CERNE DAS OPÇÕES REAIS

Apesar de as opções reais não terem a mesma penetração nas empresas que o VPL, os conceitos que acercam as possibilidades de investimentos a partir de uma opção real se executam há algum tempo. Mesmo que instintivamente, os gestores de investimentos nunca deixaram de considerar que, em projetos que de toda outra maneira sejam idênticos, aquele com flexibilidade de execução é preferível ao que seja inflexível.

Não obstante, a forma atual nas finanças corporativas de se entender as opções reais é mais recente, tendo origem a partir do modelo de precificação de Black e Scholes de 1973, complementada por Merton ainda em 1973. Em 1975, William Sharpe teceu os primeiros comentários quanto à possibilidade de uma abordagem binomial para o cálculo do valor de uma opção. Essa abordagem foi efetivamente usada por Cox, Ross e Rubinstein (1979), cujo modelo das treliças binomiais usa matemática mais simples e aplicável a opções americanas (que podem ser exercidas a qualquer tempo). Pelo modelo binomial, a cada período no tempo há somente dois estados possíveis – positivo ou negativo. Seu valor pode ser calculado utilizando-se árvores de decisão e permite mais flexibilidade à análise, expandindo significativamente o leque de situações nas quais o valor de opções pode ser calculado.

Copeland e Antikarov (2001) afirmam que o valor presente líquido dos fluxos de caixa de um projeto, sem considerar sua flexibilidade, seria o melhor estimador do valor de mercado deste projeto. A sua contribuição fundamental foi apresentar um modelo que pode ser utilizado em um contexto gerencial-administrativo menos dinâmico.

Outra característica peculiar das opções reais foi bem capturada por Damodaran (2008). Ao tratar do tema, ele destaca que a Teoria das Opções Reais é a única metodologia que dá preponderância para o potencial positivo do risco. De fato, o *valuation* via opções reais indica que o aumento da incerteza pode eventualmente ser uma fonte de valor para o projeto, em particular para aqueles que estejam atentos e bem-posicionados para tal.

Mais atualmente, diversos autores têm aplicado a Teoria das Opções Reais aos temas mais variados. Assim como se propõe o presente estudo, Evans e Guthrie (2014) tratam da opção de postergar a venda que é inerente ao investimento na armazenagem de grãos. Argumentam eles que o valor do grão em estocagem é maior do que o valor do grão no mercado, pois aquele tem embutido o valor da espera por um momento melhor de venda.

Haugh (2016) oferece dois exemplos interessantes para este trabalho, referentes a opções que se renovam. Em um caso de um arrendamento de uma mina de ouro, por exemplo, o arrendatário pode ter um direito a uma extração anual de ouro. Caso o execute ou não, esta opção se renova no ano seguinte. A instalação de uma mina dá ao investidor o direito de, a cada período de tempo, extrair ou não uma

quantidade de ouro. Este investimento possui não uma, mas uma série de opções reais embutidas.

No Brasil, um dos principais autores a se dedicar sobre o tema é Brandão, L. E. T., com diversos artigos publicados em conjunto com outros autores. Brandão, Bastian-Pinto, Gomes e Salgado (2012) listam alguns projetos com aplicabilidade próxima da realidade brasileira, como os de mineração, petróleo e *commodities*, nos quais, segundo os autores, a utilização de opções reais para avaliação de investimentos já é uma prática consolidada.

2.3 AS OPÇÕES REAIS E OS TRADICIONAIS MÉTODOS FINANCEIROS

A incerteza sobre o comportamento futuro do mercado e do desenvolvimento do próprio projeto justifica com maior destaque as opções reais perante os métodos tradicionais de análise de projetos: Abreu (2002) explica: “As principais críticas ao modelo tradicional [VPL] são ser ele rígido e inflexível. Em um ambiente de incerteza, o modelo considera por exemplo o resultado esperado, que via de regra pode ser a média ponderada entre diversos possíveis resultados. Entretanto, na realidade, quando existe flexibilidade (opções), o administrador, com as informações que dispõe a cada instante, decide por uma postura (que pode ser o abandono, continuação, interrupção, troca de investimento, etc.) que levará a "um" e apenas "um" dos resultados esperados e não por uma postura média que forneça uma média dos resultados esperados”.

Um bom resumo da relação entre a Teoria das Opções Reais e os demais métodos de avaliação de investimentos foi apresentado por Marques, Bastian-Pinto e Brandão (2020): Para eles, a Teoria das Opções Reais foi desenvolvida para superar as limitações do método de valor presente líquido. Isto ela faz utilizando métodos de precificação de opções financeiras aplicados a decisões reais, o que nos permite capturar o valor existente na flexibilidade gerencial, intrínseco a qualquer projeto sujeito a uma incerteza futura.

3 A VALORIZAÇÃO DE UM INVESTIMENTO EM UM SILO DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS

3.1 INCERTEZA E FLEXIBILIDADE NO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS

Na agricultura em geral, a incerteza é uma característica inescapável. No imaginário popular o fazendeiro está muito presente pela suscetibilidade de seu sucesso a fatores como clima e pragas diversas. E não por acaso, com o desenvolvimento do sistema financeiro, muitos instrumentos foram criados que ajudam a mitigar o impacto, para o agricultor, da alta variabilidade no valor de mercado de sua produção (isto é, o preço de venda do grão). As opções financeiras, das quais a teoria de opções reais deriva, são muito usadas especialmente para a proteção do agricultor.

O risco da atividade produtora de grãos, todavia, não acaba com a colheita. É da natureza de um mercado de *commodities* que haja oscilações severas na produção, de um período para outro, e isto tem impacto na oferta e conseqüentemente nos preços de venda. Gargalos logísticos impedem o escoamento imediato da produção, e a sazonalidade da produção não é coerente com a demanda por grãos (safra acontecem em períodos específicos do ano, porém a demanda é constante). Todos estes fatores estão fora do controle do empresário agrícola, e exigem um esforço de armazenagem que é suprido pela indústria de construção de silos: dados do IBGE para o 1º semestre de 2019 apontam a existência de 5.882 armazéns e silos para produtos a granel no Brasil.

O segundo fator importante para que a utilização da Teoria das Opções Reais seja uma boa alternativa como método de avaliação de investimentos é a flexibilidade deste projeto. Um projeto que por natureza seja rígido, como um contrato de compra e venda simples, não tem uma opção a se precificar e o cálculo de VPL é suficiente para uma boa análise. Porém, quando a complexidade do projeto aumenta, é comum que sejam necessárias decisões intermediárias durante a sua execução. A análise de opções reais mostra que a flexibilidade em um projeto lhe agrega valor. Evans e Guthrie (2014) mostraram o valor que um silo agrega ao empreendimento agrícola, valor este que nasce na opção de postergar a venda. O produtor rural que armazena seu grão em silo pode esperar mais um pouco para a venda, e esta flexibilidade tem um valor, capturado pela análise de opções reais. Ao dar o pontapé inicial para a

instalação de um equipamento de HVAC em seu silo, o empresário amplia ainda mais a sua flexibilidade. A opção de postergar a venda se amplia, por exemplo, de 6 para 12 meses. Um leque de possibilidades se torna disponível, cada qual contendo um determinado valor econômico, a ser desbloqueado conforme as condições assim o permitam. Ou, também, possibilidades estas que podem ser abandonadas para expirar caso sua realização deixe de ser interessante. É a existência destas possibilidades (*opções*) – que confere um valor adicional a um investimento *vis-à-vis* um outro investimento de natureza igual, mas que seja inflexível.

No caso específico da utilização de um sistema de condicionamento de ar na construção de silos, consegue-se identificar, para os fins deste trabalho, uma *opção de postergar*: o agricultor que armazena o seu grão em um silo, pode optar por postergar a venda até uma data ótima – com um determinado prazo de maturidade, definido pelo tempo de deterioração do grão. Ao instalar um sistema de HVAC em seu silo, o mesmo agricultor pode *optar* por estender o prazo de armazenamento de seu grão, à espera de melhores condições de mercado. O preço de exercício da opção de armazenagem pode ser definido como o preço pelo qual o agricultor venderia seu grão na ausência de climatização, e o prêmio pago pela opção é o preço líquido da instalação – isto é, o preço pago inicialmente, menos o valor residual recebido na liquidação do negócio. É interessante perceber que esta é uma opção que se renova a cada período de safra: o exercício ou o abandono da opção em uma safra não impede que uma nova opção surja na safra seguinte, praticamente sem custo adicional (além do custo de oportunidade do capital investido).

Como visto, o valor da opção é tanto maior quanto maior seja a flexibilidade gerencial. No caso do grão em armazenagem, pode-se aplicar este conceito da seguinte maneira: a estocagem em silo dá ao agricultor a opção (americana) de vender seu grão até n meses depois da colheita. Uma opção com um prazo maior de maturidade, $n + 1$, tem um valor maior porque dá ao agricultor um período adicional para esperar o momento ótimo para a venda.

Uma instalação de condicionamento de ar, bem projetada, em um silo de armazenagem, tem o condão de expandir significativamente o tempo de armazenagem. Estes equipamentos ajudam a manter a qualidade do grão por mais tempo, expandindo a opção de postergar a venda. A execução desta opção será ótima quando o valor da opção de postergar seja maior do que o total de custos associados.

Dito de outra forma, o valor recebido pelo grão deve ser maior do que o prêmio pago pela opção.

O corolário desta afirmação é que o valor de um investimento em uma instalação de silo com HVAC deve necessariamente ser igual ao valor da opção real de postergar a venda, que está embutida na armazenagem. E dado que a instalação de HVAC é um opcional ao silo “simples”, o seu valor específico deve necessariamente ser a diferença entre o valor da opção de prazo mais curto e o valor da opção de prazo mais longo.

3.2 TRÊS (OU MAIS) ÁRVORES DE DECISÃO, UTILIZANDO O MÉTODO DAS TRELIÇAS BINOMIAIS

Esta última seção do artigo trata do cálculo do valor da opção de postergar a venda do grão armazenado em um silo com instalação de HVAC. O método das treliças binomiais tem sido uma ferramenta utilizada para o cálculo de opções reais, devido à sua flexibilidade e aplicabilidade para um número variado de projetos.

Este método, cujo trabalho seminal é o já apresentado Cox, Ross e Rubinstein (1979), é assim chamado porque a cada momento no tempo, se considera somente a possibilidade de dois estados possíveis – positivo ou negativo. Especialmente no âmbito de finanças corporativas, isto é relevante pois permite aos gestores tanto analisar, quanto comunicar suas análises de forma mais eficiente, considerando que a erudição financeira dos diversos administradores de uma empresa é bastante variada.

Copeland e Antikarov (2001), e também Copeland e Tufano (2004), orientam a iniciar a modelagem considerando que o VPL tradicional do projeto (isto é, o valor presente líquido dos fluxos de caixa advindos deste projeto, descontados pela taxa de risco apropriada) é o melhor estimador possível para o valor de mercado de um projeto. A isto chamam de “*Market Asset Disclaimer*”. Marques *et al* (2020) tratam este valor como V_0 , e o valor do projeto que inclui as opções como V_0^* , de forma que:

$$V_0^* = V_0 + \text{Opção Real} \quad (1)$$

Após calculado o valor inicial V_0 do projeto, o próximo passo, conforme Copeland e Tufano (2004) é estimar quanto este valor pode se movimentar para cima

ou para baixo durante cada período. Como explicam Santos, Brandão e Maia (2015), nesse modelo a distribuição das possibilidades é lognormal, uma curva conveniente para a precificação de ativos que não podem apresentar valores negativos, e que permite a inclusão de fluxos de caixa terminais. Em uma distribuição lognormal, um desenvolvimento positivo ou negativo pode ser calculado, multiplicando-se o valor base por um fator, u (de “up”), ou d (de “down”), os quais são dados pelas seguintes fórmulas:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (2) \quad d = \frac{1}{u} \quad (3)$$

Nas quais e é a base do logaritmo natural ($e = 2,7182$), Δt é o movimento temporal, e, criticamente, σ representa o desvio-padrão do valor do ativo subjacente.

Para o caso deste trabalho, o agente de volatilidade a ser considerado é o preço do grão no mercado à vista, o qual oscila de acordo com as condições do próprio grão (isto é, grãos de qualidade melhor têm preço mais alto), e também com o momento de oferta e demanda pontual, por sua vez influenciado por diversos fatores, como o clima ou o surgimento de pragas diversas.

Uma vez estimada a volatilidade do projeto a partir de suas incertezas, deve-se inserir os fluxos de caixa do projeto na treliça binomial, utilizando as fórmulas (2) e (3). O resultado é uma treliça binomial que inclui todos os resultados possíveis, positivos e negativos.

Marques *et al* (2020) comentam que na treliça existem n períodos, onde pode haver opções, as quais podem ou não ser executadas. O valor do ativo subjacente a cada momento n pode ser denotado por S_n . Quando se executa a opção, S_n se transforma em S'_n . A decisão de executar ou não a opção em cada determinado momento se dá pela escolha do maior valor, maximizando o valor daquele nó de decisão.

No projeto de investimento em um silo de armazenagem com sistema de condicionamento de ar, os nós de decisão que nos interessam são as decisões intermediárias de postergar a venda, até que o termo de maturidade aconteça (isto é, o prazo máximo de armazenagem do grão em condições ideais sem que este se deteriore a ponto de perder seu valor).

Para se chegar ao valor final da árvore de decisão, é necessário partir do cálculo do valor de cada possibilidade presente no último período, e executar gradativamente o processo de maximização a cada nó de decisão, levando em conta a probabilidade de cada estado d ou u e o desconto de seu valor até o momento presente. Segundo Marques *et al* (2020), a probabilidade p do estado u é dada por:

$$p = \frac{(1 + r)^{\Delta t} - d}{u - d} \quad (4)$$

A simulação de volatilidade e do valor presente V_0 do projeto, assim como o desenho da árvore binomial, e o subsequente cálculo dos valores das opções de postergar elencadas acima, serão o foco da modelagem a seguir.

4 MODELAGEM FINANCEIRA

Para os fins do presente estudo, selecionou-se o grão de milho como base para os cálculos de retorno. O grão de milho foi escolhido, devido à sua importância no agronegócio brasileiro. Os preços históricos de mercado foram extraídos da base de dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Universidade de São Paulo (USP), e divulgados no sítio <https://www.cepea.esalq.usp.br/br>. Os custos de produção são calculados e divulgados pela iniciativa Projeto Campo Futuro, projeto conjunto da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), com base em metodologia desenvolvida por Matsunaga *et al* (1976) – a qual por sua vez também foi desenhada a partir do cultivo do milho. O Projeto Campo Futuro também divulga os dados mais recentes de custos de produção rural em seu sítio na internet, <https://www.cnabrasil.org.br/paginas-especiais/campo-futuro>, enquanto a série histórica dos mesmos foi gentilmente cedida pelo CNA/SENAR especificamente para utilização neste trabalho. Os dados técnicos relativos ao processo de secagem de grãos e seu tratamento estão disponíveis no portal AGAIS – Armazenagem de Grãos, Agroindústria e Simulação – www.agais.com, mantido pelo Prof. Dr. Luís César da Silva, da Universidade Federal de Viçosa (MG).

Em termos de prazo de armazenagem, Bern, Steele e Morey (2002) utilizam a métrica de “perda de matéria seca” (*Dry Matter Loss* – DML, na abreviação em inglês) para se mensurar a qualidade do grão de milho e o momento em que a sua deterioração passa a ser economicamente significativa. Segundo os autores, o índice de 0,5% DML indica um máximo de 5% de seu peso em grãos danificados – o suficiente para ser classificado como de primeira qualidade pelo USDA (o Departamento de Estado de Agricultura dos Estados Unidos), e, conseqüentemente, reter o máximo de seu valor. O prazo máximo para se manter um índice de 0,5% DML varia de acordo com a temperatura de armazenagem e com a umidade do grão em armazenagem, e os autores oferecem uma tabela prática para obtenção de prazos máximos de armazenagem, a qual varia de 1 a 1144 dias.

O primeiro passo para se iniciar a simulação do valor de uma opção real é o cálculo do V_0 , isto é, o valor presente líquido da produção de milho, *sem* a introdução da opção atrelada ao sistema de HVAC. Para este fim, inicia-se com os fluxos de caixa positivos do projeto: a receita do agricultor com a venda de sua produção. Foi extraída

da base de dados do CEPEA/USP a série histórica mensal dos preços de comercialização do milho, por saca de 60kg – tomando como período inicial o mês de janeiro de 2011. Em seguida esta série foi atualizada para valores constantes de maio/2021, utilizando como referência o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA, divulgado pelo IBGE. Com estes dados também é possível calcular a média do valor de venda e o desvio-padrão de sua variação mensal, tanto em valores absolutos quanto percentuais. Estes dados serão em seguida utilizados para o cálculo dos fatores d e u , e para a montagem da primeira árvore de decisão. Um resumo do cálculo é apresentado nas tabelas 1 e 2, abaixo.

TABELA 1 – MILHO | INDICADOR DO MILHO ESALQ/BM&FBOVESPA

Data	À vista R\$	IPCA - Índice	IPCA - %	Base Maio 2021	Varição mensal
01/2011	30.35	3222.42	76.6%	53.61	
02/2011	31.68	3248.20	75.2%	55.52	3.6%
.
.
03/2021	91.51	5674.72	0.3%	91.79	8.1%
04/2021	97.15	5692.31	0.0%	97.15	5.8%
05/2021	100.75	5692.31	0.0%	100.75	3.7%

FONTE: Cepea/USP (2021)

TABELA 2 – MÉDIA E DESVIO-PADRÃO

Média	Desvio-Padrão	D-P da variação %
47,64	13,03	7,26%

Utilizando-se as fórmulas 2 e 3, aplicando $\Delta t = 1$ mês e o desvio-padrão de 7,26% ao mês, chega-se aos fatores de 1,075 para u e 0,93 para d . Em seguida calcula-se a probabilidade de cada estado, de acordo com a equação 4. Para uma taxa de retorno atribuída de 6% ao ano (0,49% ao mês), a probabilidade de u é 51,5% e de d , conseqüentemente, 48,5%. Isto significa que, a cada período de um mês, há uma probabilidade de 51,5% de que o preço da saca de milho de 60 kg tenha seu valor aumentado em 1,075 vezes – ou, alternativamente, 48,5% de chance de que seu valor seja reduzido para 0,93 vezes o valor original. A primeira treliça binomial, portanto, ainda antes de serem aplicados os custos de produção, tem o seguinte formato (valores referentes a 1000 sacas de 60 kg, em R\$ constantes de maio de 2021):

IMAGEM 1 – RECEITAS TOTAIS

							73.656
						68.496	63.698
					63.698	59.236	55.087
				59.236	55.087	51.228	47.640
			55.087	51.228	47.640	44.303	41.199
		51.228	47.640	44.303	41.199	38.313	35.630
R\$/1000 sacas:	47.640	44.303	41.199	38.313	35.630	33.134	30.813
Meses	0	1	2	3	4	5	6

É importante perceber que a treliça se interrompe após o sexto mês. O propósito do presente trabalho é analisar os efeitos da opção de postergar a venda, e não necessariamente definir o tempo exato de armazenagem. Desta forma, assume-se como tempo máximo para a comercialização do grão de milho o prazo de 6 meses, ou 180 dias, o que equivale a condições de armazenagem abaixo de 16% de umidade e entre 15 e 20 graus Celsius conforme Bern *et al* (2002). Também se abordará, para efeitos de comparação, um caso de armazenagem em temperaturas mais altas, acima de 25 graus Celsius, que implicariam armazenagem de apenas 2 meses.

O Projeto Campo Futuro, acima mencionado, calcula o custo operacional efetivo (COE) para a produção de cada saca de milho, considerando uma gama de itens (mão de obra, mecanização, insumos, tributos, energia elétrica, custos administrativos e de manutenção, etc.), anualmente em diversas praças produtoras de milho. Os dados disponíveis representam 40 diferentes municípios brasileiros, e foram compilados no período 2011-2020. Um excerto da base de dados pode ser visto na tabela 3.

TABELA 3 – PROJETO CAMPO FUTURO - CNA/SENAR - DADOS REFERENTES A CUSTO E RECEITA POR HECTARE DAS ÚLTIMAS SAFRAS REGIONALIZADOS

Atividade Agropecuária	Safra	UF	Região	Produtividade (Sc)	COE (R\$/ha)
Milho (1ª Safra)	2011/2012	MA	Balsas	120.0	R\$ 1,759.95
Milho (1ª Safra)	2011/2012	PI	Uruçuí	135.0	R\$ 1,830.50
Milho (1ª Safra)	2011/2012	GO	Cristalina	150.0	R\$ 2,180.46
Milho (1ª Safra)	2011/2012	GO	Mineiros	175.0	R\$ 2,052.93

FONTE: Projeto Campo Futuro – CNA/SENAR (2021)

Os valores foram todos atualizados para maio de 2021, assim como os valores médios de receita, chegando-se a um custo médio corrigido de produção de R\$ 33,05 por saca de milho no período. Este custo deve em seguida ser retirado dos valores da

treliça constante da imagem 1, para se obter o resultado líquido da venda de milho a cada período, no intervalo de 6 meses.

IMAGEM 2 – RESULTADO DA PRODUÇÃO, LÍQUIDO DE CUSTOS OPERACIONAIS

								40.601
								35.442
							30.644	26.182
						26.182	22.032	18.173
					22.032	18.173	14.585	11.248
				18.173	14.585	11.248	8.145	5.259
R\$/1000 sacas:	14.585	11.248	8.145	5.259	2.575	79	(2.242)	
Meses	0	1	2	3	4	5	6	

Note-se que a treliça da imagem 2 representa os possíveis valores para mil sacas a cada momento no tempo. Isto é, em t_6 o melhor valor esperado para nosso milho seria de R\$ 73.656 (-) R\$ 33.055 (=) R\$ 40.601, e o pior valor esperado seria, analogamente, um prejuízo de R\$ 2.242. O agricultor pode, é claro, realizar a venda imediatamente após a produção, com um resultado de R\$ 14.585, ou postergar a venda esperando uma possível melhor condição, desde que invista no armazenamento da produção. Como demonstrado por Evans e Guthrie (2014), qualquer grão armazenado tem a opção de postergar já embutida, e por isso tem um valor esperado maior do que o grão que precisa ser vendido imediatamente.

O valor V_0^* da treliça da imagem 2 deve ser calculado partindo-se do valor final em $t + 1$, e calculando o valor em t pela média ponderada das duas probabilidades (51,5% e 48,5%, como visto acima), descontados em um mês pela taxa de retorno atribuída (6%a.a., ou 0,49% a.m.). Na imagem 3, abaixo, veja-se que o valor em t_5 passa a ser $(51,5\% * 40.601 + 48,5\% * 30.644) / (1,0049)$, ou R\$ 35.602.

IMAGEM 3 – VALOR PRESENTE DA TRELIÇA COM OPÇÃO DE POSTERGAR

								40.601
								35.602
							30.963	26.342
						26.660	22.352	18.334
					22.668	18.651	14.904	11.408
				18.966	15.221	11.726	8.464	5.419
R\$/1000 sacas:	15.534	12.041	8.780	5.737	2.894	239	(2.242)	
Meses	0	1	2	3	4	5	6	

Repetindo-se sucessivamente o processo, chega-se a um valor presente líquido para esta produção de R\$ 15.534. Veja-se também que a diferença entre a treliça da imagem 3 e a da imagem 2 reflete precisamente a opção que o agricultor tem de não efetuar a venda do grão em t_0 , de forma que a opção real de postergar a venda, de acordo com a equação (1), é de R\$ 15.534 (-) R\$ 14.585 (=) R\$ 949 (para cada mil sacas de milho).

Uma instalação moderna de secagem de grãos, utilizando técnicas de HVAC, pode ser desenvolvida com a capacidade de postergar por outros 6 meses a vida útil do milho. O agricultor teria, portanto, outras 6 oportunidades (opções) para vender sua produção ou aguardar um melhor momento, e a treliça desenhada na imagem 6 teria o seguinte formato:

IMAGEM 4 – VALOR PRESENTE DA TRELIÇA COM SEGUNDA OPÇÃO DE POSTERGAR

									80.825
								73.008	65.430
							65.749	58.691	52.115
							52.435	46.309	40.601
							40.921	35.602	30.644
							30.963	26.342	22.032
							22.352	18.334	14.585
							14.904	11.408	8.145
							8.464	5.419	2.575
					27.595		2.894	239	(2.242)
			23.599	19.587			(1.923)	(4.240)	(6.408)
		19.893	16.152	12.661			(6.088)	(8.114)	(10.010)
R\$/1000 sacas:	16.456	12.967	9.711	6.672			(9.691)	(11.464)	(13.125)
Meses	0	1	2	3			10	11	12

De onde se extrai que o novo V_0^* é de R\$ 16.456, e que a instalação de uma máquina de HVAC proporciona uma opção real cujo valor é de R\$ 16.456 (-) R\$ 15.534 (=) R\$ 922 para cada mil sacas de milho.

Finalmente, é interessante notar que esta opção se renova a cada ano sem custo algum, uma vez que não é necessário reinstalar o equipamento safra a safra. Se for considerada uma instalação para 10 mil sacas de milho, então tem-se que esta opção anual pode ser tratada como um fluxo de caixa anual positivo de R\$ 9.220, em perpetuidade, o qual trazido para valor presente à taxa estimada de 6% a.a. nos dá um retorno total de R\$ 153 mil – em equilíbrio, o preço esperado a ser investido pelo agricultor – incluindo-se aí tanto o custo de aquisição do equipamento quanto os custos de operação (energia elétrica, manutenção e afins) – para que sua iniciativa de instalar um sistema de HVAC em seu silo tenha um VPL igual a zero.

4.1 CÁLCULO EXEMPLIFICATIVO PARA CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EXTREMAS

Voltando à tabela de prazos de deterioração do grão de milho, conforme proposta por Bern *et al* (2002), pode-se também considerar um exemplo pensando nas condições climáticas de áreas mais quentes do Brasil, onde as temperaturas médias atingem mais de 25 graus Celsius, como são as fronteiras agrícolas da região norte e a parte norte da região centro-oeste brasileiros. Nessas condições, a expectativa de armazenagem para manutenção do padrão 0,5% DML passa a ser próxima de 60 dias, reduzindo bastante o prazo disponível para postergação da venda e, por outro lado, aumentando a necessidade e o valor econômico da instalação de um sistema HVAC.

Efetuuou-se o cálculo de maneira análoga à apresentada anteriormente, porém reduzindo o prazo original de armazenagem de 6 para 2 meses:

IMAGEM 5 – RECEITAS TOTAIS (2 MESES)

			55.087
		51.228	47.640
R\$/1000 sacas:	47.640	44.303	41.199
Meses	0	1	2

IMAGEM 6 – RESULTADO DA PRODUÇÃO, LÍQUIDO DE CUSTOS OPERACIONAIS (2 MESES)

			22.032
		18.173	14.585
R\$/1000 sacas:	14.585	11.248	8.145
Meses	0	1	2

IMAGEM 7 – VALOR PRESENTE DA TRELIÇA COM OPÇÃO DE POSTERGAR (2 MESES)

			22.032
		18.334	14.585
R\$/1000 sacas:	14.904	11.408	8.145
Meses	0	1	2

Em comparação com o valor obtido na treliça da imagem 3, vê-se claramente o valor perdido com a redução do prazo de armazenagem: o valor esperado para mil sacas de milho reduz-se de R\$ 15.534 para R\$ 14.904.

Ao mesmo tempo, o valor do grão estocado em um silo com instalação de HVAC não muda. Por definição, o objetivo do sistema é manter constantes as condições internas de temperatura e umidade, independentemente das condições externas. Desta forma, a treliça da Imagem 4 permanece inalterada, e o valor esperado continua sendo de R\$ 16.456, mostrando financeiramente que o impacto do sistema HVAC em um silo de armazenagem de grãos é maior quando as condições climáticas são mais severas.

A valorização do investimento também segue o exemplo utilizado anteriormente. O ganho anual obtido com a opção real é de R\$ 16.456 (-) R\$ 14.904 (=) R\$ 1.552, um fluxo anual e positivo de R\$ 15.515 para cada dez mil sacas, e uma perpetuidade com valor presente estimado de R\$ 258 mil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise delineada acima proporciona indícios de que há de fato uma opção real presente no armazenamento de grãos em um silo. Esta opção advém da possibilidade de o agricultor postergar a venda no mercado, possivelmente capturando um preço melhor por seu produto. Mostra-se também que a Teoria de Opções Reais é capaz de precificar tal opção de postergar a venda, utilizando o método das treliças binomiais.

Algo similar acontece com a instalação de um sistema de climatização (HVAC) para cuidado com as condições de armazenagem de grãos. Agrega-se uma nova opção de postergar, ao topo da opção original, alongando o prazo final de armazenagem. O valor desta opção também pode ser calculado, e com este valor pode-se, inclusive, esboçar-se o valor máximo de mercado de um tal sistema de HVAC, de forma que para o agricultor sua implementação ainda represente uma decisão vantajosa. Cabe destacar que a produção e armazenagem de grãos de milho foram utilizados para a modelagem, devido à disponibilidade adequada de dados, porém os mesmos conceitos podem ser aplicados a outros grãos.

Não somente a instalação de um sistema de HVAC proporciona ao produtor rural um melhor valor esperado para sua produção, o cálculo via opções reais mostra também que o benefício agregado pela climatização é tanto maior quanto piores sejam as adversidades climáticas externas, confirmando financeiramente o resultado intuitivo da análise. Pode-se interpretar também, analogamente, que o benefício potencial não advém somente de condições climáticas. Há condições socioeconômicas que podem porventura exigir do agricultor uma maior flexibilidade no momento de decidir-se pela venda. Pode-se citar, por exemplo, situações de estresse da cadeia logística: o silo (e, em especial, o silo com climatização) ajuda o produtor a proteger-se de gargalos no escoamento de seu produto. Particularmente nos momentos de pico de safra isto é importante, pois aí encontra-se uma abundância de grãos no mercado, frente a uma demanda e capacidade de transporte mais ou menos constantes durante o ano.

Além da necessidade de prazo de armazenamento, outras características do mercado de grãos também são relevantes e podem ser objeto de pesquisas subsequentes. Embora seja de mais difícil mensuração, a avaliação dos custos de produção merece atenção. Há custos indiretos de produção, como depreciação de

máquinas e equipamentos ou pró-labore do agricultor, que podem eventualmente alterar os resultados desta análise, à medida em que não se aplicam de maneira proporcional quando se aumenta o volume de produção.

Outra linha de pesquisa a se considerar é a existência de uma alternativa à estocagem por conta própria. No mercado atual, é possível ao agricultor subcontratar a estocagem de seu grão, seja em contratos de aluguel simples ou em cooperativas de produtores. Estes “terceiros” podem possuir ganhos de escala significativos cuja análise não foi contemplada no presente trabalho e que podem sugerir outra tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- BERN, C. J., STEELE, J. L., MOREY, R. V. Shelled corn CO₂ evolution and storage time for 0,5% dry matter loss. **Applied Engineering in Agriculture**, vol. 18, n. 6, p. 703-706, 2002.
- BRANDÃO, L. E. T., BASTIAN-PINTO, C. L., GOMES, L. L., SALGADO, M. S. Incentivos governamentais em PPP: Uma análise por opções reais. **REA – Revista de Administração de Empresas da FGV**, vol. 52, n. 1, p. 10-23, 2012.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL, CNA/SENAR, Série histórica do Projeto Campo Futuro. **Metodologia e base de dados do Projeto Campo Futuro**, Brasília: CNA/SENAR, 2021.
- COPELAND, T., ANTIKAROV, V. **Real options: A practitioner's guide**. New York: Texere, 2003.
- COPELAND, T., TUFANO, P. A real world way to manage real options. **Harvard Business Review**, p. 1-13, mar. 2004.
- COX, J. C., ROSS, S. A., RUBINSTEIN, M. Option pricing: A simplified approach. **Journal of Financial Economics**, vol. 7, p. 229-263, 1979.
- DAMODARAN, A. **Strategic risk taking: A framework for risk management**. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2008.
- EVANS, L., GUTHRIE, G. **Commodity prices and the option value of storage**. Disponível em <https://ssrn.com/abstract=1003751>, Victoria University of Wellington, New Zealand, 2014. Acesso em: 21 nov. 2021.
- HAUGH, M. **Course packet for IEOR E4706: Foundations of financial engineering**. Courses offered at Columbia University: New York, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contas nacionais trimestrais**. IBGE, 4º. Trimestre 2020. Disponível em https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2121/cnt_2020_4tri.pdf. Acesso em 21 nov. 2021.
- KENSINGER, J. The capital investment project as a set of exchange options. **Managerial Finance**, vol. 14, n. 2/3, p. 16-27, 1988.
- MARQUES, N. L., BASTIAN-PINTO, C. L., BRANDÃO, L. E. T. A tutorial for modeling real options lattices from project cash flows. **Revista de Administração Contemporânea**, vol. 25, n. 1, 2020.
- MATSUNAGA, M., BEMELMANS, P. F., TOLEDO, P. E. N., DULLEY, R. D., OKAWA, H., PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção adotada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo – Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola**, tomo 1, ano 23, p. 123-139, 1976.

SANTOS, M. S. C., BRANDÃO, L. E. T., MAIA, V. M. Decisão de escolha de carreira no Brasil: uma abordagem por opções reais. **Revista de Administração da USP**, vol. 50, n. 2, p. 141-152, 2015.

VANDERLEI, Luiz O. de O.; CARMONA, Charles U. de M. A teoria das opções reais como ferramental para avaliação de projetos de investimentos sob incertezas. **Revista de Ciências Administrativas**, vol. 14, n. 1, p. 122-139, 2008.