

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Faculdade de Ciências Econômicas**  
**Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração**

Deyller de Sousa Lima

**CASH FLOW AT RISK: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA NO GERENCIAMENTO DE  
RISCOS CORPORATIVOS**

**Belo Horizonte**

**2024**

Deyller de Sousa Lima

**CASH FLOW AT RISK: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA NO GERENCIAMENTO DE RISCOS CORPORATIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Gestão Estratégica de Negócios da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para o grau de Especialização.

Orientador: Aureliano Angel Bressan

Belo Horizonte

2024

Ficha catalográfica

L732c  
2024

Lima, Deyller de Sousa.  
Cash Flow at Risk [manuscrito] : uma ferramenta estratégica no gerenciamento de riscos corporativos / Deyller de Sousa Lima. – 2024.  
1 v.:il.

Orientador: Aureliano Angel Bressan.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração.  
Inclui bibliografia.

1. Administração. 2. Administração de risco. I. Bressan, Aureliano Angel. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração. III. Título.

CDD: 658



**Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Faculdade de Ciências Econômicas**  
**Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração**  
**Curso de Especialização em Gestão Estratégica**

ATA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO do Senhor **DEYLLER DE SOUSA LIMA**, matrícula nº 2022693013. No dia 05/08/2024 às 17:30 horas, reuniu-se em sala virtual, a Comissão Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, indicada pela Coordenação do Curso de Especialização em Gestão Estratégica - CEGE, para julgar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**CASH FLOW AT RISK: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA NO GERENCIAMENTO DE RISCOS CORPORATIVOS**", requisito para a obtenção do Título de Especialista. Abrindo a sessão, o orientador e Presidente da Comissão, Prof. Aureliano Angel Bressan, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares de apresentação do TCC, passou a palavra ao aluno para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, seguida das respostas do aluno. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença do aluno e do público, para avaliação do TCC, que foi considerado:

APROVADO

NÃO APROVADO

83 pontos (OITENTA E TRÊS PONTOS) trabalhos com nota maior ou igual a 60 serão considerados aprovados.

O resultado final foi comunicado publicamente ao aluno pelo orientador e Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Senhor Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 05/08/2024.

Prof. Dr. Aureliano Angel Bressan  
(Orientador - CAD/UFMG)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** AURELIANO ANGEL BRESSAN  
Data: 06/08/2024 17:07:52-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Frank Magalhães de Pinho  
(CAD/UFMG)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** FRANK MAGALHAES DE PINHO  
Data: 06/08/2024 18:26:22-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente ao Professor Orientador Aureliano Angel Bressan por sua orientação valiosa e aos meus amigos de classe por sua colaboração e apoio.

Agradeço também a todos que contribuíram de alguma forma para este trabalho. Sua ajuda foi fundamental para o sucesso deste projeto. Muito obrigado a todos.

## RESUMO

Este estudo explora uma abordagem abrangente para compreender o contexto dos riscos corporativos, destacando elementos-chave e ferramentas essenciais, como o Value at Risk (VaR) e o Cash Flow at Risk (CFaR). Além disso, enfatiza-se a importância da simulação de Monte Carlo como uma técnica fundamental na gestão de riscos e na tomada de decisões para empresas não financeiras. Inicialmente, são apresentados os conceitos fundamentais de gestão de riscos corporativos, ressaltando a necessidade de compreender e quantificar os riscos financeiros e operacionais enfrentados pelas organizações. Em seguida, são introduzidos o VaR e o CFaR como ferramentas cruciais para avaliar e mitigar esses riscos. O VaR é discutido como uma medida estatística que quantifica o potencial de perda financeira em um determinado intervalo de tempo e nível de confiança. Por sua vez, o CFaR é abordado como uma extensão do VaR, focando especificamente na avaliação dos riscos relacionados ao fluxo de caixa de uma empresa. Destaca-se também a simulação de Monte Carlo como uma técnica poderosa para modelar cenários de risco e avaliar sua probabilidade e impacto. Essa abordagem permite uma compreensão mais holística dos riscos enfrentados pelas empresas e auxilia na formulação de estratégias de gestão de riscos mais eficazes. Conclui-se que a combinação do VaR, CFaR e simulação de Monte Carlo oferece às empresas não financeiras uma base sólida para identificar, quantificar e gerenciar seus riscos de forma proativa. Essas ferramentas são essenciais para aprimorar a resiliência organizacional e otimizar a tomada de decisões em um ambiente empresarial cada vez mais complexo e volátil.

Palavras-chave: Riscos corporativos, Value at Risk (VaR), Cash Flow at Risk (CFaR), Simulação de Monte Carlo.

## **ABSTRACT**

This study explores a comprehensive approach to understanding the context of corporate risks, highlighting key elements and essential tools such as Value at Risk (VaR) and Cash Flow at Risk (CFaR). Additionally, it emphasizes the importance of Monte Carlo simulation as a fundamental technique in risk management and decision-making for non-financial companies. Initially, fundamental concepts of corporate risk management are presented, emphasizing the need to understand and quantify the financial and operational risks faced by organizations. Subsequently, VaR and CFaR are introduced as crucial tools for assessing and mitigating these risks. VaR is discussed as a statistical measure that quantifies the potential financial loss within a given time frame and confidence level. CFaR, in turn, is addressed as an extension of VaR, specifically focusing on evaluating risks related to a company's cash flow. It is highlighted the application of CFaR for non-financial companies and the pursuit of risk assessment in market, business, geopolitical, and other contexts. The Monte Carlo simulation is also highlighted as a powerful technique for modeling risk scenarios and assessing their probability and impact. This approach allows for a more holistic understanding of the risks faced by companies and aids in formulating more effective risk management strategies. It is concluded that the combination of VaR, CFaR, and Monte Carlo simulation offers non-financial companies a solid foundation to identify, quantify, and manage their risks proactively. These tools are essential for enhancing organizational resilience and optimizing decision-making in an increasingly complex and volatile business environment.

**Keywords:** Corporate risks, Value at Risk (VaR), Cash Flow at Risk (CFaR), Monte Carlo simulation.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo de Gerenciamento de Riscos .....	19
Figura 2 – VaR (99%) .....	21



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VaR Value at Risk

CFaR Cash Flow at Risk

ETR Elementos de Terras Raras

SMC Simulação de Monte Carlo

VPL Valor Presente Líquido

TIR Taxa Interna de Retorno

EBITDA Earnings before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	13
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
3.1. RISCOS.....	16
3.1.1. MODELO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS.....	17
3.2. VALUE AT RISK .....	18
3.2.1. APLICAÇÃO DO VAR .....	19
3.2.2. ABORDAGEM DA VARIAÇÃO HISTÓRICA.....	20
3.2.3. MÉTODO ANALÍTICO .....	21
3.2.4. ABORDAGEM DO VAR COM SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO .....	22
3.3. CASH FLOW AT RISK.....	22
3.3.1. CÁLCULO DO CASH FLOW AT RISK .....	25
3.4. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO .....	26
<b>4. CFaR COMO ALTERNATIVA ESTRATÉGICA EM PROJETO DE MINERAÇÃO DE TERRAS RARAS</b> .....	28
4.1. FATORES DE RISCO.....	28
4.2. CONTRIBUIÇÕES DO CFaR PARA O PROJETO .....	31
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	35
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	37

## 1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de riscos corporativos é um processo essencial para empresas de todos os tamanhos e setores, consistindo na identificação, avaliação e mitigação dos riscos que podem afetar os objetivos e o desempenho da organização. A gestão de riscos surgiu após a Segunda Guerra Mundial em certos países europeus e nos Estados Unidos, especificamente no setor de Seguros.

Brasiliano (2016) cita que a partir da década de 1970, a gestão de riscos relacionados ao crédito e às finanças ganhou grande importância, refletindo os sinais de mudança da época. A desregulamentação, a globalização e a desintermediação transformaram a definição dos mercados e modificaram os aspectos econômicos das operações nesses mercados.

No cenário empresarial dinâmico e competitivo, as organizações enfrentam diversos desafios, sendo o gerenciamento de riscos corporativos uma dimensão essencial para a viabilidade e sustentabilidade a longo prazo. A gestão financeira assume um papel crucial, impactando diretamente a saúde financeira e o desempenho global das empresas.

A incerteza nos mercados, a volatilidade econômica e a interconectividade global amplificaram a complexidade dos riscos financeiros. Nesse contexto, estratégias eficazes de gerenciamento de riscos corporativos tornam-se imperativas para mitigar perdas financeiras, otimizar a alocação de recursos e fortalecer a resiliência organizacional.

A globalização, por exemplo, aumentou a interconectividade entre as economias, tornando as empresas mais expostas a uma variedade de riscos, como flutuações cambiais, mudanças nas regulamentações internacionais e instabilidade política em diferentes regiões. Crises mundiais, como pandemias, desastres naturais e conflitos geopolíticos, podem ter impactos significativos nos negócios, afetando cadeias de suprimentos, demanda do consumidor e estabilidade financeira.

Aven (2016), aborda a natureza multifacetada dos riscos e a importância de uma avaliação e gestão eficazes. De forma geral, os riscos são inerentes a praticamente todas as atividades humanas e representam a possibilidade de eventos ou condições que possam causar resultados adversos. A avaliação de risco envolve a identificação, análise e compreensão das incertezas e suas possíveis consequências, enquanto a gestão de risco se concentra em desenvolver e implementar estratégias para mitigar ou controlar esses riscos.

No entanto, o gerenciamento de riscos não é um processo estático. As empresas precisam revisar e atualizar regularmente suas estratégias de gerenciamento de riscos à medida que o ambiente de negócios evolui e novos riscos surgem. Além disso, é fundamental que o gerenciamento de riscos seja integrado à cultura organizacional, com a participação de todos os níveis da empresa para garantir sua eficácia. Primeiramente, é crucial realizar uma análise detalhada do ambiente interno e externo da empresa para identificar todos os possíveis riscos, sejam eles financeiros, operacionais, estratégicos, regulatórios ou de reputação.

Luko (2013) enfatiza que a gestão de riscos é um processo estruturado que envolve a identificação, avaliação, tratamento e monitoramento contínuo dos riscos. Ele destaca a importância de uma abordagem proativa e sistemática, que integra a gestão de riscos na cultura organizacional e nos processos de tomada de decisão. As diretrizes apresentadas no texto visam ajudar as organizações a desenvolver estratégias eficazes para minimizar os impactos adversos dos riscos, melhorar a resiliência e alcançar os objetivos com mais segurança e eficiência.

A habilidade de antecipar e gerenciar eficientemente os riscos é essencial para o sucesso e resiliência de organizações em um ambiente empresarial dinâmico e, por vezes, imprevisível. A previsibilidade de cenários desempenha papel crucial, permitindo que as empresas identifiquem potenciais ameaças, avaliem sua probabilidade de ocorrência e preparem estratégias de mitigação eficazes. A capacidade de antecipar crises fortalece a posição competitiva e reduz a vulnerabilidade a impactos adversos.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A gestão eficaz dos riscos corporativos é uma necessidade crítica para todas as organizações, especialmente em setores altamente voláteis e complexos, como o da mineração de terras raras. A incerteza inerente a essa indústria, marcada por flutuações nos preços das commodities, mudanças regulatórias e desafios operacionais, demanda uma abordagem proativa e abrangente para mitigar e gerenciar esses riscos. Nesse contexto, a aplicação do conceito de Cash Flow at Risk (CFaR) se destaca como uma ferramenta valiosa para avaliar e gerenciar os impactos financeiros das incertezas nos fluxos de caixa das organizações.

Esta pesquisa teórica foca no estudo de como a metodologia CFaR pode ser aplicada na gestão de riscos corporativos em projetos de mineração de terras raras. A escolha desse tipo de projeto como objeto de estudo é altamente relevante, considerando a crescente importância desses minerais na economia global, impulsionada pela demanda crescente em setores-chave como eletrônicos, energia renovável e tecnologias verdes. No entanto, a exploração e produção de terras raras são caracterizadas por desafios únicos, incluindo a concentração geográfica dos depósitos, questões ambientais e regulatórias complexas, bem como a volatilidade dos preços no mercado internacional.

Portanto, esta pesquisa se propõe a analisar como o CFaR pode ser utilizado como uma ferramenta de gestão de riscos corporativos para projetos de mineração de terras raras, com foco na exposição ao mercado de câmbio e nos fatores de risco financeiro associados a esses projetos, bem como nas estratégias de mitigação existentes. O objetivo é fornecer insights práticos e orientações para as empresas do setor na gestão eficaz de seus riscos financeiros.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

Em um ambiente empresarial caracterizado pela constante incerteza, o gerenciamento eficaz de riscos corporativos surge como um elemento vital para a

sustentabilidade e sucesso organizacional. Nesse cenário desafiador, o controle e a previsão dos fluxos de caixa desempenham um papel central na sustentabilidade dos resultados econômicos de uma companhia. A habilidade estratégica de antecipar e mitigar os impactos adversos de eventos imprevistos sobre a saúde financeira de uma empresa torna-se crucial. Essa importância ganha ainda mais destaque no contexto de projetos, onde a gestão de riscos associados aos fluxos de caixa não apenas assegura a continuidade operacional, mas também a viabilidade e sucesso de iniciativas específicas (ORAL & AKKAYA, 2015).

Burggräfa et al. (2021), a gestão de risco não deve se concentrar em evitar riscos a todo custo, mas sim em apoiar a transparência e a conscientização sobre os riscos, bem como em aproveitar as oportunidades. Aven (2016) destaca que, para lidar adequadamente com os riscos, é crucial uma abordagem sistêmica que considere não apenas as probabilidades dos eventos, mas também a gravidade dos seus impactos e a percepção das partes interessadas. Além disso, ele enfatiza a importância de integrar conhecimentos interdisciplinares e de utilizar ferramentas e métodos avançados que têm sido desenvolvidos recentemente para aprimorar a precisão e a eficácia das práticas de avaliação e gestão de riscos.

Segundo Januzzi *et al.* (2012), a mensuração do risco no ambiente corporativo é um processo complexo que pode ser segmentado essencialmente em cinco etapas:

- i. especificação da medida de risco a ser calculada;
- ii. mapeamento de exposições;
- iii. geração de cenários;
- iv. estimação e
- v. cômputo do risco.

A etapa de mapeamento da exposição aos fatores de risco de mercado consiste na mensuração do impacto dessas variáveis sobre a medida financeira selecionada em (i). Esse processo é viabilizado por meio de modelos matemáticos (equações contábeis ou econométricas) que poderão expressar uma relação entre as variáveis.

Para SOIN & COLLIER (2013) a gestão de risco ultrapassou a visão limitada de segurança, saúde, seguro e gestão de crédito, ganhando grande foco no risco operacional. Inicialmente, áreas como finanças tratavam o risco de forma restrita, concentrando-se em cálculos de valor em risco e no uso de derivativos, enquanto a contabilidade se concentrava na divulgação em demonstrações financeiras. No entanto, a crise financeira global revelou a fraqueza de ignorar o 'risco operacional': os riscos decorrentes das ações de pessoas, sistemas e processos, além de uma compreensão mais ampla dos riscos externos enfrentados pelas organizações.

“A gestão de riscos no ambiente corporativo é inerentemente mais complexa do que em um ambiente financeiro puro (ou seja, negociação e investimento funções) na medida em que as empresas têm riscos de negócios não cobertos (relacionados à natureza de seus produtos e serviços específicos) e riscos de mercado cobertos (por exemplo, commodities, moeda, taxa de juros, exposições a ações). O nível de riscos de mercado é, além disso, uma função dos riscos de negócios, o que pode tornar a implementação de um sistema de gestão de riscos uma tarefa complexa processo. Este documento propõe uma estrutura analítica para identificar os riscos de mercado inerente às atividades de negócios das empresas, integrando a medição de risco no processo de orçamento e planejamento.” (CorporateMetrics Technical Document, 1996)

Segundo Linsmeier (1996) a era moderna de medição de riscos para posições em câmbio estrangeiro começou em 1973, sendo somente avançado para a avaliação de valor em risco anos depois, sendo aplicado também a variadas tipos de análise, bem como o de fluxo de caixa em risco.

Segundo Lehar (2005), quando um banco avalia o risco de sua carteira de investimentos, ele não deve apenas considerar o risco de exposições individuais, mas também levar em conta as correlações entre diferentes tipos de risco. Ao analisar essas correlações, o banco pode obter uma visão mais ampla e previsível de sua posição de risco geral, permitindo uma gestão mais eficaz e uma melhor preparação para potenciais cenários adversos.

O aspecto de análise de fluxo de caixa, tal como união das atividades operacionais, de investimento e de financiamento de uma empresa, torna uma visão extra e importante para as empresas não financeiras. Quando o dinheiro não pode ser gerado em quantidades suficientes e nos momentos certos, as empresas poderão ter de adiar a sua planos de investimento ou, na pior das hipóteses, enfrentar dificuldades financeiras e até falência. A importância da gestão do fluxo de caixa para o funcionamento de um negócio obriga a maioria das empresas a monitorar e prever as fontes e despesas de seu dinheiro (LEE, 1999).

O fluxo de caixa também é muito importante para analistas e investidores que costumam utilizá-lo além dos lucros para determinar as avaliações da empresa. Além disso, o fluxo de caixa fornece informações sobre uma liquidez e rentabilidade da empresa; portanto, uma demonstração do fluxo de caixa é sempre incluída nas demonstrações financeiras reportadas de empresas de capital aberto (LEE, 1999).

### 3.1. RISCOS

Damodaran (2007) define risco como a possibilidade de eventos futuros desfavoráveis que podem afetar os objetivos de uma organização. Ele enfatiza que o risco não é apenas a probabilidade de perda, mas também a incerteza em torno das consequências desses eventos. Para o autor, uma compreensão completa do risco inclui não apenas a análise da probabilidade de ocorrência, mas também a avaliação do impacto potencial desses eventos nos objetivos estratégicos da empresa

Os riscos, conforme definido por Burggräfa et al. (2021), representam possíveis desvios dos objetivos planejados, indicando que decisões em contextos com informações incompletas ou incertas são frequentemente percebidas como arriscadas. Essa perspectiva amplia a compreensão dos riscos, incluindo também oportunidades potenciais. Dessa forma, a gestão de risco, como um conjunto coordenado de atividades e métodos, não apenas busca mitigar perdas, mas também identificar e aproveitar oportunidades favoráveis. A distinção entre riscos endógenos e exógenos é fundamental nesse processo, já que permite uma abordagem abrangente para direcionar a organização em relação aos desafios e às possibilidades apresentadas tanto pelo ambiente interno quanto pelo externo.



Segundo Holton (2003), as atividades empresariais envolvem uma gama diversificada de riscos, que podem ser categorizados em diferentes tipos, como risco de mercado, risco de crédito e risco de liquidez, entre outros. Embora essa categorização seja prática, ela é informal e suas definições podem variar, porém, apresentando dois importantes componentes: Exposição e Incerteza.

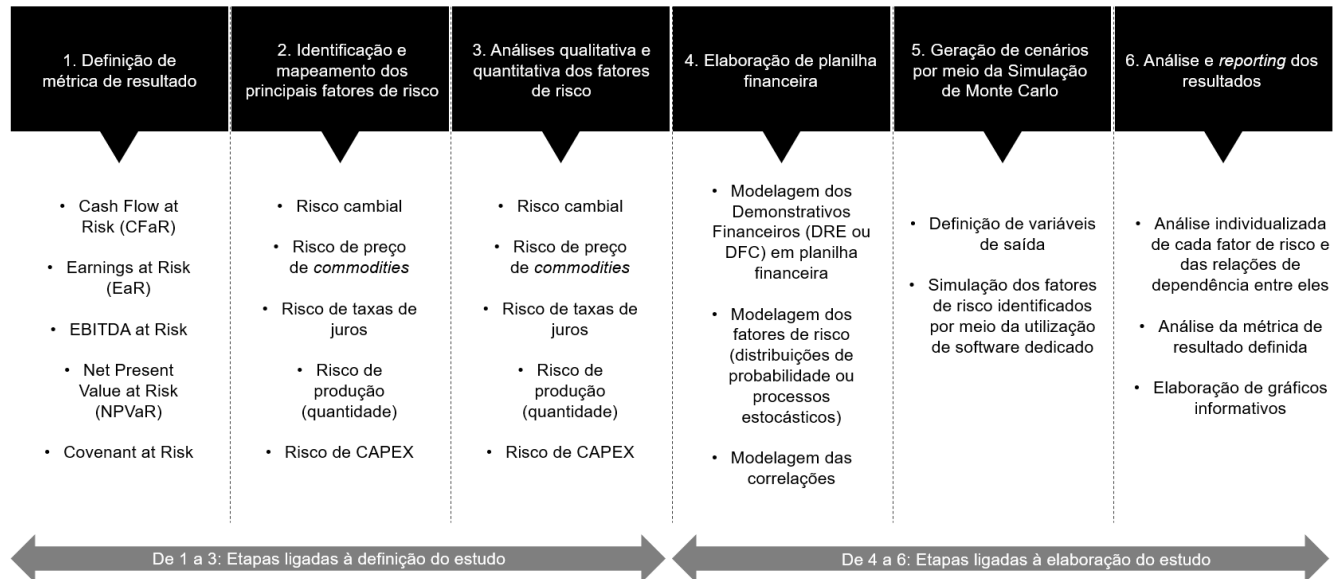
Segundo o RiskMetrics (1996), pode-se definir os riscos abaixo:

- Risco de crédito estima a perda potencial devido à incapacidade de uma contraparte de cumprir suas obrigações;
- Risco operacional resulta de erros que podem ser cometidos ao instruir pagamentos ou liquidar transações;
- Risco de liquidez reflete-se na incapacidade de uma empresa de financiar seus ativos ilíquidos;
- Risco de mercado, incerteza de ganhos futuros resultantes de mudanças nas condições do mercado (por exemplo, preços de ativos, taxas de juros).

### 3.1.1. MODELO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS

Proposto por Aronne *et al.*(2021), o gerenciamento de riscos pode ser abordado seguindo 6 etapas, das quais, desdobram-se em dois grandes grupos: Etapas ligadas a definição do estudo e etapas ligadas a elaboração do estudo em si.

Figura 01: Modelo de gerenciamento de Riscos



Fonte: Adaptado de Aronne *et al*, (2021, p. 106)

### 3.2. VALUE AT RISK

Nos últimos anos, as medidas de risco de mercado tornaram-se sinônimas do termo "Valor em Risco" (Value-at-Risk). Tal conceito teve origem na década de 1990, quando as instituições financeiras começaram a reconhecer a necessidade de uma medida única que resumisse a exposição de uma carteira de investimentos a perdas potenciais.

O RiskMetrics (1996), uma publicação seminal da RiskMetrics Group, uma divisão do J.P. Morgan, estabeleceu as bases para a medição e gestão do risco financeiro, especialmente o risco de mercado, através da introdução e padronização do VaR. Este documento pioneiro foi crucial para disseminar a utilização do VaR como uma técnica quantitativa para estimar a perda potencial máxima de um portfólio financeiro em um determinado período com um nível de confiança específico. Posteriormente, o CorporateMetrics Technical Document de 1999 expandiu essa abordagem, ampliando a metodologia de gestão de risco para além do risco de mercado, incorporando outros tipos de risco corporativo, como risco de crédito, operacional e de liquidez. Enquanto o RiskMetrics focava no risco de mercado para instituições financeiras, o CorporateMetrics oferecia um

framework mais abrangente, destinado a auxiliar empresas não financeiras na medição e gestão de diversos riscos que poderiam impactar suas operações e balanços.

“Tanto RiskMetrics quanto CorporateMetrics são metodologias para medir o impacto potencial das mudanças nas taxas de mercado nos resultados financeiros. No caso do RiskMetrics, o foco está nas possíveis alterações nos valores de mercado das carteiras de instrumentos financeiros em horizontes temporais de um dia e um mês. No caso da CorporateMetrics, o foco está no impacto potencial das alterações nas taxas de mercado nos resultados financeiros de uma empresa em relação aos resultados pretendidos para um determinado período (por exemplo, incerteza no cumprimento dos lucros pretendidos para o próximo trimestre). O horizonte temporal durante o qual os resultados financeiros podem ser afectados tende a ser mais longo, variando entre 2 meses e 24 meses ou mais, necessitando de técnicas para caracterizar a potencial volatilidade das taxas de mercado em horizontes longos.” (CorporateMetrics Technical Document, 1996)

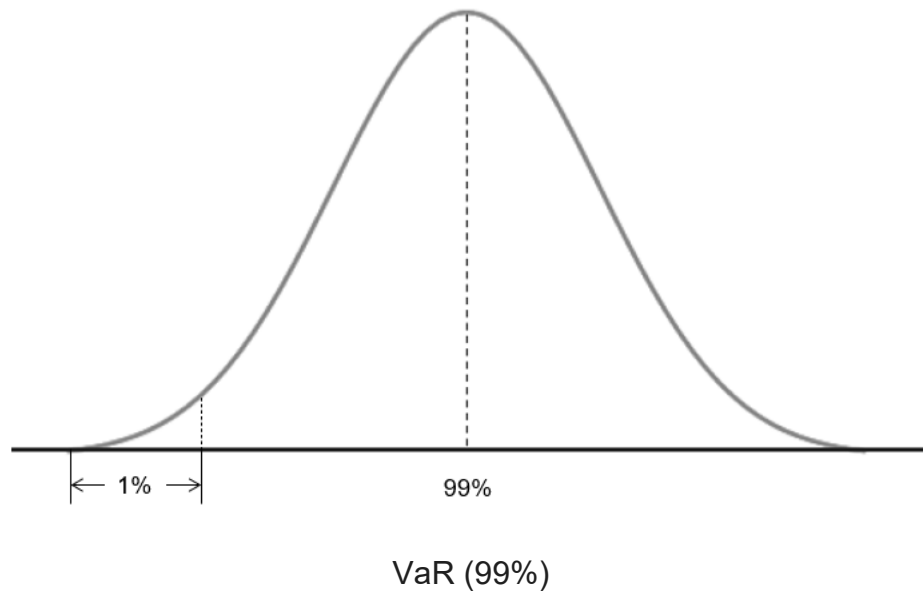
Segundo o RiskMetrics (1996), o VaR é uma medida que estima a mudança máxima possível no valor de um portfólio de instrumentos financeiros, com uma determinada probabilidade, durante um período pré-definido. O VaR responde a uma pergunta crítica: "Qual é o máximo de dinheiro que posso perder em um determinado período de tempo, com um determinado nível de confiança?". Essa abordagem quantitativa oferece aos investidores uma visão clara do risco associado às suas posições, permitindo-lhes tomar decisões informadas sobre alocação de ativos.

### 3.2.1. APLICAÇÃO DO VAR

Segundo Aronne *et al.* (2021), para utilização do VaR, é necessário que um horizonte de tempo ( $\Delta t$ ) e um nível de confiança ( $\alpha$ ) sejam definidos, no qual se interpreta como a perda máxima esperada que uma empresa pode sofrer durante o horizonte de tempo, existindo a probabilidade igual a  $1 - \alpha$  que a empresa incorre em perda superior ao VaR.

As definições das variáveis de horizonte de tempo e nível de confiança vão depender de cenário para cenário, e qual cenário a empresa se encontra.

Figura 02: VaR (99%)



### 3.2.2. ABORDAGEM DA VARIAÇÃO HISTÓRICA

Segundo Aronne et al. (2021), o cálculo do VaR pela simulação histórica pode ser realizado com as seguintes etapas:

- I. Identificação dos ativos que compõem a carteira de interesse;
- II. Levantamento das séries históricas dos ativos que compõem a carteira;
- III. Cálculo dos retornos de cada um dos ativos na frequência em que se deseja calcular o VaR (diária, semanal, mensal);
- IV. Determinação do peso de cada ativo na carteira de investimentos;
- V. Cálculo do retorno histórico da carteira com base nos retornos individuais dos N ativos e seus respectivos pesos na carteira;

$$r(\text{carteira}) = \sum_{i=1}^N r_i w_i \quad (1)$$

- VI. Classificação dos retornos do portfólio em ordem crescente;

- VII. Determinação da máxima perda esperada em determinado espaço de tempo ( $\Delta t$ ) e nível de confiança especificado ( $\alpha$ ).

### 3.2.3. MÉTODO ANALÍTICO

Segundo Aronne et al. (2021), o método analítico parte dos pressupostos de que os retornos dos ativos que compõem a carteira de investimentos seguem distribuições normais uni variadas. O método analítico pode ser realizado com as seguintes etapas:

- I. Identificação dos ativos que compõem a carteira;
- II. Levantamento das séries históricas dos ativos que compõem a carteira;
- III. Cálculo dos retornos de cada um dos ativos;
- IV. Determinação do peso de cada ativo na carteira de investimentos;
- V. Estimação das médias ( $\mu$ ) e variâncias ( $\sigma^2$ ) dos retornos dos ativos da carteira e das correlações entre eles ( $\rho$ );
- VI. Cálculo da média e da variância dos retornos da carteira de investimentos;
- VII. Determinação da máxima perda esperada em determinado espaço de tempo ( $\Delta t$ ) e nível de confiança especificado ( $\alpha$ ).

O cálculo do VaR pelo método analítico pode seguir as seguintes equações, conforme demonstrado por Aronne et al. (2021), sendo  $\mu_p$  o retorno esperado e  $\sigma_p$  o desvio-padrão.

$$\mu_p = \sum_{i=1}^N \mu_i w_i \quad (2)$$

$$\sigma_p^2 = w' \Sigma w \quad (3)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2} \quad (4)$$

### 3.2.4. ABORDAGEM DO VAR COM SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Segundo Aronne et al. (2021), o cálculo do VaR por meio da Simulação de Monte Carlo deve ser suportado com a utilização de software, capaz de gerar números aleatórios para a simulação de possíveis trajetórias dos ativos. As principais etapas para o cálculo são:

- I. Identificação dos ativos que compõem a carteira de interesse;
- II. Levantamento das séries históricas dos ativos que compõem a carteira;
- III. Determinação do peso de cada ativo na carteira de investimentos;
- IV. Estimação das médias e variâncias dos retornos dos ativos da carteira e das correlações entre eles;
- V. Simulação dos preços (correlacionados) dos ativos que compõem a carteira de investimento para o horizonte de tempo desejado;
- VI. Análise da distribuição de probabilidade do valor do portfólio na data desejada;
- VII. Determinação da máxima perda esperada com nível de confiança especificado ( $\alpha$ ).

Para o método de cálculo do VaR com uso da simulação de Monte Carlo, Aronne et al. (2021), recomenda a simulação de, no mínimo, 10.000 trajetórias. O autor destaca ainda que, a medida que se aumenta o número de simulações realizadas e a quantidade de ativos que fazem parte do portfólio, o tempo e o esforço computacional aumentam proporcionalmente.

Para os resultados obtidos na Simulação de Monte Carlo, espera-se que os valores obtidos se convirjam com o valor do método analítico, sempre a medida que se aumentam o número de trajetórias simuladas.

### 3.3. CASH FLOW AT RISK

O conceito de Cash Flow at Risk (CFaR) ganhou destaque na literatura financeira nas últimas décadas, à medida que as empresas reconheceram a importância de avaliar e mitigar o risco de variações adversas nos fluxos de caixa. O CFaR é uma medida estatística que representa a perda potencial máxima nos fluxos de caixa de uma empresa em um determinado período, com um determinado nível de confiança. Segundo Aronne et al. (2021),

tal metodologia foi desenvolvida com base na teoria do Value at Risk (VaR), porém, aplicada a empresas não financeiras, uma vez que a metodologia Value at Risk é direcionada ao setor bancário e foca em perdas de valor de um ativo ou de uma carteira, enquanto o CFaR concentra-se em perdas relacionadas à geração de caixa da companhia.

Segundo Perobelli et al. (2008) a metodologia do CFaR utiliza conceitos do cálculo do VaR, porém, adaptando-os ao ambiente corporativo, estendendo a tradicional técnica de análise de sensibilidade e um amplo conjunto de cenários simulados. Em essência, o CFaR responde à pergunta crítica: "Qual é a perda máxima esperada nos fluxos de caixa de uma empresa em condições adversas?".

"O déficit máximo de caixa líquido gerado, em relação a um alvo especificado, que poderia ser experimentado devido ao impacto do risco de mercado sobre um conjunto específico de exposições, por um período de relatório especificado e nível de confiança (LEE, 1999)."

"O déficit máximo de caixa líquido gerado, em relação a um alvo específico, que poderia ser experimentado devido ao impacto do risco de mercado sobre um conjunto específico de exposições, para um período de relatório e nível de confiança especificados. (Corporate Metrics Technical Document, 1996)"

De acordo com Oral & Akkaya (2015), o CFaR é definido como um método analítico para medir com alto grau de probabilidade o risco de choques no fluxo de caixa para as empresas. Este modelo ajuda as empresas por ser uma medida para avaliar as mudanças nos seus valores. O modelo é proposto como uma forma de VaR para encontrar o risco global contra o fluxo de caixa de uma empresa. Os níveis de caixa da empresa podem variar consideravelmente ao longo do tempo, dependendo do ciclo de pagamento e cobrança, fator de grande importância e potencial impacto na sustentabilidade dos negócios.

A aplicação do CFaR envolve a avaliação do impacto de diferentes fatores de risco nos fluxos de caixa de uma empresa, incluindo riscos de mercado, riscos operacionais, riscos de crédito e riscos de liquidez. Ao modelar esses riscos e calcular o CFaR, as empresas

podem identificar áreas de vulnerabilidade em seus fluxos de caixa e implementar estratégias de mitigação adequadas.

Assim como o VaR, existem várias abordagens para calcular o CFaR, incluindo métodos paramétricos, de simulação histórica e de simulação Monte Carlo. Cada método tem suas próprias vantagens e limitações, e a escolha do método adequado depende da natureza dos fluxos de caixa da empresa e das condições de mercado. Segundo PEROBELLI & SECURATO (2005) a abordagem do VaR requer a identificação de um conjunto limitado de fatores de risco fundamentais que reproduzam, de maneira linear e previsível, as flutuações no valor de mercado dos ativos originais. No entanto, replicar essa precisão no cálculo do fluxo de caixa em risco não é tão simples. Para o fluxo de caixa em risco, a aproximação mais próxima da replicação determinística utilizada pelo VaR envolve a estimativa de equações que relacionam as flutuações no fluxo de caixa livre da empresa (variável dependente) às flutuações nos fatores de risco (variáveis independentes).

Perobelli e Securato (2005), destacam as etapas do processo de quantificação serão, normalmente, as seguintes:

- Mapeamento das exposições;
- Estatísticas derivadas de mercado de sobreposição;
- Modelagem;
- Geração de resultados;
- Determinação do impacto dos negócios.

Nesse contexto, o Cash Flow at Risk (CFaR) se destaca como uma ferramenta essencial, proporcionando uma abordagem proativa na identificação, avaliação e gestão dos riscos financeiros. Ao adotar o CFaR, as organizações não só garantem a estabilidade dos fluxos de caixa, mas também fortalecem sua capacidade de adaptação aos desafios voláteis e imprevisíveis do ambiente empresarial e de projetos (PEROBELLI *et al.*, 2007).



O valor do CFaR não reside tanto no número em si, mas no benefício de fazer um mergulho em todos os fatores de risco e direcionadores de fluxo de caixa; e nas boas informações que isso fornece para a administração (PEROBELLI; SECURATO, 2005).

### 3.3.1. CÁLCULO DO CASH FLOW AT RISK

Para atender à necessidade de uma empresa quantificar o impacto do risco de mercado no fluxo de caixa, a CorporateMetrics (1999) define a seguinte medida de volatilidade do fluxo de caixa (CFaR): Menor geração de caixa esperada em determinado intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) a um nível de confiança especificado ( $\alpha$ ).

$$PROB\ FLUXO\ DE\ CAIXA_{0 \rightarrow t}(CFaR) = \alpha \quad (5)$$

#### 3.3.1.1. Abordagem de Modelo de Fluxo de Caixa:

A fórmula básica para calcular o CFaR usando esta abordagem é dada por:

$$CFaR_{\alpha} = VaR_{\alpha} \cdot CF \quad (6)$$

Onde  $CFaR_{\alpha}$  representa o CFaR no nível de confiança  $\alpha$ ,  $VaR_{\alpha}$  é o Value at Risk no mesmo nível de confiança, e  $CF$  é o valor presente dos fluxos de caixa futuros. Esta abordagem assume que os fluxos de caixa futuros são distribuídos de acordo com a distribuição de probabilidades das variáveis que os afetam, como receitas, custos e investimentos.

#### 3.3.1.2. Abordagem de Simulação de Monte Carlo para Fluxo de Caixa:

Uma abordagem mais sofisticada para calcular o CFaR é através da simulação de Monte Carlo aplicada aos fluxos de caixa futuros. Nesta abordagem, múltiplos cenários de fluxos de caixa futuros são gerados e avaliados para determinar o risco de variações adversas. Supondo que  $CF_i$  seja o fluxo de caixa no cenário  $i$ , o CFaR pode ser calculado da seguinte maneira:

$$CFaR_{\alpha} = -\mu_{CF} + \sigma_{CF} \times Z_{\alpha} \quad (7)$$

Onde  $\mu_{CF}$  e  $\sigma_{CF}$  são a média e o desvio padrão dos fluxos de caixa simulados, respectivamente, e  $Z_{\alpha}$  é o valor crítico correspondente ao nível de confiança  $\alpha$  na distribuição normal padrão. Esta abordagem permite considerar a complexidade dos fluxos de caixa futuros e suas inter-relações, mas requer um alto grau de poder computacional para realizar as simulações necessárias.

### 3.4. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

A Simulação de Monte Carlo (SMC) teve sua origem remonta à década de 1940, durante o Projeto Manhattan, quando cientistas como Stanislaw Ulam e John von Neumann desenvolveram o método para resolver problemas complexos relacionados à física nuclear. O nome "Monte Carlo" foi uma homenagem ao famoso cassino em Mônaco, conhecido por sua aleatoriedade.

O método estocástico de análises estatísticas e simulação de Monte Carlo (SMC) é uma abordagem poderosa amplamente utilizada em diversos campos, incluindo finanças, engenharia, ciências físicas e biológicas. Baseado no conceito de aleatoriedade, o SMC envolve a geração de amostras aleatórias de variáveis de interesse para avaliar e modelar fenômenos complexos. Na engenharia, a Simulação de Monte Carlo é aplicada para avaliar a confiabilidade de sistemas complexos, como redes elétricas e estruturas civis. Os engenheiros podem modelar incertezas em parâmetros materiais e condições operacionais para prever a probabilidade de falha e otimizar a manutenção preventiva (Ang & Tang, 2007).

A técnica também é amplamente utilizada em ciências naturais e médicas. Na meteorologia, por exemplo, é utilizada para prever a trajetória de furacões, incorporando incertezas nas condições meteorológicas iniciais. Na medicina, pode ajudar na modelagem da propagação de doenças e na avaliação de tratamentos clínicos, considerando a variabilidade individual dos pacientes (Kroese, Brereton, Taimre, & Botev, 2014).

No entanto, a técnica também possui limitações. A precisão dos resultados depende da qualidade das distribuições de probabilidade utilizadas para modelar as entradas do sistema. Além disso, a simulação pode ser computacionalmente intensiva, especialmente para modelos muito complexos ou com um grande número de variáveis de entrada (Robert & Casella, 2004).

Por meio de repetidas simulações, o método Monte Carlo permite a estimativa de distribuições de probabilidade e a avaliação de incertezas associadas a um determinado sistema.

“A simulação de Monte Carlo (SMC) envolve o uso de método numérico repetitivo manual ou computadorizado para reproduzir artificialmente a operação de um sistema probabilístico, sendo ele de qualquer natureza (médico, financeiro, ambiental, químico, biológico, fabril, etc.) e de qualquer nível de complexidade. Além disso, é capaz de gerar grande número de amostras aleatórias, a partir do estabelecimento de distribuições de probabilidades, dimensionadas para representar as variáveis de risco do sistema (ARONNE *et al*, 2021).”

A essência da SMC reside na geração de múltiplas trajetórias ou cenários possíveis para uma determinada variável ou conjunto de variáveis, utilizando números aleatórios. Esses cenários são então utilizados para estimar a distribuição de probabilidades de resultados futuros e avaliar o impacto de diferentes fontes de incerteza nos resultados desejados.

A Simulação de Monte Carlo é amplamente utilizada na geração de cenários para mensuração de riscos, especialmente no contexto financeiro e de gestão de projetos. Essa técnica permite a modelagem de incertezas em variáveis críticas, como taxas de juros, preços de commodities, e custos de projetos, ao gerar um grande número de cenários possíveis com base em distribuições de probabilidade especificadas. Ao avaliar o risco de uma carteira de investimentos, a Simulação de Monte Carlo pode criar milhares de trajetórias para os preços dos ativos subjacentes, incorporando volatilidades históricas e correlações. Esses cenários simulados permitem calcular métricas de risco, como o Valor em Risco (VaR) e o Cash Flow at Risk (CFaR), oferecendo uma visão mais detalhada e robusta dos possíveis impactos financeiros de eventos adversos. A capacidade de considerar uma ampla gama de resultados

possíveis e suas probabilidades associadas torna a Simulação de Monte Carlo uma ferramenta essencial para gestores que buscam tomar decisões informadas e mitigar riscos de forma eficaz (Glasserman, 2004; Kroese et al., 2014).

#### **4. CFaR COMO ALTERNATIVA ESTRATÉGICA EM PROJETO DE MINERAÇÃO DE TERRAS RARAS**

No estudo do cash flow at risk (CFaR) projetos de mineração são uma fonte potencial de utilização da metodologia para gerenciamento de riscos corporativos. Para esse caso, considere a Mineração Terras Raras S.A., uma empresa fictícia que está desenvolvendo um projeto de extração de terras raras no Brasil. O projeto, denominado Projeto Aurora, envolve um investimento inicial de US\$ 576 milhões, com uma previsão de um período de retorno de 3,6 anos. O resultado projetado do projeto é evidenciado por um valor presente líquido (VPL) após impostos de aproximadamente US\$ 1,2 bilhão, utilizando uma taxa de desconto de 8%, e uma taxa interna de retorno (TIR) de 29% ao longo dos 17 anos de vida da mina. O projeto prevê uma receita líquida média anual de US\$ 474 milhões e um EBITDA de US\$ 340 milhões, com um baixo custo médio de produção de US\$ 13,1 por tonelada.

As previsões de preços de terras raras, foram fornecidas por consultorias externas, as quais são sustentadas por fundamentos de oferta e demanda, com produção significativa de elementos de terras raras de alta qualidade. A produção média anual é estimada em 208 toneladas de DyTb, representando aproximadamente 13,7% da produção oficial da China em 2023.

##### **4.1. FATORES DE RISCO**

Segundo Holanda (2021), as Terras Raras não se encaixam na definição de "terras" e tampouco são verdadeiramente "raras". Consideradas atualmente como reservas abundantes, alguns elementos são mais comuns na crosta terrestre do que o cobre ou o chumbo.

##### **4.2.1 Importância e Aplicações das Terras Raras**

Os elementos de terras raras (ETRs) são fundamentais para a sociedade moderna, especialmente devido à sua aplicação na produção de energia limpa e em setores estratégicos. Song et al. (2021) destacam a relevância desses metais para a produção de ímãs permanentes, essenciais em motores elétricos de veículos e turbinas eólicas, sublinhando a conexão dos ETRs com a energia limpa e os mercados de commodities. Henriques & Sadorsky (2023) acrescentam que os ETRs são indispensáveis para equipamentos eletrônicos, prevendo um crescimento rápido na demanda futura. A crescente importância dos ETRs resultou em um aumento significativo na demanda, atraindo a atenção de investidores globais.

#### 4.2.2 Impacto Econômico e Volatilidade do Mercado

A pandemia de COVID-19 perturbou as cadeias de suprimentos de ETRs, gerando oscilações de preços. Song et al. (2021) analisam como os retornos e a volatilidade dos ETRs se relacionam com outros instrumentos financeiros, revelando que, especialmente durante a pandemia, os ETRs se tornaram centrais na rede de conectividade financeira. Esse fato contradiz estudos anteriores, mostrando uma forte ligação dos ETRs com a energia limpa e os mercados de commodities. Li et al. (2023) destacam que a transição global para a energia renovável fortaleceu o papel estratégico dos ETRs, comparando sua importância ao petróleo do Oriente Médio. Além disso, os preços das ações de ETRs podem atuar como um indicador da força da indústria, servindo para a gestão de riscos na ausência de mercados futuros de terras raras.

#### 4.2.3 Desafios Geopolíticos e Dependência da China

A concentração da produção de ETRs na China, que domina 70% do mercado global, representa um risco significativo. Disputas comerciais e sanções podem afetar o mercado, permitindo a manipulação de preços e restrição de participação estrangeira (LI Z. et al., 2023; Henriques & Sadorsky, 2023). A dominância chinesa torna o mercado sensível às suas políticas e tensões comerciais, o que foi exacerbado pela pandemia de COVID-19 (Fan et al.,

2023). Os países estão cada vez mais voltando sua atenção para o desenvolvimento de suas próprias indústrias de ETRs para reduzir essa dependência.

#### 4.2.4 Riscos Técnicos e Operacionais

A exploração e processamento dos ETRs envolvem desafios técnicos e operacionais significativos. Suli et al. (2017) detalham diversos métodos de separação, como lixiviação, extração líquido-líquido e eletrodeposição, que são cruciais para atender à demanda. Os processos de separação envolvem métodos como flotação por espuma, separação magnética ou gravitacional, e lixiviação ácida e alcalina. Cada método apresenta vantagens e desvantagens, avaliadas em termos de custo, eficiência e qualidade dos ETRs. Além disso, os custos iniciais de mineração são altos, com retornos incertos, e há a necessidade de gestão ambiental de resíduos tóxicos e radioativos (Pavan, 2014). Outros fatores incluem a viabilidade econômica dos depósitos, infraestrutura local, presença de elementos radioativos, expectativas de mercado influenciadas pela demanda global e políticas de importação/exportação, e questões político-econômicas locais.

#### 4.2.5 Segurança da Cadeia de Suprimentos e Sustentabilidade

Para garantir a segurança da cadeia de suprimentos, é essencial diversificar vínculos comerciais e aumentar a capacidade de produção (Guo & Wang, 2024). A estrutura industrial deve evoluir para práticas de desenvolvimento sustentável, com foco em produtos de alto valor agregado e inovação tecnológica. A adoção de práticas de desenvolvimento verde e a eliminação de modos de produção ineficientes são necessárias para garantir o desenvolvimento sustentável da indústria de terras raras. Além disso, os países devem expandir a cooperação comercial de forma estratégica, superar desafios de produção e estabelecer vínculos comerciais diversificados e direcionados para evitar a instabilidade na cadeia de suprimentos de terras raras.

#### 4.2.6. Riscos Cambiais

Além dos desafios mencionados, a flutuação das moedas internacionais representa um risco cambial significativo para a indústria de terras raras. As transações comerciais de ETRs ocorrem frequentemente em moedas fortes como o dólar americano. Portanto, as variações cambiais podem impactar diretamente os custos de importação e exportação, influenciando a rentabilidade das empresas do setor. A volatilidade cambial pode afetar os preços finais dos produtos, a competitividade internacional e os retornos sobre investimentos, exigindo estratégias de mitigação, como hedge cambial, para proteger contra essas oscilações.

O mercado de terras raras é afetado por disputas comerciais, tensões geopolíticas e interrupções na cadeia de suprimentos. A dependência da China na produção global torna o mercado sensível às suas políticas e tensões comerciais. A crescente importância dos ETRs para a produção de energia limpa e tecnologias modernas aumenta a demanda por esses elementos, exigindo estratégias robustas de gestão de riscos. Diversificar a cadeia de suprimentos, promover o desenvolvimento sustentável e adotar práticas de desenvolvimento verde são medidas essenciais para mitigar os riscos e garantir a estabilidade do mercado de ETRs.

#### 4.2. CONTRIBUIÇÕES DO CFaR PARA O PROJETO

Em vista dos riscos estudados, a empresa poderá enriquecer suas projeções de resultado utilizando-se da metodologia do Cash Flow at Risk (CFaR). Por ser uma ferramenta crítica na avaliação de projetos, devido à sua capacidade de quantificar e gerenciar os riscos financeiros associados ao fluxo de caixa, essa metodologia não só irá ajudar a entender os riscos, mas também permite prever possíveis cenários de resultados fazendo a combinação dos variados riscos e suas possibilidades de acontecimentos.

Segundo Perobelli (2007), enquanto a metodologia do VaR (Value at Risk) exige a elaboração de um mapeamento do portfólio e a identificação de alguns fatores de risco primários que possam replicar, de maneira linear e determinística, as variações no valor de mercado dos ativos originais, essas mesmas identidades não são facilmente obtidas para calcular o fluxo de caixa em risco.

Para isso a combinação de cenários associado a simulação de Monte Carlo, integradas ao CFaR oferecem uma análise ainda mais robusta, determinando o nível de confiança, do qual pode-se ter os resultados acerca do projeto. Isso é crucial para projetos que estão sujeitos a incertezas consideráveis em termos de preços, custos operacionais, produtividade, mercado externo, entre outros fatores conforme apresentado no tópico 4.2, os quais são demonstrados os potenciais riscos associados ao mercado de mineração das terras raras.

Ao integrar a análise de cenários, é possível modelar diferentes condições de mercado, como variações nos preços dos minerais, flutuações cambiais, alterações nos custos de insumos e mudanças regulatórias. Isso permite a avaliação do impacto desses fatores adversos no fluxo de caixa do projeto.

A combinação de diferentes cenários ajuda a entender a interdependência entre variáveis críticas. Por exemplo, um cenário de queda no preço do minério pode ser combinado com um aumento nos custos de produção devido a ineficiências operacionais ou eventos imprevistos, como desastres naturais.

Para incrementar o projeto, o CFaR pode ser aplicado, desta forma sugere-se o processo de simulação com base nas etapas descritas abaixo:

- I. Definição das Variáveis: Identificação das variáveis dependentes, ou seja, críticas que afetam o fluxo de caixa e variáveis independentes (fatores de risco macroeconômicos e próprios do negócio). Como exemplo:
  - a. Receita Operacional Líquida;



- b. Preços dos Minerais: Flutuações nos preços de venda;
  - c. Custos dos Produtos Vendidos: Custos diretamente associados à extração e processamento de terras raras.
  - d. Taxas de Produção: Variações na quantidade de minério extraído;
  - e. Custos Operacionais: Incertezas nos custos de extração (ex. custo da energia) e técnicas de processamento, bem como riscos atribuídos a regulação ambiental;
  - f. Depreciação e Amortização: Depreciação de equipamentos de mineração e amortização de investimentos em desenvolvimento de minas.
  - g. Taxas de Câmbio: Impacto das variações cambiais em receitas e despesas;
  - h. Demanda global por ETRs;
  - i. Impactos geopolíticos.
- II. Distribuições de Probabilidade: Estimação de modelos econométricos para identificação dos fatores de risco e atribuição de distribuições de probabilidade para cada variável com base em dados históricos e expectativas futuras;
- III. Execução das Simulações: Sugere-se a realização mínima de 10.000 iterações, cada uma considerando diferentes combinações de valores para as variáveis/ fatores de riscos;
- IV. Seleção da abordagem de maior acurácia preditiva;
- V. Análise dos Resultados: Avaliação dos resultados para determinar a distribuição esperada do fluxo de caixa e o CFaR.

Após a obtenção dos resultados, a empresa pode direcionar planos de contingência e resposta aos riscos potenciais do fluxo de caixa, como parte do business case do projeto, realizando de forma completa o gerenciamento de riscos corporativos aplicados ao projeto a ser implantado em termos do não cumprimento das obrigações financeiras e/ou revisão dos resultados esperados, como período de payback, etc.

Esses planos devem basear-se nas informações obtidas para mitigar riscos, otimizar operações e garantir a sustentabilidade do projeto de mineração de terras raras. Implementar esses planos estratégicos permitirá à empresa não apenas mitigar os riscos identificados no

processo de estimativa do fluxo de caixa em risco, mas também posicionar-se de maneira competitiva e sustentável no mercado de mineração de terras raras.

Sugere-se que a empresa desenvolva um plano de mitigação de riscos que inclua a diversificação de mercados, visando reduzir a dependência de um único mercado, e a utilização de instrumentos financeiros, como contratos de hedge, para proteger-se contra variações de preços e taxas de câmbio. Adquirir seguros específicos para mitigar riscos geopolíticos em regiões instáveis também é uma medida importante.

Em termos de otimização operacional, a empresa deve investir em tecnologias e práticas que aumentem a eficiência energética e reduzam os custos operacionais. A implementação de tecnologias de automação pode melhorar a produtividade e reduzir custos de mão-de-obra, enquanto a reavaliação e otimização de processos de extração e processamento são essenciais para aumentar a eficiência e reduzir desperdícios. Investir em pesquisa e desenvolvimento (P&D) é crucial para fomentar a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias de extração e processamento que possam reduzir custos e aumentar a eficiência. Estabelecer parcerias estratégicas com universidades e centros de pesquisa também pode contribuir para a inovação tecnológica e o desenvolvimento sustentável.

Na gestão financeira, é crucial revisar e, se necessário, renegociar os termos da dívida para melhorar o perfil de endividamento e reduzir custos financeiros. O planejamento de investimentos de capital (Capex) deve priorizar projetos com maior retorno sobre o investimento (ROI) e alinhados à estratégia de longo prazo. Manter um nível adequado de liquidez é fundamental para enfrentar períodos de instabilidade ou quedas nos preços de mercado.

A conformidade ambiental deve ser assegurada para evitar multas e paralisações nas operações. Implementar iniciativas de responsabilidade social corporativa fortalece a imagem da empresa e obtém apoio das comunidades locais. Publicar relatórios de sustentabilidade transparentes informa os stakeholders sobre práticas e impactos ambientais.

## 5. CONCLUSÃO

A integração de ferramentas analíticas avançadas, modelagem de cenários e monitoramento constante torna-se imperativa, capacitando as empresas a não apenas reagir, mas proativamente moldar seu destino em um mundo empresarial em constante evolução. Nesse contexto, o CFaR desempenha um papel vital na tomada de decisões estratégicas. A integração dessas ferramentas analíticas avançadas, incluindo VaR e CFaR, permite uma abordagem mais robusta e informada no gerenciamento de riscos financeiros, proporcionando às empresas uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas.

O CFaR encontra aplicação em uma variedade de contextos empresariais, incluindo planejamento financeiro, gestão de tesouraria, avaliação de projetos de investimento e análise de fusões e aquisições. Ele também desempenha um papel crucial no gerenciamento de riscos corporativos, ajudando as empresas a proteger seus fluxos de caixa contra impactos adversos e garantir sua resiliência em face de incertezas econômicas. A análise do CFaR auxilia no desenvolvimento de planos de contingência robustos, garantindo que a empresa esteja preparada para enfrentar situações imprevistas, minimizando o impacto negativo sobre o fluxo de caixa e podendo criar reservas financeiras ou estabelecer linhas de crédito contingentes para enfrentar períodos de baixa nos preços dos minerais.

A metodologia do CFaR, especialmente quando combinada com a análise de cenários e a simulação de Monte Carlo, oferece uma abordagem robusta e abrangente para a avaliação e gestão de riscos em projetos de mineração. Isso não apenas melhora a previsibilidade e estabilidade financeira dos projetos, mas também fortalece a tomada de decisão e a comunicação com stakeholders, contribuindo para a viabilidade e sucesso de longo prazo dos empreendimentos no setor de mineração.

A quantificação clara do risco financeiro e a visualização de diferentes cenários facilitam a comunicação com investidores, financiadores e outros stakeholders. Relatórios detalhados com resultados das simulações e análises de risco ajudam a construir confiança e transparência, essenciais para a atração de capital e suporte ao projeto. No contexto da

mineração de terras raras, a metodologia do CFaR encontra diversas formas de aplicação. As empresas que atuam nesse mercado podem, através dessa ferramenta, desenvolver variadas combinações de cenários, a fim de obter uma visão mais robusta e geral de todos os potenciais riscos ao negócio e/ou projeto, indo além dos estudos limitados apenas aos possíveis preços futuros do minério e ao potencial volume a ser minerado.

O tema das terras raras, cada vez mais, ganhará visibilidade no mercado mundial, devido à sua aplicabilidade e à evolução das tecnologias em busca de energia verde, sendo esta uma grande consumidora desse mineral. O potencial futuro desse negócio e o desenvolvimento sustentável das empresas não se darão apenas pela oportunidade de mercado, mas também pela atuação estratégica, gerenciando os riscos, mitigando os possíveis impactos e, principalmente, atuando de forma antecipada e preventiva em todos os riscos que envolvem o negócio.

Ao longo deste estudo, foi enfatizada a importância de uma abordagem metodológica robusta para a gestão de riscos corporativos no setor de mineração de terras raras. Identificamos as variáveis dependentes críticas, como a Receita Operacional Líquida, o Custo dos Produtos Vendidos, as Despesas Operacionais e a Depreciação e Amortização, que compõem o fluxo de caixa operacional das empresas de mineração. Essas variáveis foram analisadas em relação a fatores de risco macroeconômicos e específicos do setor, como preços de mercado, custos de energia, regulamentações ambientais, avanços tecnológicos, demanda global, riscos geopolíticos e variações cambiais.

A construção de modelos econométricos para identificar e prever esses fatores de risco é essencial para entender sua influência no fluxo de caixa das empresas. A simulação dos fatores de risco e do fluxo de caixa operacional em risco permite uma análise detalhada de possíveis cenários futuros, ajudando a empresa a se preparar para diversas eventualidades. A seleção da abordagem de maior acurácia preditiva, o backtesting e os testes de estresse são etapas cruciais para validar a eficácia dos modelos e garantir que eles sejam capazes de fornecer previsões confiáveis e robustas.

Conclui-se que o CFaR é uma ferramenta de grande ajuda e potencial para auxiliar os estudos de viabilidade e gestão de riscos no mercado de terras raras. Esse mercado representa uma oportunidade significativa e, ao mesmo tempo, um desafio considerável para empresas que desejam se destacar nesse setor estratégico. As terras raras são fundamentais para a fabricação de uma ampla gama de produtos de alta tecnologia, incluindo eletrônicos, veículos elétricos e equipamentos de energia renovável, tornando-as essenciais para a economia moderna. No entanto, a volatilidade dos preços, os riscos geopolíticos e as exigências ambientais impõem uma série de riscos que precisam ser cuidadosamente gerenciados.

## 6. REFERÊNCIAS

ANG, A. H-S.; TANG, W. H. **Probability Concepts in Engineering: Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering**. Wiley-Interscience. 2007.

ARONNE, A.; BRESSAN, A.; BRASIL, H. G. **Mensuração e Gerenciamento de Riscos Corporativos**. São Paulo: Saint Paul, vol. 1, 240 p, 2021.

AVEN. T.; **Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation**. European Journal of Operational Research, vol. 253, 13 p, 2016.

BRASILIANO, A. C. R.; **Inteligência em riscos: gestão integrada em riscos corporativos**. São Paulo, Sicurezza, 249 p. 2016.

BURGGRÄF, P.; ADLON. T.; SCHUPP, S.; SALZWEDEL, J. **Risk Management in Factory Planning - A Literature Review**. Procedia CIRP, p. 1191- 1196. 2021.

DAMODARAN, A. **Strategic Risk Taking: A Framework for Risk Management**. Wharton School Publishing. p, 304. 2007.

FAN, J. H.; OMURA, A.; ROCA, E. **Geopolitics and rare earth metals**. European Journal of Political Economy. 78 p. 2023.

GLASSERMAN, P. **Monte Carlo Methods in Financial Engineering**. New York: Springer. 2004.

GUO, Q.; WANG, Y. **Rare earth trade dependence network structure and its impact on trade prices: An industry chain perspective**. Resources Policy, 85 p. (2024).

HENRIQUES, I.; SADORSKY, P.; **Forecasting rare earth stock prices with machine learning**. Schulich School of Business, York University, Toronto, Ontario. 86 p., 2013.

HOLANDA, J. **Terras-raras e nióbio no Brasil: minerais críticos e elementos essenciais para a transição energética.** Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas. 23 p. 2021.

HOLTON, G. A. **Value-at-Risk – Theory and Practice.** San Diego: Academic Press, 433 p. 2003.

JANUZZI, F. V. **Aplicação do CF@R e de Cenários de Stress no Gerenciamento dos Riscos Corporativos do Setor de Distribuição de Energia Elétrica. Dissertação (Mestrado em Administração).** Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG. 187 f. 2010.

JANUZZI, F. V.; PEROBELLI, F. F. C.; BRESSAN, A. A. **Aplicação do CF@R e de Cenários de Stress no Gerenciamento de Riscos Corporativos.** Est. Econ., São Paulo, vol. 42, n.3, p. 545-579, jul.-set. 2012.

KROESE, D. P., Brereton, T., Taimre, T., & Botev, Z. I.. **Why the Monte Carlo method is so important today.** Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, p. 386-392, 2014.

LEHAR, A.; **Measuring systemic risk: A risk management approach.** Journal of Banking & Finance. Vol 29., p. 2577 – 2603. 2005.

LEE, A. Y. **Corporate Metrics: the Benchmark for Corporate Risk Management.** RiskMetrics Group., vol. 1, 135 f. 1999.

LI, Z.; MENG, Q.; ZHANG, L.; LOBONT, O. R.; SHEN, Y. **How do rare earth prices respond to economic and geopolitical factors?** Resources Policy, 85 p. (2023).

Linsmeier, T. J.; Pearson, N. D.; **Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk.** University of Illinois at Urbana-Champaign., 45 p. 1996.

LUKO. S. N. **Risk Management Principles and Guidelines.** Quality Engineering., vol. 25, p. 451- 454. 2013.

ORAL, C.; AKKAYA, G.C. **Cash Flow at Risk: A Tool for Financial Planning. Procedia Economics and Finance.** Prague, Czech Republic, n. 23, p. 262-266. 2015.

PAVAN, K. N.; **Review on Sustainable Mining Practices.** International Research Journal of Earth Sciences. Vol 2, p 26-29, 2014.

PEROBELLI, F. F. C.; JANUZZI, F. V.; BERBET, L. J. S.; MEDEIROS, D. S. **Fluxo de Caixa em Risco: Diferentes Métodos de Estimação Testados no Setor Siderúrgico Brasileiro.** Revista Brasileira de Finanças., vol. 5, n.2, p. 165-204. 2007.

PEROBELLI, F. F. C.; SECURATO, J.R. **Modelo para Medição do Fluxo de Caixa em Risco: Aplicação a Distribuidoras de Energia Elétrica.** Universidade de São Paulo (USP). Vol. 45, 2005.

PEROBELLI, F. F. C.; JANUZZI, F. V.; BERBERT, L. J. S.; MEDEIROS, D. S. P.; PROBST, L. G. **Testando o “Cash-Flow-at-Risk” em empresas têxteis.** Nova Economia Belo Horizonte p. 225-261. 2011.

ROBERT, C. P.; CASELLA, G. **Monte Carlo Statistical Methods.** Springer. 2004.

SOIN, K.; COLLIER, P. **Risk and risk management in management accounting and control.** Management Accounting Research. p 82 – 87. 2013.

SONG, Y.; BOURI, E.; GHOSH, S.; KANJILAL, K. **Rare earth and financial markets: Dynamics of return and volatility connectedness around the COVID-19 outbreak.** Resources Policy, 85 p. (2021).

SULI, L. M.; AZIZ, B, A.; IBRAHIM, W, H, B, W.; DERAMAN, M, R. **A Review of Rare Earth Mineral Processing Technology.** Chemical Engineering Research Bulletin. vol 19, p 20-35, 2017.