



08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DE UM PROJETO EM UMA PLANTA DE MOAGEM DE CALCÁRIO USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.

JOSÉ RONALDO DO NASCIMENTO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS (IFMG)

NATAN FELIPE SILVA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS (IFMG)

WESLLAY CARLOS RIBEIRO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS (UNIFAL-MG)

LUCAS MAIA DOS SANTOS

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS (IFMG)

ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DE UM PROJETO EM UMA PLANTA DE MOAGEM DE CALCÁRIO USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.

1 INTRODUÇÃO

As decisões gerenciais são tomadas no intuito de agregar valor e a maximização dos resultados, sejam, tanto para sobrevivência das organizações, para arcar com seus custos de processos operacionais, também para gerar resultados para os *stakeholders*, ou seja, funcionários, sociedade e seus sócios, sendo os principais investidores. A difusão da aplicação da teoria das opções reais e análise de decisão na avaliação de investimentos é relativamente atual, sua aplicação vem ganhando adeptos (GRAHAM E HARVEY, 2001; DOS SANTOS, OLIVEIRA, PAMPLONA, 2005; JOAQUIM, ET AL. 2015).

É salutar esta análise dos projetos supracitados, haja vista, que no cenário competitivo e desafiador, mensurar o risco e viabilidade dos negócios de investimentos da organização proporciona uma visão financeira atual e futura deste e demais projetos, na intenção da maximização dos resultados.

Segundo dados da Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária no Brasil – CNA o país, dado o desenvolvimento alcançado nos últimos 40 anos, se tornará o “grande fornecedor de alimentos do futuro”. O setor é formado por uma grande quantidade de produtores rurais que aliados a técnicas modernas vem obtendo resultados crescentes na produção de alimentos e na geração de riquezas com reflexos positivos na economia do País. “Em 2020, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$ 1,98 trilhão ou 27% do PIB brasileiro. Dentre os segmentos, a maior parcela é do ramo agrícola, que corresponde a 70% desse valor (R\$ 1,38 trilhão), a pecuária corresponde a 30%, ou R\$ 602,3 bilhões.” (CNA, 2022).

Em Minas Gerais, segundo o Ministério da Agricultura, o ano de 2021 registrou um crescimento de 21,9% na produção agropecuária em relação ao ano de 2019 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2022).

As perspectivas de aumento da produção agrícola denotam a importância da existência de insumos e equipamentos que possam propiciar as condições deste crescimento e evitar os efeitos negativos da falta destes como ocorre atualmente com a crise dos semicondutores e seus efeitos no agronegócio (EMBRAPA, 2022).

Além disso, a utilização do calcário na Agricultura é considerada de baixo custo, auxilia na fertilização da planta, estimula o desenvolvimento de microrganismos e na eliminação de efeitos tóxicos de outros ativos químicos, possibilita um maior crescimento radicular das plantas e maior resistência da plantação a veranicos.

Outrossim, para se preparar para o aumento de produção buscado pelo setor do agro no país envolve também o investimento em insumos e equipamentos que vão além daquele realizado pelo produtor, para alcançar também os fabricantes de equipamentos e fornecedores de insumos.

Algumas empresas tomam decisões baseando-se apenas no “*feeling*” ou no empirismo ao decidir investir sem ao menos analisar profundamente as opções e os seus números. Sobretudo, atualmente, as organizações estão mais conscientes com suas decisões de investimento. Por meio de um planejamento de investimento é possível analisar os riscos envolvidos, as opções disponíveis, o melhor cenário para investir, o retorno que ele trará e em quanto tempo, (SILVA, 2010; DOS SANTOS, OLIVEIRA, PAMPLONA, 2005; JOAQUIM, ET AL. 2015).

A análise prévia de investimentos permite que se racionalize a utilização dos recursos de capital e evite sobressaltos com gastos inesperados, assegurando ao administrador uma tomada de decisão mais confiável. A utilização de métodos e fórmulas para a análise do investimento garante um resultado mais próximo do real, demonstrando como ficaria o cenário empresarial com a inclusão do investimento (CASAROTTO, FILHO E KOPITTKKE 2010, P. 93).

A importância da projeção e análise do investimento é um fator preponderante na saúde econômica da empresa. Se todas as empresas realizassem o estudo da viabilidade financeira e econômica de cada investimento que objetiva se concretizar, muitos projetos poderiam ter saído do papel (ou não), dependendo do resultado da análise (SILVA, 2016).

Por isso, este estudo pretende responder a seguinte pergunta de pesquisa: De que forma a análise de viabilidade de investimento, por meio de simulações de cenários, baseado no modelo de Monte Carlo aplicado sobre índices de viabilidade financeira, pode contribuir para a tomada de decisão em uma planta de moagem de calcário agrícola?

A partir deste estudo, esta será uma ferramenta para análise de seus próximos investimentos e aquisições, para se ter um estudo fundamentado nas práticas da administração, com o objetivo de se ter respostas antecipadas quanto a viabilidade e retorno de projetos futuros.

Esta pesquisa tem por objetivo geral avaliar a análise de viabilidade financeira e estatística e se o investimento em um novo equipamento de moagem destinado a uma planta de produção de calcário agrícola se mostra viável financeiramente. E tem como objetivos específicos: a) Aplicar o modelo de Monte Carlo a análise de investimento financeiro; b) Estimar o intervalo de confiança com base na simulação de cenários para índices financeiros aplicado a análise de investimento financeiro; c) Diagnosticar a viabilidade financeira do projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E LITERATURA EMPÍRICA

O processo de tomada de decisão na produção empresarial nem sempre é simples e muitas vezes deve ser pensado e analisado sobre diferentes ângulos, para além do produtivo, também sob o prisma financeiro e econômico. Esta complexidade pode ser mais presente em certos projetos dado o tipo de produção como é o caso da mineração como menciona Rodrigues et. al (2020) ao afirmar que “a decisão de investir em projetos de mineração é estratégica”. Sauvageau e Kumral (2018) entendem que “os projetos de mineração estão sujeitos a múltiplas fontes de incertezas de mercado”. Neste sentido, para Shiwei, Siwei, Han (2016) e Kumar, et. Al. (2016) o projeto na área de mineração é um importante instrumento para a tomada de decisão de investimento.

A decisão para realização do projeto como instrumento de planejamento e apoio a tomada de decisão pressupõe que ele próprio, o projeto, seja planejado para que possa se estruturar com os elementos e condições suficientes para a tomada de decisão apoiada. Para tanto, existem diversos indicadores e índices que podem auxiliar nesse planejamento. A literatura acerca de projetos de viabilidade econômico e financeira tem em Arifa, et. al (2022), que os indicadores de *payback*, Taxa Interna de Retorno – TIR e Valor Presente Líquido – VPL foram usados para analisar a viabilidade econômica da cultura de Pabda e do Peixe-gato em Bangladesh. Gumisiriza, Ndakidemi, Nalunga, Mbega (2022), utilizaram o VPL, TIR e o Payback para analisar o custo-benefício em um sistema hidropônico sem efeito estufa em pequena escala. Berrada (2022), utilizou a TIR e o VPL para analisar o desempenho financeiro em uma modelagem financeira e econômica de sistema de armazenamento de energia por gravidade em larga escala. Já Iglesias et al (2021), usaram o modelo de Monte Carlo para avaliar a TIR e o VPL em uma análise da avaliação

tecnoeconômica do bio-óleo produzido a partir de resíduos florestais de eucalipto. Por sua vez Price et al (2022), usou o modelo de Monte Carlo para analisar a Viabilidade Tecnoeconômica de um Sistema de Oncologia de Radiação Totalmente Móvel. Também Sauvageau, Kumral (2018), entendem que dada a complexidade do setor de mineração o apoio a tomada de decisão pode se apoiar na simulação de cenário baseada no modelo de Monte Carlo para medir “o fluxo de caixa em risco de um projeto de mineração.” Também Chen, et al. (2010), utilizaram o modelo de Monte Carlo para simular cenários ideais para que o VPL esperado do fluxo de caixa seja maximizado.

3 METODOLOGIA

Seguindo o raciocínio de Silva e Menezes (2008), este artigo se caracteriza como o de natureza aplicada com pressupostos em avaliação financeira de projetos, sendo assim tem sua aplicabilidade reforçada por se tratar de um estudo de caso real e de sucesso.

A pesquisa é notoriamente quantitativa, pois, utiliza de métodos oriundos das ciências físicas, da matemática e da estatística. Caracteriza-se pela adoção de métodos dedutivos e busca a objetividade, a validade e a confiabilidade (ZANELLA, 2011).

O método utilizado foi o raciocínio dedutivo, sob o construto da utilização de técnicas de simulação e modelos matemáticos e estatísticos, através de dados analisados por premissas, uma vez que o estudo abordou estimativas de fluxo de caixa. Em se tratando da pesquisa os fatos demonstram ser notoriamente quantitativa, pela utilização de experimentos numéricos e previsões estatísticas através do retorno financeiro do projeto.

Este artigo apresenta algumas definições sobre indicadores financeiros e econômicos e explica a Simulação de Monte Carlo, e sobre a avaliação financeira e econômica de projetos.

Quanto aos objetivos, a estudo é de característica exploratória, contudo estabelece conceitos e informações que tratam da bibliografia e o estudo de caso, que apresenta aplicações reais dos conceitos abordados e por fim segue com as considerações e conclusões.

A coleta de dados foi feita por meio de análise documental, no período do projeto que foi de setembro de 2020 a maio de 2022. Foram feitas entrevistas e reuniões com os departamentos de gerenciamento de projetos, engenharia, produção, compras, planejamento, contabilidade e financeiro que podem ser respondidos na forma escrita ou oralmente, em uma interrogação presencial, com um pesquisador anotando as respostas, os pesquisadores podem determinar a formulação e a sequenciação das perguntas e as possíveis respostas, também são incluídas algumas questões de texto aberto ou livre, às quais os respondentes podem responder com suas próprias palavras.

A partir deste estudo, esta será uma ferramenta para análise de seus próximos investimentos e aquisições, para se ter um estudo fundamentado nas práticas da administração, com o objetivo de se ter respostas antecipadas quanto a viabilidade e retorno de projetos futuros.

Demonstrar através de análise de viabilidade o valor real do investimento, e de forma relevante, mensurar através de projeções e cálculos, quanto ao retorno e tempo que o capital investido se paga.

3.1 Indicadores de Análise de Viabilidade Econômica

Para análise dos resultados serão utilizados os indicadores financeiros Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o método estatístico Simulação de Monte Carlo.

3.1. 2 Fluxo de caixa livre

A avaliação econômica de um projeto de investimento tem por objetivo mensurar sua rentabilidade intrínseca, sendo assim, sua capacidade de geração de renda sem a inclusão dos fluxos provenientes da forma como será financiado, a avaliação do fluxo de caixa livre (FCL), sendo assim, demonstra as atividades operacionais do projeto. Portanto, torna-se um fluxo disponível para todos os provedores do capital, contudo, o FCL é o fluxo gerado das operações, líquido de impostos, menos os dispêndios de capital aplicados no projeto, que proverão o seu crescimento, ou seja, seu reinvestimento, (SAMANEZ, 2007).

A fórmula para o cálculo de acordo com Samanez, (2007), pode ser obtida de acordo com a equação X (numerar as equações):

$$\text{FCL} = \text{Lucro Operacional depois dos impostos} - \text{Dispêndios de capital} - \text{Mudanças no capital de giro} + \text{Depreciação} \quad (1)$$

3.1.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O método do valor presente líquido (VPL), tem por finalidade, calcular o valor presente, bem como as prospecções futuras relativas a uma opção de investimento, medindo o valor presente dos fluxos de caixa obtidos pelo projeto no decorrer de sua vida útil, sem restrições de capital, tendo como premissa a escolha ótima, pois maximiza o valor da empresa, (SAMANES, 2010). Ainda de acordo com o mesmo autor, pode ser obtido por meio da equação 2:

$$VPL = -1 + \sum_{t=1}^n \frac{FC}{(1+i^*)^t} \quad (2)$$

3.1.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Certamente a expressão por si diz que a TIR é a taxa interna de retorno do investimento, mas com o objetivo de encontrar a taxa intrínseca de rendimento e não a avaliação da rentabilidade absoluta de determinado custo de capital, como o VPL, (SAMANEZ, 2010), que também pode ser obtida pela equação 3:

$$VPL = -1 + \sum_{t=1}^n \frac{FC}{(1+i^*)^t} = 0 \quad (3)$$

Portanto, mensura-se que $i^* > K$, então o investimento torna-se viável.

3.1.5 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) pode ser considerada como um benchmark a ser utilizada pelo investidor para comparar a viabilidade de seus investimentos a uma taxa livre de risco. Para Schroeder et al. (2005) a “TMA é uma taxa que pode ser definida de acordo com a política de cada empresa.” Assim a TMA pode ser considerada como o retorno mínimo exigido para a empresa para justificar a realização de determinado investimento.

3.2 Simulação de Monte Carlos e Parâmetros Estatísticos

A simulação de Monte Carlos é utilizada para avaliar uma opção, a simulação e usa o resultado da avaliação risco, com isto obtém-se amostras de caminhos para descobrir o resultado esperado em um conjunto de cenários risco e então desconta-se esse resultado à taxa de juros livre de risco. Considera-se um derivativo dependente de uma única variável de mercado S , que oferece um resultado no tempo T , com isto pressupõe-se que as taxas de juros são constantes. Deve-se seguir as seguintes etapas: 1) Obtenha uma amostra de um caminho aleatório para S em mundo risco; 2) Calcule o resultado do derivativo; 3) Repita os passos 1 e 2 para obter muitos valores amostrais do resultado do derivativo em um mundo risco; 4) Calcule a média dos resultados amostrais para obter uma estimativa do resultado esperado em um mundo risco; 5) Desconte esse resultado esperado à taxa de juros livre de risco para obter uma estimativa do valor do derivativo, (HULL, 2016).

$$S = \mu S dt + \sigma dz \quad (4)$$

Onde dz é um processo de Wiener, é o retorno esperado em um mundo risk-neutral e σ é a volatilidade. Para simular o caminho seguido por S , podemos dividir a vida do derivativo em N breves intervalos de duração t e aproximar a equação como:

$$S(t + \Delta t) - S(t) = \mu S(t)\Delta t + \sigma S(t)\epsilon\sqrt{\Delta t} \quad (5)$$

Onde $S(t)$ denota o valor de S no tempo t , ϵ é uma amostra aleatória de uma distribuição normal com média zero e desvio padrão de 1,0. Isso permite que o valor de S no tempo t seja calculado a partir do valor inicial de S , o valor no tempo $2t$ seja calculado a partir do valor no tempo t e assim por diante. Um teste de simulação envolve construir um caminho completo para S usando N amostras aleatórias de uma distribuição normal.

Na prática, geralmente é mais preciso simular $\ln S$ em vez de S . De acordo com o lema de Itô, o processo seguido por $\ln S$ é:

$$d\ln S = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) dt + \sigma dz \quad (6)$$

$$\text{Assim sendo: } \ln S(t + \Delta t) - \ln S(t) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma \epsilon \sqrt{\Delta t}$$

$$\text{Desta mesma forma: } S(t + \Delta t) = S(t) \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma \epsilon \sqrt{\Delta t} \right] \quad (6)$$

Essa equação é utilizada para construir um caminho para S . Trabalhar com $\ln S$ em vez de S aumenta o nível de precisão. Além disso, se μ e σ são constantes:

$$\ln S(t) - \ln S(0) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) T + \sigma \epsilon \sqrt{T}$$

É verdadeiro para todos os T ¹³:

$$S(T) = S(0) \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) T + \sigma \epsilon \sqrt{T} \right] \quad (7)$$

A simulação de Monte Carlo, associada a modelos de finanças, fornece como resultado aproximações para distribuição de probabilidade dos parâmetros que estão sendo aplicados, através de diversas simulações, onde em cada uma delas, gera-se valores aleatórios, para o conjunto de variáveis e parâmetros dos modelos que estão susceptíveis às incertezas, estes valores devem aleatórios seguem distribuições de probabilidades que devem ser previamente identificadas e estimadas, (BRUNI, FAMÁ e SIQUEIRA, 1998).

Quando se realiza um teste de hipóteses controla-se o erro do tipo I, fixando a sua probabilidade de ocorrência α , todavia para encontrar α , ou seja, do erro tipo II não é fixada, e o seu cálculo é feito atribuindo alguns valores, escolhidos dentro do caso alternativo, (CARRASCO e SILVA, 2020).

Segundo Bussab e Morettin (1987), o objetivo do teste de hipóteses é dizer, através de uma estatística obtida de uma amostra, se a hipótese H_0 é ou não refutável, isto é, obtido através de uma região crítica (RC) ou de rejeição. Esta região é construída de modo que $P(\hat{I} \in RC | H_0 \text{ é verdadeira}) = \alpha$. Se o valor da estatística observada pertencer a RC, rejeita-se H_0 . Caso contrário, não se rejeita.

Sendo assim, se $\hat{I} \in RC$ rejeita-se H_0 , caso contrário, não teremos evidência suficiente para rejeitarmos H_0 .

Para se ter uma mensuração do efeito do tamanho amostral no cálculo do erro tipo 1, utilizaremos Figura 1 abaixo:

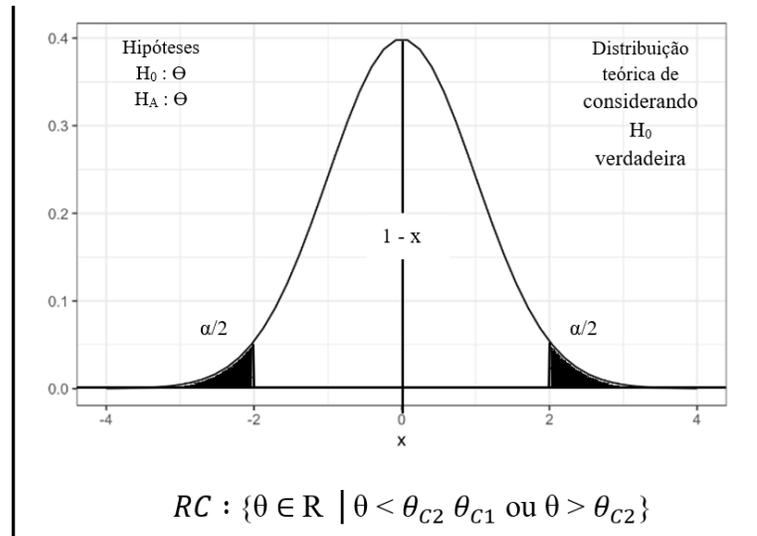


Figura 1: Carrasco e Silva, (2009), adaptado pelos autores.

Onde: Z= distribuição de probabilidade normal conforme tabela e n= número de amostras.

Suponha que uma característica de qualidade seja normalmente distribuída com média no desvio padrão σ , onde ambos são conhecidos. Se X_1, X_2, \dots, X_n , de uma amostra de tamanho n , então a média desta amostra é:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

e nós sabemos que x é normalmente distribuído com média μ e desvio padrão σ/\sqrt{n} . Além disso, a probabilidade é 1 e que qualquer média amostral cairá entre

$$\sigma \mu + Z_{\alpha/2} \sigma_x = \mu + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{e} \quad \mu - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \mu - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

Portanto, se μ e σ são conhecidos, a equação (6.1) pode ser usada como limites de controle superior e inferior em um gráfico de controle para médias amostrais, é de costume substituir $Z_{\alpha/2}$, por 3, de modo que os limites de três sigmas são empregados, se uma média amostral estiver fora desses limites, é uma indicação de que a média do processo não é mais igual a μ , então a característica da qualidade é normal, na prática, geralmente não conheceremos μ e σ , portanto, eles devem ser estimados a partir de amostras preliminares ou subgrupos colhidos quando se pensa que o processo está sob controle. Essas estimativas geralmente devem ser baseadas em pelo menos 20 a 25 amostras. Suponha que as mostras estão disponíveis, cada uma contendo n observações sobre a característica de qualidade. Tipicamente, n será pequeno, geralmente 4, 5 ou 6. Esses pequenos tamanhos de amostra geralmente resultam da construção de subgrupos racionais e do fato de que os custos de amostragem e inspeção associados às medições de variáveis são geralmente relativamente grandes. Deixar x_1, x_2, \dots, x_m seja a média de cada amostra. Então o melhor estimador de μ , a média do processo, é a média geral, (MONTGOMERY, 2009).

$$\text{Limite inferior: } \mu - Z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (9) \quad \text{Limite superior: } \mu + Z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

Tolerância :

Seja k um número entre 0 e 100. Um intervalo de tolerância para incluir pelo menos $k\%$ dos valores de uma distribuição normal da população com nível de confiança de 95% possui a forma $\bar{X} \pm (\text{valor crítico de tolerância}) \times S$. Os valores críticos de tolerância para $k = 90, 95$ e 99 em combinação com vários tamanhos de amostra, que também inclui valores críticos para um nível de confiança de 99% (esses valores são maiores que os valores de 95% correspondentes). Substituir por fornece um limite de tolerância superior, e usar no lugar de resultado um limite de tolerância inferior, (DEVORE, 2006).

$$\text{Tolerancia} = \frac{|\text{Erro}|}{n} \quad (11)$$

Intervalo de confiança:

$$IC = \mu \pm Z \left(\frac{\sigma}{\sqrt{N}} \right) \quad (12)$$

Os intervalos de confiança não permitem julgar qual a possível magnitude do erro que se está cometendo, tem-se então a ideia de construir os intervalos de confiança, que são baseados na distribuição amostral do estimador pontual. Suponha que queiramos estimar a média μ de uma população qualquer, e para tanto usamos a média \bar{X} de uma amostra de tamanho n , (MORETTIN e BUSSAB, 2010).

$$e = (\bar{X} - \mu) N(0, \sigma_x^2) \quad (13)$$

Com $\text{Var}(\bar{X}) = \sigma_x^2 = \frac{\sigma^2}{n}$, determina-se, qual a probabilidade de cometer erros de determinadas magnitudes, por exemplo:

$$P(|e| < 1,96\sigma_{\bar{x}} = 0,95 \text{ ou } P(|\bar{X} - \mu| < 1,96\sigma_{\bar{x}} = 0,95$$

Que também é equivalente a: $P(-1,96\sigma_{\bar{x}} < \bar{X} - \mu < 1,96\sigma_{\bar{x}} = 0,95$

$$\text{e finalmente: } P(\bar{X} - 1,96\sigma_{\bar{x}} < \mu < \bar{X} + 1,96\sigma_{\bar{x}} = 0,95 \quad (14)$$

Obtida a distribuição amostral de um estimador, pode-se calcular a sua variância, caso não seja possível obter a distribuição exata, usa-se uma aproximação, se essa estiver disponível, como no caso de \bar{X} , e a variância do estimador será a variância dessa aproximação. Por exemplo, para a média amostral \bar{X} , obtida de uma amostra de tamanho n , temos a fórmula do erro, (BUSSATI e MORETIIN, 2010).

$$E = z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (15)$$

4. Resultados e discussões

4.1 Premissas estocásticas do Modelo

A primeira etapa no processo de análise dos resultados trata-se em mapear as variáveis de decisão (premissas estocásticas), ou seja, variáveis que serão necessária para dar sequência a análise da viabilidade econômica, como custos fixos, variáveis, preço estimado de venda, expectativa de produção entre outras. A Tabela 1 apresenta a síntese dos custos fixos e variáveis.

Tabela 1: Variáveis do modelo

Variável	Valor (R\$)
Preço de Venda Máximo (tonelada)	200
Preço de Venda Mínimo (tonelada)	160
Produção Média (tonelada)	22.000
Desvio Padrão Produção	2.500
Custo Mat. Prima Compra (min)	60
Custo Mat. Prima (max) Compra	70
Custo Despesas Fixas:	398.889
Depreciação anual	22.166,67
Custo Energia elétrica por Tonelada Mínimo	3
Custo Energia elétrica por Tonelada Máximo	4
TMA. ANUAL	30 %

Fonte: dados da pesquisa, 2022.

Observa-se na Tabela 1, os custos variáveis por tonelada os custos fixo, o preço de venda estimado, a produção média, e a variação de produção. O preço de venda máximo e mínimo foram estipulados conforme o setor de inteligência de mercado, a produção média histórica conforme dados fornecidos pelo fabricante que também forneceu o desvio padrão, além do mais foi

considerado a produção média listada na Tabela 1, já leva em consideração os parâmetros de eficiência da máquina que está fixado em 85 %. O custo de matéria prima leva em consideração o custo de aquisição da extração do calcário virgem, já com os custos logísticos embutidos, e tem uma variação máxima e mínima que foi pré-definida conforme valores históricos e com atribuição da inflação, levando-se em consideração possíveis aumentos. Os custos fixos levam em consideração custos como manutenção preventiva e preditiva, custo de seguro da fábrica, os custos relacionados a mão de obra que levam em consideração o número de funcionários, seus respectivos salários com encargos, benefícios, participação nos lucros entre outros. A variável depreciação anual foi estipulada pelo setor de contabilidade levando em consideração os parâmetros e especificidades da máquina. Os custos de energia elétrica também levam em consideração o máximo e mínimo. A TMA (taxa mínima de atratividade) levou em consideração o valor mínimo que os acionistas da empresa pretendem receber com o investimento no projeto.

4.2 Análise de Viabilidade Econômica

Para realizar a Simulação de Monte Carlo foi utilizado a geração de números aleatórios pelo Microsoft Excel, onde consideramos a distribuição de probabilidade normal como os (RODRIGUES, NUNES E ADRIANO, 2018; MALAQUIAS et al. 2021). Os resultados são gerados aleatoriamente e registrados na planilha considerando um nível de confiança estatística de 95%, o que significa que os resultados gerados através da Simulação de Monte Carlo estarão em 95% das vezes dentro do intervalo para da média populacional. A tolerância (erro padrão estimado) será de 2%, para chegar a este valor foram simulados 10 mil cenários.

As variáveis de entrada do modelo foram utilizadas para gerar os fluxos de caixa livre, ou seja, através das variáveis presentes na Tabela 1 com o auxílio da Simulação de Monte Carlo utilizando a distribuição de probabilidade normal foram gerados 10 mil cenários e a partir de cada cenário foi calculado o VPL e a TIR.

Com os resultados de saída da Simulação de Monte Carlo foram TIR e o VPL, foram estimadas as análises estatísticas descritivas é inferencial que geraram o intervalo de confiança, os gráficos de distribuição de frequência e a estimativa de risco que completam a saída das análises.

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises.

Tabela -2: Saídas estáticas do Modelo

Indicador	Média	Desvio	Erro	Limite inferior	Limite superior	Tolerância
VPL	\$ 1.548.071,01	\$ 2.435.911,98	\$ 47.743,87	\$ 1.500.327,13	\$ 1.595.814,88	2%
TIR	0,316494	0,025494	0,000500	0,315994	0,316994	2%

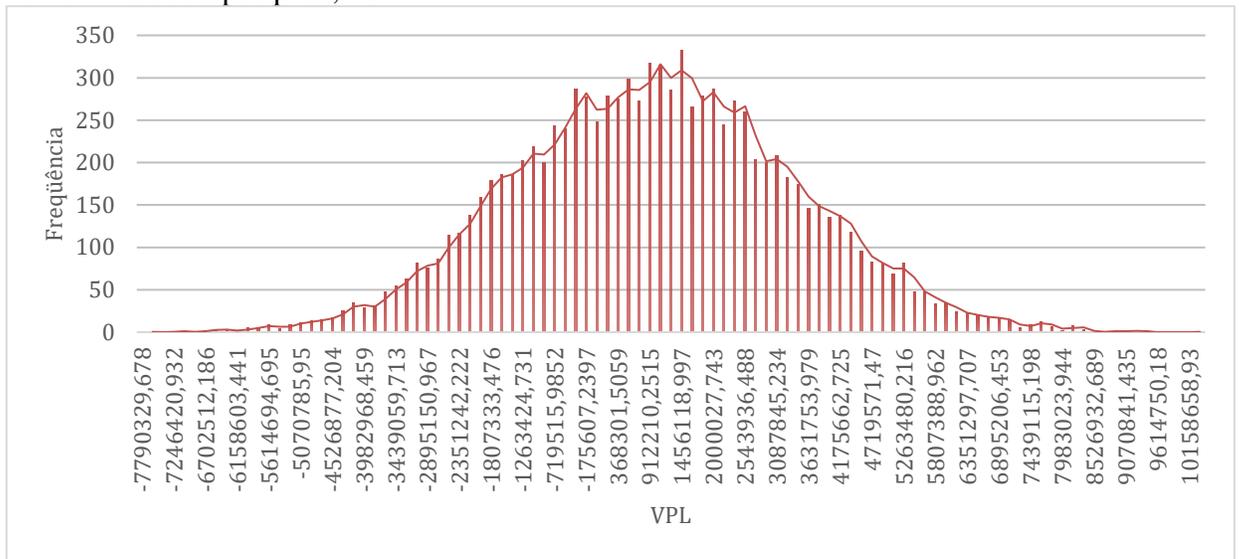
Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

Através das saídas obtidas com os 10 mil cenários gerados podemos observar a viabilidade do projeto levando em conta o VPL positivo e TIR que superou a TMA. Para ampliar o horizonte de análise podemos construir intervalos de confiança e gerar os gráficos de frequência abaixo segue intervalo de confiança do VPL. O intervalo de confiança pode ser observado na equação (8) a seguir.

$$IC=1.500.327,13 < VPL < 1.595.814,88 \text{ para } C= 95 \% \quad (16)$$

Podemos concluir com análise do intervalo de confiança do VPL que o VPL varia entre R\$1.500.327,13 e R\$1.595.814,88 com nível de confiança de 95 %. Após análise do intervalo de confiança podemos analisar no Gráfico 1 a distribuição de frequência do VPL gerado pelos cenários da Simulação.

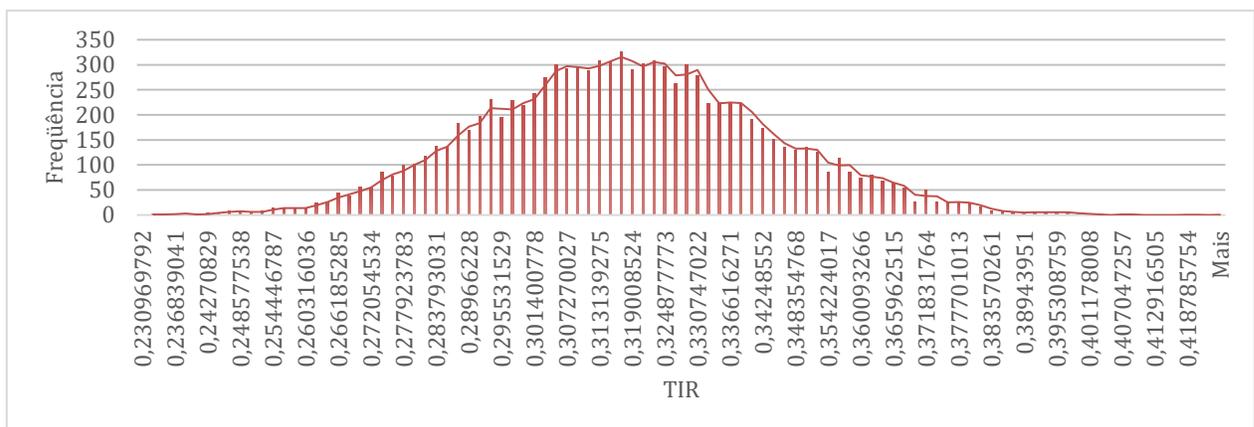
Gráfico 1- Histograma VPL
 Fonte: Dados da pesquisa, 2022.



Para analisar estatisticamente os resultados da TIR pode-se repetir o processo com o VPL, abaixo segue o intervalo de confiança elaborado com a TIR Equação (17) e a distribuição de frequências elaborada com o Gráfico 2

$$IC= 0,315994 < TIR < 0,316994 \text{ para } C= 95\% \quad (17)$$

Gráfico 2- Histograma da TIR



Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se com análise do intervalo de confiança e Gráfico 2, que a TIR varia entre 0,315994 e 0,316994 com nível de confiança de 95 %, ou seja, o intervalo de confiança indica que a probabilidade de 95 % da TIR está acima da TMA, portanto o projeto se considera viável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente estudo foi realizar uma análise de viabilidade financeira para a ampliação de um setor de moagem de calcário em uma empresa localizada no Centro Oeste de Minas Gerais. Para realizar tal estudo foi utilizado o Método de Simulação de Monte Carlo, com intuito de gerar diversos cenários e fornecer maior robustez a análise de viabilidade financeira.

A Simulação de Monte Carlo utilizou os dados fornecidos pelos setores da empresa, que já possuíram uma estimativa dos custos variáveis e fixos. O preço de venda máximo e mínimo também foi fornecido pelo setor de inteligência de mercado da empresa que possui uma base de dados histórica de preços e uma estimativa de preços futuros. Com os dados fornecidos foi gerado a Simulação de Monte Carlo considerando a distribuição de probabilidades normal, onde foram projetados os fluxos de caixa livre para calcular a TIR e VPL, indicadores que foram utilizados para tomada de decisão do projeto.

Com os outputs da Simulação de Monte Carlo pode-se obter resultados estatísticos que possibilitaram a construção de intervalos de confiança com intuito de estimar com maior precisão os resultados e dar maior segurança na tomada de decisão. Em ambas as análises tanto do VPL e TIR tomando índice de significância de 95%, a demonstração que o projeto de implantação de sistema de Moagem se faz viável. Além do mais o artigo conclui que o Método de Simulação de Monte Carlo forneceu uma maior robustez na análise de viabilidade econômica, o que vai de encontro com outros estudos de viabilidade que utilizaram esse método (MALAQUIAS et al. 2021, RODRIGUEZ; NUNES E ADRIANO, 2010; RIBEIRO et al. 2016; PRICE et al. 2022)

Apesar do estudo atingir o objetivo proposto, os autores salientam que ainda não esgotaram a possibilidade de investigação. Como sugestão de estudos futuros sugere-se aplicação da Simulação de Monte Carlo, utilizando outras distribuições de Probabilidade como triangular (MACHADO E FERREIRA, 2012), e aplicação da Simulação de Monte Carlo para gerar cenários de outros indicadores financeiros como: Payback, Capex entre outros.

6. REFERÊNCIAS

ARIFA, Begum, M.K., LALON, R.M. et al. Economic feasibility of Pabda and stinging catfish culture in recirculating aquaculture systems (RAS) in Bangladesh. *Aquacult Int* **30**, 445–465 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00807-1>. Acesso em: 12 de junho de 2022.

BERRADA, A., Financial and economic modeling of large-scale gravity energy storage system, *Renewable Energy*, Volume 192, 2022, Pages 405-419, ISSN 0960-1481, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.086>>. Acesso em: 05 de junho de 2022.

BRUNI, ADRIANO LEAL; FAMÁ, RÚBENS; SIQUEIRA. Análise do Risco na Avaliação de Projetos de Investimento: uma aplicação do método de monte carlo. *Caderno de Pesquisas em*

Administração. São Paulo. v. 1. n. 6, 1º trim/1998. Disponível em: <<https://bertolo.pro.br/MetodosQuantitativos/Simulacao/c6-Art7.pdf>>. Acesso em: 03 de julho de 2022.

BUSSAB, Wilton de O.; MORETTIN, Pedro A. A. Estatística básica. 4. ed. São Paulo: Atual, 1987.

CASSAROTTO, FILHO NELSON E KOPITTKKE, BRUNO H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CARRASCO, Cleber Giuglioli; Silva, Luciano Amaral da. **Avaliação de erro Tipo 1 de um teste de Hipótese para a média**. *Revista Mosaicum*. n. 9. 2009. Disponível em: <<https://www.revistamosaicum.org/index.php/mosai-cum/article/view/354/313>>. Acesso em: 03 de julho de 2022.

CHEN W., et. Al. **A Monte-Carlo ant colony system for scheduling multi-mode projects with uncertainties to optimize cash flows**. IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2010, pp. 1-8, Disponível em: <doi: 10.1109/CEC.2010.5586125>. Acesso em: 11 de junho de 2022.

CNA – Confederação Nacional Das Indústrias. Panorama do Agro. Disponível em: <<https://cnabrasil.org.br>> Acesso em 14 de junho de 2022.

DEVORE, Jay L.; CORDEIRO, Marcos Tadeu Andrade. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. Cengage Learning Edições Ltda., 2006.

DOS SANTOS, Mateus, OLIVEIRA, Elieber; PAMPLONA, Edson de. **Teoria das Opções Reais: uma atraente opção no processo de análise de investimentos** *Revista de Administração - RAUSP*, vol. 40, núm. 3, julio-septiembre, 2005, pp. 235-252 Universidade de São Paulo São Paulo, Brasil.

EMBRAPA. **Embrapa discute na Câmara efeitos da crise dos semicondutores no agro**. Disponível em: <<https://embrapa.br>> Acesso em 14 de junho de 2022. Acesso em: 08 de junho de 2022.

GRAHAM, J. R. & Harvey, C. R. **The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field**. *Journal of Financial Economics* 60: pp.187-243. 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(01\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(01)00044-7). Acesso em: 20 de junho de 2022.

GUMISIRIZA, Patrick Ndakidemi, ASHA NALUNGA, Ernest R. Mbega, **Building sustainable societies through vertical soilless farming: A cost-effectiveness analysis on a small-scale non-greenhouse hydroponic system**, *ustainable Cities and Society*, Volume 83, 2022, 103923, ISSN 2210-6707. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103923>>. Acesso em: 09 de junho de 2022.

HULL, John C. **Opções, futuros e outros derivativos**. Tradução: Francisco Araújo da Costa; revisão técnica: Guilherme Ribeiro de Macêdo. – 9. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2016.

Iglesias, S.P. et al, **Techno-economic assessment of bio-oil produced from Eucalyptus forestry residues**, Industrial Crops and Products, Volume 171, 2021, 113936, ISSN 0926-6690, <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113936>>. Acesso em 10 de junho de 2022.

JOAQUIM, Maísa Santos et al. **Aplicação Da Teoria Das Opções Reais Na Análise De Investimentos Em Sistemas Agroflorestais**. CERNE [online]. 2015, v. 21, n. 3 [Acessado 4 Julho 2022] , pp. 439-447. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01047760201521031658>>. ISSN 2317-6342. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01047760201521031658>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

KUMAR, Abhishek, et al. **A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 69, 2017, Pages 596-609, ISSN 1364-0321. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191>>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

MACHADO, Nilton Roberto dos Santos. FERREIRA, Alessandre Oliveira. **Método de simulação de Monte Carlo em planilha Excel**. Revista de Ciências Gerenciais. Vol. 16, Nº. 23, Ano 2012

MALAQUIAS, R.M.; PENHA, M.; BARBIERO, A.A; MOGNON, V, R; PENTEADO, R. **Avaliação de custo, preço, viabilidade e análise de risco para inserção de novos produtos no mercado nacional de energia elétrica**. Brazilian Journal of Denvelopmente, 2021.

Ministério Da Agricultura. **Valor Bruto da Produção agropecuária de Minas Gerais deve alcançar R\$ 87 bilhões**. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br>> Acesso em 14 de junho de 2022.

MONTGOMERY, Douglas, C. **Introduction to Statistical Quality Control**, 2009. 6. Edition.

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton de O. A. **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Atual, 2010.

PRICE, A.T. Et Al. **Techno-Economic Feasibility Analysis of a Fully Mobile Radiation Oncology System Using Monte Carlo Simulation**. Radiation oncology. 2022. DOI : Disponível em:<<https://doi.org/10.1200/GO.21.00284>>. Acesso em 08 de junho de 2022.

RIBEIRO, R.H.; NOBRE, L.H.N.; NOBRE, F.C.; CALILI, J.F. **Análise de viabilidade financeira de um investimento em uma empresa da indústria salineira com Simulação de Monte Carlo**. Exacta-EP, São Paulo, 2016.

RODRIGUES, Alexandre de Cássio; SILVEIRA, Gontijo, Tiago; DIAS de Almeida, GEORGENES, Cláudio. **DOAJ Directory of Open Access Journals - South American Development Society Journal**, 2020-02-01, Vol.5 (15), p.122

RODRIGUES, E.M.; NUNES, R.V.; Adriano, N.A. **A simulação de Monte Carlo como instrumento para a análise econômico-financeira em investimentos de risco - O caso de uma decisão de investimento na abertura de uma filial para revenda de equipamentos pesados no Estado do Ceará**. XV Congresso Brasileiro de Custos – Belo Horizonte - MG, Brasil, 03 a 05 de novembro de 2010.

_____. **Gestão de Investimento e Geração de Valor**. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2007. 380 p.

SAMANEZ, Carlos. Patrício. **Matemática Financeira**. 5. Ed. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2010. 274 p.

SAUVAGEAU, Mathieu. KUMRAL, Mustafa 2018, **Cash flow at risk valuation of mining project using Monte Carlo simulations with stochastic processes calibrated on historical data**. The Engineering Economist, Taylor & Francis Journals, vol. 63(3), pages 171-187, July.

SCHROEDER, Jocimari Tres, et al. **O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento**. Revista Gestão Industrial 1.2 (2005). Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/163>>. Acesso em: 11 de Julho de 2022.

SILVA, Antônio Carlos Ribeiro Da. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade: Orientações de Estudos, Projetos, Artigos, Relatórios, Monografias, Dissertações, Teses**. 2010. 3ª edição. Atlas.

SILVA, L. S.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Manual de orientação. Florianópolis, 2001.

SHIWEI, Yu, SIWEI Gao, Han sun, **A dynamic programming model for environmental investment decision-making in coal mining**, Applied Energy, Volume 166, 2016, Pages 273-281, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.099>. Acesso em: 19 de junho de 2022.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia de pesquisa**. 2ª ed. rev. atual. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2011.